



**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
MEJORAMIENTO SISTEMA DE RIEGO EN RÍO SAN PEDRO,
SAN PEDRO DE ATACAMA, REGIÓN DE ANTOFAGASTA**

INFORME FINAL

VOLUMEN IV: ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

SANTIAGO, FEBRERO DE 2014

Estudio Elaborado por:

**Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Sistema de Riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama,
Región de Antofagasta**

ARRAU INGENIERÍA E.I.R.L.
Dir: María Luisa Santander 0231, PROVIDENCIA – SANTIAGO
Fonos: 02-23414800 – e-mail: oficina@arrauingenieria.cl – www.arrauingenieria.cl

ÍNDICE INFORME FINAL

VOLUMEN 4: ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

Acápite	Descripción	Página
1.	Introducción y Objetivos	EAA-1
1.1.	Objetivo General del EAA	EAA-1
1.2.	Objetivos Específicos del EAA	EAA-1
1.3.	Contexto y Objetivo del presente informe	EAA-1
2.	Antecedentes Generales del Proyecto	EAA-3
2.1.	Contexto comunal general	EAA-3
2.2.	Localización Geográfica del Proyecto	EAA-3
2.3.	Justificación del Proyecto	EAA-5
2.4.	Objetivo del Proyecto	EAA-5
2.5.	Etapas del proyecto y su sincronía con el EAA	EAA-7
2.6.	Sitios Identificados como Alternativas de Soluciones	EAA-7
2.6.1.	Aspectos Generales de la Identificación de Sitios	EAA-7
2.6.2.	Situación Actual	EAA-7
2.6.3.	Alternativas Identificadas	EAA-10
2.6.4.	Otras Obras Propuestas	EAA-25
2.7.	Caracterización de la zona de riego beneficiada	EAA-26
3.	Explicación del Método General del EAA	EAA-27
3.1.	Paso 1: Definición de la Sensibilidad de cada componente	EAA-27
3.1.1.	Componentes del Medio Físico	EAA-27
3.1.2.	Componentes del Medio Biótico	EAA-29
3.1.3.	Componentes del Medio Social	EAA-30
3.2.	Paso 2. Evaluación de la Agresividad Ambiental de las actividades e identificación de impactos asociados	EAA-33
3.3.	Paso 3. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales potenciales y jerarquización de alternativas	EAA-34

ÍNDICE INFORME FINAL

VOLUMEN 4: ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

Acápite	Descripción	Página
4.	Caracterización de la Línea Base del Área de Influencia y Estimación de la Sensibilidad Ambiental	EAA-36
4.1.	Medio Físico	EAA-36
4.1.1.	Hidrología	EAA-36
4.1.2.	Calidad de Aguas	EAA-41
4.2.	Medio Biótico	EAA-47
4.2.1.	Introducción	EAA-47
4.2.2.	Flora y Vegetación Terrestre	EAA-49
4.2.3.	Fauna Terrestre	EAA-59
4.2.4.	Flora y Fauna Acuática	EAA-63
4.2.5.	Biodiversidad	EAA-70
4.3.	Medio Social	EAA-73
4.3.1.	Introducción	EAA-73
4.3.2.	Antecedentes Demográficos y Socioeconómicos Comunes	EAA-73
4.3.3.	Condiciones De Vida De La Población	EAA-76
4.3.4.	Evaluación de la Sensibilidad Componente Asentamientos Humanos	EAA-77
4.3.5.	Patrimonio arqueológico y cultural	EAA-83
4.3.6.	Otras iniciativas relacionadas con el proyecto en el área de estudio	EAA-90
5.	Identificación y Evaluación de Impactos Ambientales	EAA-92
5.1.	Agresividad de Actividades	EAA-92
5.2.	Intensidad de Impactos potenciales	EAA-95
5.3.	Conclusiones	EAA-99
6.	Zonas de Restricción Ambiental	EAA-100
7.	Análisis de la Legislación Ambiental	EAA-101
7.1.	Normativa Ambiental General	EAA-101
7.1.1.	Constitución Política de la República de Chile. Decreto N° 100/05	EAA-101
7.1.2.	Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y sus modificaciones DS N° 40/12 Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto	EAA-101
7.1.3.	Ambiental	EAA-103
7.2.	Análisis de Pertinencia de Ingreso al seia	EAA-103

ÍNDICE INFORME FINAL

VOLUMEN 4: ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

Acápite	Descripción	Página
7.2.1.	Análisis de Legislación pertinente	EAA-103
7.2.2.	Conclusiones Análisis de Pertinencia de Ingreso del EAA	EAA-105
8.	Plan de Manejo Ambiental	EAA-106
8.1.	Plan de Medidas de Mitigación (PMM)	EAA-107
8.1.1.	Medio Físico	EAA-107
8.1.2.	Medio Biótico	EAA-109
8.1.3.	Medio Social y Cultural	EAA-110
8.2.	Plan de Medidas de Restauración o Reparación	EAA-111
8.3.	Plan de Compensación	EAA-111
9.	Plan de Seguimiento Ambiental (PSA)	EAA-112
9.1.	Instrumentos del Plan de Seguimiento	EAA-112
9.1.1.	Informes de Inspección Ambiental	EAA-112
9.1.2.	Informes de Monitoreo Ambiental	EAA-113
10.	Permisos Sectoriales	EAA-115
11.	Identificación de Estudios Ambientales Recomendados	EAA-116
12.	Aproximación de los Costos Ambientales asociados al Proyecto	EAA-117
13.	Conclusiones	EAA-125

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Descripción
EAA-1	Informes Calidad de Aguas (Digital)
EAA-2	Informe Vegetación y Flora
EAA-3	Informe Fauna Terrestre
EAA-4	Informe Biota Acuática
EAA-5	Informe Arqueología
EAA-6	Cálculo Intensidad de Impactos (Digital)

1. Introducción y Objetivos

El presente estudio se enmarca en la propuesta del Estudio de Prefactibilidad del el Proyecto “Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Sistema de Riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta”, dentro del cual se analizan distintas alternativas para la construcción de un embalse de riego, el mejoramiento o construcción de una red de canales y el aumento de la superficie y seguridad de riego en la zona del río San Pedro.

La implementación de las distintas obras en estudio, podrían significar efectos negativos en el medio ambiente. Por esto se deben evaluar - en el contexto ambiental y territorial los impactos ambientales potenciales, considerando la sensibilidad de los componentes ambientales. De este modo, en colaboración permanente con el equipo de ingeniería, participación ciudadana y agronomía, se realiza el Estudio de Análisis Ambiental (EAA), a través del cual se incorpora la dimensión ambiental en el análisis de las alternativas y la toma de decisiones.

El presente, corresponde al Informe Final del Estudio de Análisis Ambiental (EAA), de la Consultoría.

1.1. Objetivo General del EAA

El EAA tiene por objetivo general, estudiar y evaluar ambientalmente los sitios de emplazamiento de embalse, evaluando en forma preliminar los potenciales impactos ambientales que se podrían generar durante la construcción y operación del proyecto. Se analiza también, la pertinencia de ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), estimando además y en forma preliminar, los costos del o los planes de manejo y seguimiento ambiental, de tal forma de lograr su comparación y análisis de ventajas y desventajas en este aspecto.

1.2. Objetivos Específicos del EAA

Para el logro del objetivo general, se desarrolló una metodología y una planificación del trabajo para cumplir con los siguientes objetivos específicos.

- a. Realizar una revisión de antecedentes bibliográficos y un chequeo en terreno, a cargo de especialistas, de los sitios identificados por el estudio de ingeniería, basados en parámetros ambientales.
- b. Identificar y describir las partes, componentes, acciones y/o actividades del proyecto de embalse y red de canales.

- c. Determinar la línea de base de los sitios definidos en el estudio de ingeniería, identificando el área de influencia directa e indirecta de cada componente ambiental, con relación a las obras, actividades y acciones asociadas al embalse y el proyecto de canales.
- d. Determinar el marco legal ambiental y territorial aplicable a temas específicos asociados al área y proyectos y cuyo cumplimiento implique la incorporación de una medida sujeta a costos.
- e. Identificar y evaluar en forma simple, no obstante experta, los potenciales impactos ambientales (positivos o negativos) que se podrían generar a consecuencia del emplazamiento del embalse y redes de distribución, en cada alternativa.
- f. Realizar análisis de pertinencia de sometimiento del proyecto al SEIA, e identificar y analizar el tipo de instrumento que debería, de acuerdo al análisis de los artículos del reglamento DS N° 95/2001.
- g. Proponer un plan de manejo ambiental para las alternativas, a modo general, que incluya las medidas y acciones asociadas a los sub planes de mitigación, reparación o compensación asociadas a los impactos detectados.
- h. Determinar zonas de restricción ambiental, de acuerdo a la identificación de componentes sensibles presentes en el área del proyecto. Identificando la presencia de sitios bajo protección oficial y prioritarios para la conservación de la biodiversidad.
- i. Determinar las intervenciones que el proyecto generaría en las áreas de desarrollo indígena (ADI), si corresponde, presentes en la zona de estudio.
- j. Proponer lineamientos de una plan de seguimiento y monitoreo para ratificar, controlar y evaluar las medidas correctoras que prevengan y minimicen los impactos ambientales.
- k. Identificar y proponer los estudios a realizar en las siguientes etapas del proyecto.

**Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Sistema de Riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama,
Región de Antofagasta**

- l. Realizar una aproximación de los costos, que den cuenta de las medidas comprometidas en el plan de manejo y seguimiento ambiental y de los estudios ambientales necesarios de realizar en las siguientes etapas del proyecto.

2. Antecedentes Generales del Proyecto

2.1. Contexto comunal general

La comuna de San Pedro de Atacama limita al norte con la comuna Calama y Bolivia, al sur con la comuna de Antofagasta y Argentina, al este con Argentina, y al oeste con la comuna de Sierra Gorda. La comuna abarca una superficie de 23.439 km², que equivalen al 54,5% del territorio provincial y al 18,5% de la superficie regional. Geográficamente, se encuentra al interior del Áreas de Desarrollo Indígena definidas en Chile en el año 1997 por la presencia de 17 comunidades originarias en dichos territorios.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Censo de Población y Vivienda del año 2002, la población en la comuna de San Pedro de Atacama alcanza 4.969 habitantes, lo que corresponde a un 1% del total de habitantes de la Región de Antofagasta. Además la población proyectada para el año 2012 alcanzaría los 9.778 habitantes, lo que representa un aumento de 96.78%, muy por encima de lo estimado para la situación a escala regional y nacional (Cuadro 2.1-1).

**CUADRO 2.1-1
POBLACIÓN TOTAL 2002 Y PROYECTADA 2012
COMUNA SAN PEDRO DE ATACAMA**

Territorio	Año 2002	Año 2012	Variación (%)
Comuna	4.969	9.778	96,78
Región de Antofagasta	493.984	588.130	19,06
País	15.116.435	17.398.632	15,10

Fuente: Censo INE 2002 y Proyecciones de Población (INE, 2002).

Sin embargo, en los resultados preliminares del Censo 2012, se indica que la población residente en la comuna es de 4.797 habitantes, con una variación intercensal de 19,2%.

2.2. Localización Geográfica del Proyecto

El área de estudio se ubica en la comuna de San Pedro de Atacama, Provincia del Loa, Región de Antofagasta, aproximadamente a 100 Km al suroeste de la ciudad de Calama a 2.438 m.s.n.m., cerca del extremo norte del salar de Atacama, entre los 22°22' S y los 24°21' S de latitud y entre los 67°00' O y los 68°40' O de longitud.

Los accesos a San Pedro de Atacama se encuentran en buen estado, pudiendo acceder desde Calama, Socaire y Argentina por camino asfaltado; y desde el Tatio por camino de tierra.

La comuna es atravesada por el río San Pedro, del cual se utilizan sus aguas para riego. Sus principales cauces aportantes son los ríos Salado y Grande, los que se unen en el sector de Cuchabrache. A su vez, el río Grande se forma por la confluencia de los ríos Jauna y Putana,

**Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Sistema de Riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama,
Región de Antofagasta**

que nacen de las vegas del mismo nombre. En Figura 2.2-1 se presenta la ubicación geográfica del área de estudio.

**FIGURA 2.6.1-1
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO**



Fuente: www.orplan.cl (2007)

2.3. *Justificación del Proyecto*

La comuna de San Pedro de Atacama constituye desde hace mucho tiempo, un muy importante atractivo turístico nacional e internacional para la Región de Antofagasta, lo cual configura un sector socioeconómico con alto potencial de desarrollo.

Sin embargo uno de los grandes problemas viene dado por la baja calidad de la agricultura atacameña, la cual se desarrolla en niveles de subsistencia, lo que se explica en gran medida, por la mala calidad de las aguas, producto del alto contenido salino, tanto para riego como para otros fines, y por la baja seguridad de riego. Los cauces principales utilizados con este fin son los ríos Salado y Grande, los que al unirse dan origen al río San Pedro, de donde se extrae el agua de riego.

Actualmente no existen obras de regulación que permitan controlar las crecidas de los inviernos altiplánicos, los que provocan fuertes daños y pérdidas de infraestructura, conectividad y terrenos cultivables adyacentes al cauce.

A juicio de la Comisión Nacional de Riego, el regadío de San Pedro se encuentra en una situación crítica viéndose amenazada su subsistencia (de hecho el riego comienza a desaparecer en algunos sectores). La solución a este problema no solo pasa por capacitación y asistencia técnica a los agricultores sino también por la construcción de obras que permitan dar un mejor aprovechamiento al escaso recurso agua.

2.4. *Objetivo del Proyecto*

El objetivo principal de la consultoría es proponer y evaluar alternativas de mejoramiento para el sistema actual de riego de la comuna de San Pedro, Región de Antofagasta y el control de crecidas del río, proponiendo soluciones tales como: un embalse de uso múltiple (de riego, regulación de crecidas y generación hidroeléctrica), el mejoramiento de la red de conducción y distribución de agua, asociada a la zona beneficiada por el futuro embalse u otras obras que cumplan la misma función.

Los objetivos específicos del Estudio de Prefactibilidad son:

- Seleccionar la mejor alternativa de mejoramiento del riego, ya sea a través del emplazamiento de un embalse y sus obras anexas, u otra solución; y desarrollar sus diseños a nivel de diseños preliminares para el caso de un embalse o diseños definitivos en caso de soluciones de otro tipo.
- Analizar la situación de los recursos hídricos de la cuenca, identificando los derechos de agua que se hayan concedido, los que estén sin regularizar, así como aquellos recursos excedentes que pudieran ser regulados, embalsados y/o encauzados.
- Obtener un compromiso con las organizaciones de regantes, de inicio del trámite de regularización y/o perfeccionamiento de sus derechos de aguas

Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Sistema de Riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta

- Definir el trazado de los canales necesarios y elaborar sus diseños preliminares, para las zonas de nuevo riego.
- Evaluar alternativas de mejoramiento de los canales de la red existente y diseñar a nivel de diseño la alternativa elegida.
- Identificar y evaluar los daños que producen las crecidas y sedimentos de acuerdo a distintos períodos de retorno.
- Diseñar a nivel de diseño preliminar las obras de control de las crecidas, en el caso de que la solución no sea un embalse.
- Plantear diversos escenarios de proyecto, considerando los tres usos del embalse y la red de conducción y distribución, y caracterizarlos con estudios de ingeniería, agronomía y ambientales, a nivel de prefactibilidad.
- Realizar el diseño de ingeniería del aforo remoto de caudales en los canales.
- Estudiar la operación del sistema riego-control de crecidas-generación y optimizarla.
- Determinar los beneficios y costos para cada escenario de proyecto.
- Precisar los impactos ambientales, las medidas de mitigación y sus costos.
- Analizar y proponer alternativas de financiamiento para los proyectos de hidrogenación, así como el Modelo de Negocios y Operación.
- Desarrollar un Programa de Participación Ciudadana
- Evaluar económicamente las alternativas planteadas y recomendar la más conveniente.

2.5. Etapas del proyecto y su sincronía con el EAA

El proyecto completo está dividido en 7 Etapas, seguido de la elaboración del Borrador del Informe Final (BIF) y el Informe Final (IF). Las Etapas fueron articuladas con la elaboración del EAA de acuerdo a lo indicado en el Cuadro 2.5-1.

**CUADRO 2.35-1
ETAPAS DEL PROYECTO Y SINCRONÍA CON EL EAA**

Etapa	Nombre de la Etapa	Entregas del EAA
Etapa 1	Recopilación de Antecedentes	
Etapa 2a	Trabajos de Terreno Parte 1	Primer Avance EAA
Etapa 2b	Trabajos de Terreno Parte 2	
Etapa 3	Estudio de la Calidad de Aguas	
Etapa 4	Estudios Agroeconómicos 1	
Etapa 5	Estudios Agroeconómicos 2	
Etapa 6	Estudios Básicos	
Etapa 7	Alternativas de proyectos	Segundo Avance EAA
Etapa 8	Evaluación Económica	
Etapa 9	Borrador Informe Final	BIF EAA
Etapa 10	Informe Final Impreso	Informe Final Impreso EAA

Fuente: Elaboración propia

Una vez seleccionada la Alternativa definitiva, todo el estudio en adelante se enfoca en dicha selección. Del mismo modo el EAA, a partir de su segundo avance, en este caso está centrado en las diferentes obras y alternativas propuestas.

2.6. Sitios Identificados como Alternativas de Soluciones

2.6.1. Aspectos Generales de la Identificación de Sitios

La elección de un sitio de instalación de obras para riego, como son los embalses, es un tema bastante complejo, por cuanto inciden en él diversos factores de variados ámbitos, entre los cuales se pueden señalar:

- Relación Agua/Muro: La relación agua muro será mejor en la medida que la angostura sea más estrecha y el valle se ensanche hacia aguas arriba.
- Características Geológicas y Geotécnicas de la angostura: Interesa tanto la resistencia geomecánica del suelo de apoyo, así como también su permeabilidad y la del vaso de inundación
- Características productivas de la zona a inundar: Interesa que la zona de inundación sea lo menos productiva posible, de manera de no afectar a los agricultores producto de expropiaciones o traslados indeseados. Además, el costo de expropiación de terrenos sin uso actual es menor.

Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Sistema de Riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta

- Ubicación con respecto a la zona de riego: se requiere que el embalse pueda abastecer, en lo posible a la totalidad de los beneficiarios en forma directa, lo que no siempre es factible y normalmente quedan beneficiarios ubicados aguas arriba de la presa. En estos casos se trata que esta necesidad de abastecimiento indirecto sea la menor posible y que por medio de la “liberación” de tributar derechos les permita alcanzar similar seguridad de riego que los abastecidos directamente por el embalse.
- Ubicación con respecto a los recursos de agua de la cuenca: La presa debe quedar ubicada de forma que no sea necesaria una alta tasa de riego indirecto y a la vez la cuenca aportante sea la mayor posible, permitiendo regular una parte importante del agua disponible. Es decir, la obra no debe quedar ni muy arriba ni muy abajo al interior de la cuenca.
- Cantidad y características de las interferencias: La reposición de obras como caminos públicos, principales o secundarios, líneas eléctricas, bosques nativos, líneas férreas, obras civiles de diverso tipo, etc., implica un aumento significativo en los costos del proyecto, por lo cual se debe priorizar la selección de alternativas en que las interferencias sean las mínimas posibles.
- Impactos Ambientales asociados: Todo embalse conlleva impactos ambientales: impactos directos sobre el recurso hídrico, variaciones en el transporte de sedimentos, afectación de sitios arqueológicos o de interés patrimonial de la nación, etc. Los aspectos relacionados con este tema son tratados en profundidad en los avances del EAA.
- Tipos de presas posibles, de acuerdo con disponibilidad de materiales (empréstitos): Entre los diferentes tipos de presas, naturalmente unas son bastante más caras que otras. Tradicionalmente, en Chile las mayores presas de riego se han construido de tierra y si no existe material impermeable para ello, se ha recurrido al enrocado con pantalla de concreto. Sin embargo, en los últimos años ha tomado gran auge la construcción de presas de gravas con pantalla impermeable. Si no requieren de una pared moldeada muy profunda y compleja, son las más económicas y rápidas de construir. Entonces, hoy en día lo primero que se observa es si están dadas las condiciones, tanto de fundación como de empréstitos, para postular este tipo de presas.
- Accesibilidad: esta característica juega un rol muy importante, ya que construir nuevos caminos de acceso constituye costos importantes para el proyecto. La accesibilidad debe considerar también la ubicación de los empréstitos, lo ideal es que las distancias de traslado sean lo menores posible y que el traslado de materiales se realice a favor de la pendiente en el valle, o sea, que los materiales se extraigan de aguas arriba de la presa.
- Tamaño del proyecto: El tamaño del proyecto es de gran importancia, pudiendo algunas angosturas quedar descartadas porque no permiten almacenar el agua requerida, o bien

Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Sistema de Riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta

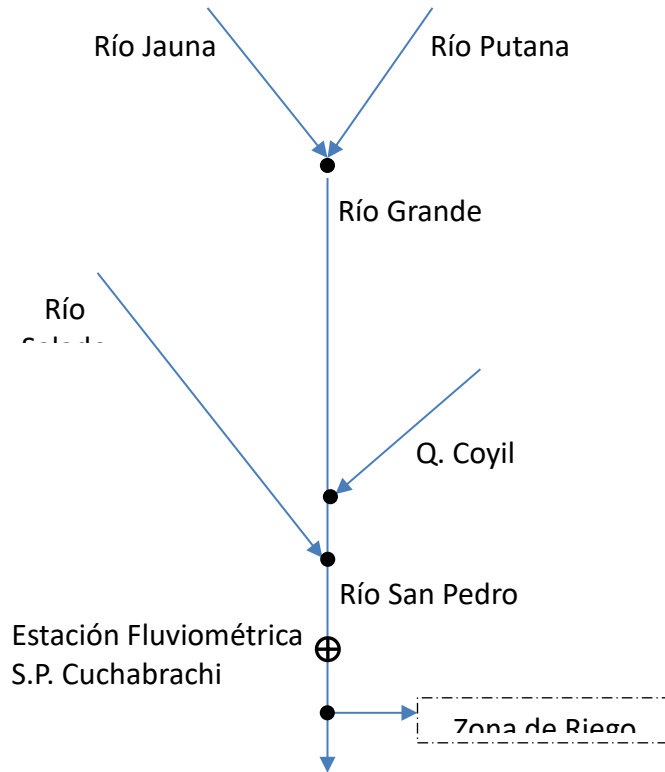
porque las solicitudes de carga hidráulica en una presa muy alta pueden ser exageradas, tanto estructuralmente como desde el punto de vista de las filtraciones.

- **Costos de expropiaciones:** No solamente, las características del área de inundación, sino que también la complejidad de algunas obras, como vertedero y túnel bypass, ubicación del cauce principal del río, etc., pueden derivar en requerimientos de mayor o menor envergadura respecto de las expropiaciones, que pueden tener una incidencia relevante en el presupuesto final.
- **Facilidades para diseñar las obras de arte asociadas:** Como se mencionó, las obras de arte, principalmente vertedero y túnel bypass, pueden ser complejas y costosas según el tipo de diseño que se pueda efectuar. Influyen en forma importante para ello la geomorfología y la geología y geotecnia del sector de la presa, por lo que son aspectos a tomar en consideración en el análisis del sitio de embalse.
- **Facilidades constructivas:** Este tema tiene que ver con las facilidades con respecto a la ubicación desde el punto de vista del traslado de personal, residencia de los obreros, espacios para las faenas, distancia a la ciudad para efectos de repuestos y mantenimiento de la maquinaria y equipos, etc.

2.6.2. Situación Actual

El escenario base es la situación actual corresponde a la afluencia de los ríos Jauna y Putana para conformar el río Grande, el que al juntarse con el río Salado conforma el río San Pedro. El riego se realiza directamente tomando el agua del río San Pedro por medio de bocatomas artesanales. No existe control de crecidas ni control de calidad de aguas. Figura 2.6.2-1

**FIGURA 2.6.2-1
SITUACIÓN ACTUAL SAN PEDRO DE ATACAMA**



Fuente: Elaboración Propia

2.6.3. Alternativas Identificadas

Los sitios de embalse previstos en las Bases del contrato, se ubican en el río Grande entre su confluencia con la quebrada de Coyil y la confluencia con el río Salado. En este tramo, el río corre bastante encajonado en laderas rocosas casi verticales por ambos costados y, aparentemente, puede utilizarse cualquier lugar de este sector como angostura para construir una presa. Al respecto, se conocía de dos sitios previamente analizados, o postulados, uno en la quebrada de Coyil, o Abra Pampa, y el otro en la confluencia de los ríos

Estudio de Prefactibilidad Mejoramiento Sistema de Riego en Río San Pedro, San Pedro de Atacama, Región de Antofagasta

Jauna y Putana. Ambos sitios fueron descartados, Coyil por razones geotécnicas y Jauna Putana por razones ambientales.

Posteriormente, se realizaron los estudios en las alternativas planteadas en cuales los sitios 1 y 2 frontales en el río Grande propuestos por el Consultor, las cuales fueron descartadas puesto que almacenarían aguas de crecidas cuya calidad no sería de utilidad para el riego dados sus altos niveles de salinidad y el gran arrastre de sólidos durante las crecidas. Así, los sitios 1 y 2 podrían ser de utilidad solamente para plantear eventuales obras de control de crecidas.

Revisadas las alternativas en la cuenca, apareció como única posibilidad plantear un embalse en el río Salado a la altura de San Bartolo, que almacenaría aguas que serían trasvasadas desde el río Grande y las propias del río Salado en esa zona.

En ambos casos la calidad de las aguas presenta niveles buenos de calidad. Además, el embalse, lateral al río Grande, sería frontal en el río Salado, por lo que almacenaría las crecidas de este río, que en la zona alta de la cuenca no tienen mayores problemas de calidad. Esta obra, así concebida, mejoraría tanto la cantidad de agua disponible para riego, como su calidad. Se aclara que la obra tiene mayor sentido en la medida que las aguas que entregue no se contaminen en su paso por la cordillera de la sal.

Ahora bien, considerando el trasvase de aguas al embalse, se definieron diferentes alternativas de entrega al riego, según se describe a continuación, incluyéndose también otras alternativas sin embalse, que serían más bien con fines de mejoramiento de la calidad del agua. En forma separada, se analiza la conveniencia de aumentar el recurso vía disminución de las pérdidas de agua.

El control de crecidas quedó supeditado de esta forma a las obras que puedan postularse en el río Grande, más la regulación propia del embalse de riego en el río Salado. Con respecto a la generación hidroeléctrica, dependiendo de la alternativa, puede ser a pié de presa o con una gran altura de generación si se conducen las aguas por tubería desde el embalse al canal San Pedro. Sin embargo, sería posible desechar a priori las alternativas de generación a pié de presa, por el gran costo que significaría la línea de transmisión desde un lugar tan apartado.

Finalmente, con respecto a la calidad de las aguas, existe un caudal pequeño, pero de muy mala calidad, proveniente de recuperaciones y aportes intermedios al río Salado en el sector Cordillera de la Sal, que no deben mezclarse con el resto de las aguas de riego. Toda alternativa que considere captación de las aguas del río Salado en la zona de San Bartolo y conducción directa al canal San Pedro por tubería, o trasvase al río Grande, se encuentra en esta situación. Para evitar que este pequeño caudal se incorpore al riego al mezclarse con las aguas que vienen por el río Grande, se considera el diseño de una tubería que capte las aguas en el río Salado justo antes de su confluencia con el río Grande, y las transporte al río San Pedro aguas abajo de la última bocatoma de los canales de riego. Se trataría de una pequeña tubería, de una longitud aproximada 13 km si se mantienen las actuales tomas en el río, y de unos 9 km si se unifican todas las tomas, que significaría un costo secundario para el proyecto, que permite mejorar la calidad de las aguas de riego significativamente. Cabe

destacar que estas aguas incluirían el caudal ecológico que es necesario dejar pasar por el río Salado, quedando en el río San Pedro como caudal ecológico las aguas que provienen del río Grande. Por tanto, se considera muy conveniente el by pass a las tomas de riego de estas aguas salinas, toda vez que el costo de la obra se abarata si hay control de crecidas en ambos ríos.

La distribución del conjunto de obras propuestas, se puede apreciar en la Figura 2.6.3-1. Se debe aclarar que estas nuevas alternativas no cuentan con estudios de detalle, dado son posteriores a los trabajos realizados en las alternativas inicialmente seleccionadas y surgen como posible solución luego del descarte de estas.

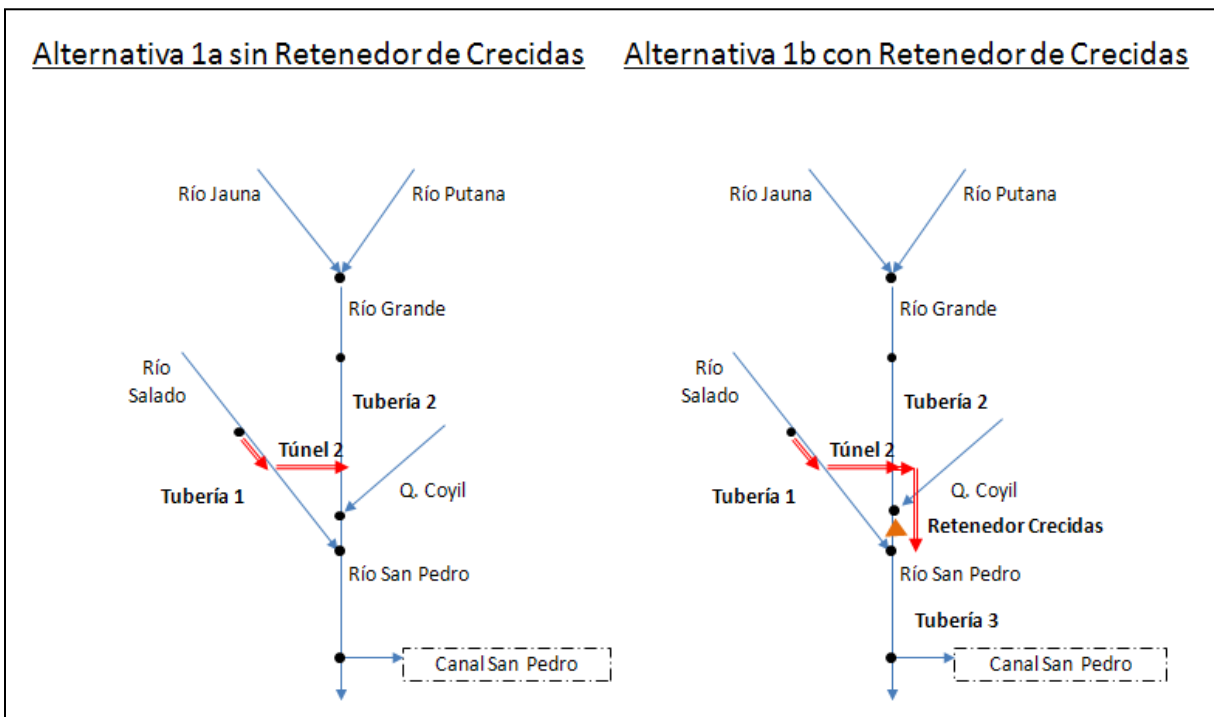
**FIGURA 2.6.3-1
SITIOS DE EMBALSE Y OBRAS PROPUESTAS**

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

2.6.3.1. Alternativa 1

La Alternativa 1 consiste en la conducción por tubería en el río Salado, evitando así la salación de las aguas en este tramo, para luego trasvasar el agua al río Grande a través del Túnel 2. Esta alternativa presenta una variación dependiendo de si se considera una obra reguladora de crecidas y un By-Pass para que el agua proveniente del río Salado no se mezcle con el agua del retenedor de crecidas, por lo que se generan los dos subescenarios Alternativa N° 1a y Alternativa N° 1b, Se presenta un esquema de la alternativa en la Figura 2.6.3-2. En la Figura 2.6.3-3 se muestra una imagen satelital con las obras contempladas en esta alternativa.

**FIGURA 2.6.3-2
ALTERNATIVA 1**



Fuente: Elaboración Propia

Obras Contempladas

- Túnel 2, ó túnel san Bartolo, con una longitud de 1.350 m aproximadamente, este túnel será encargado de desviar las aguas del río Salado hasta la cuenca del río Grande.
- Retenedor de Crecidas
- Bypass ó conducción por el río Grande hasta aguas abajo del retenedor, en dos tipos de conducción; presión y acueducto.

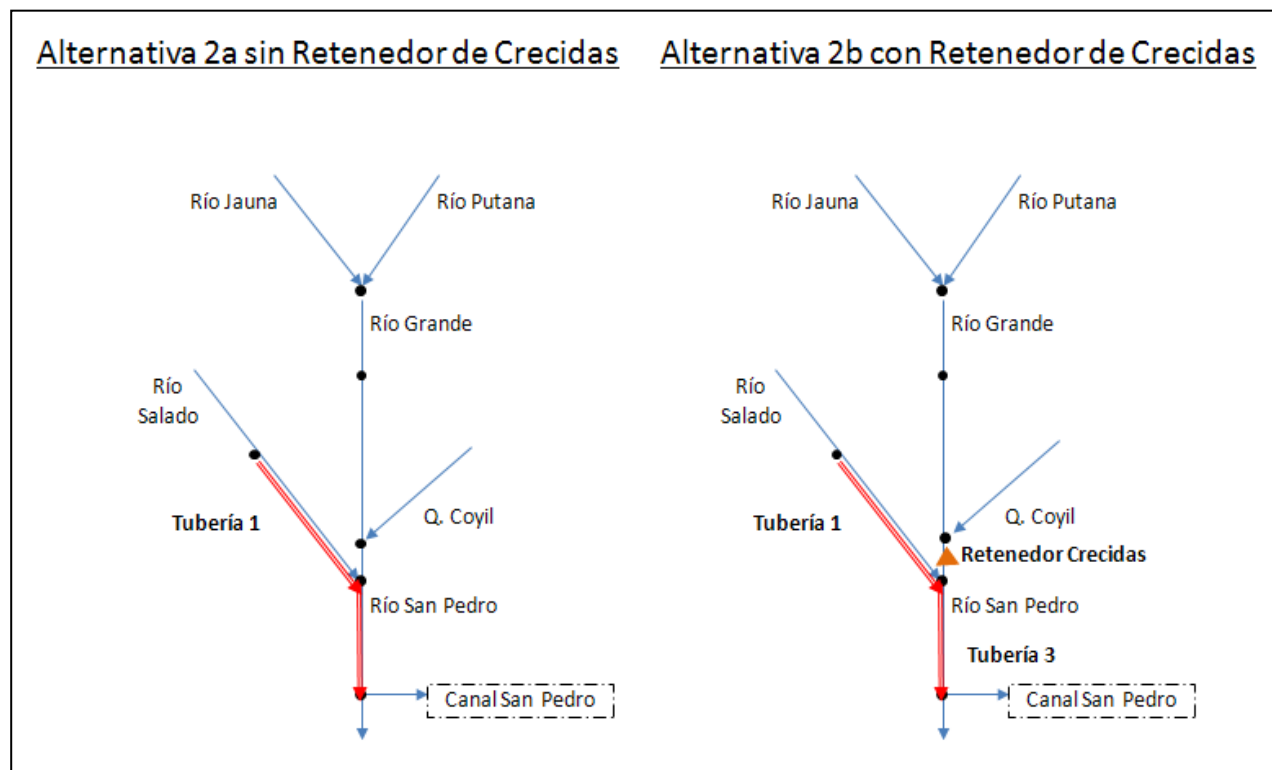
FIGURA 2.6.3-3 ALTERNATIVA 1

Fuente: Elaboración Propia

2.6.3.2. Alternativa 2

La Alternativa 2 considera una tubería en el río Salado que permita evitar el contacto del agua con las fuentes de contaminación naturales presentes en la parte baja de dicho río, desde la quebrada Salmuera hasta la bocatoma del canal San Pedro. La alternativa 2b considera la inclusión de un retenedor de crecidas en el río Grande. Se presenta un esquema de la alternativa en la Figura 2.6.3-4. En la Figura 2.6.3-5 se muestra una imagen satelital con las obras contempladas en esta alternativa.

**FIGURA 2.6.3-4
ALTERNATIVA 2**



Fuente: Elaboración Propia

Obras Contempladas

- Conducción de aguas fuera del cauce natural del río, por la cuenca del río Salado en tres tipos; canal abierto, tubería en presión y acueducto (sin presión)
- Retenedor de Crecidas.

FIGURA 2.6.3-5
ALTERNATIVA 2

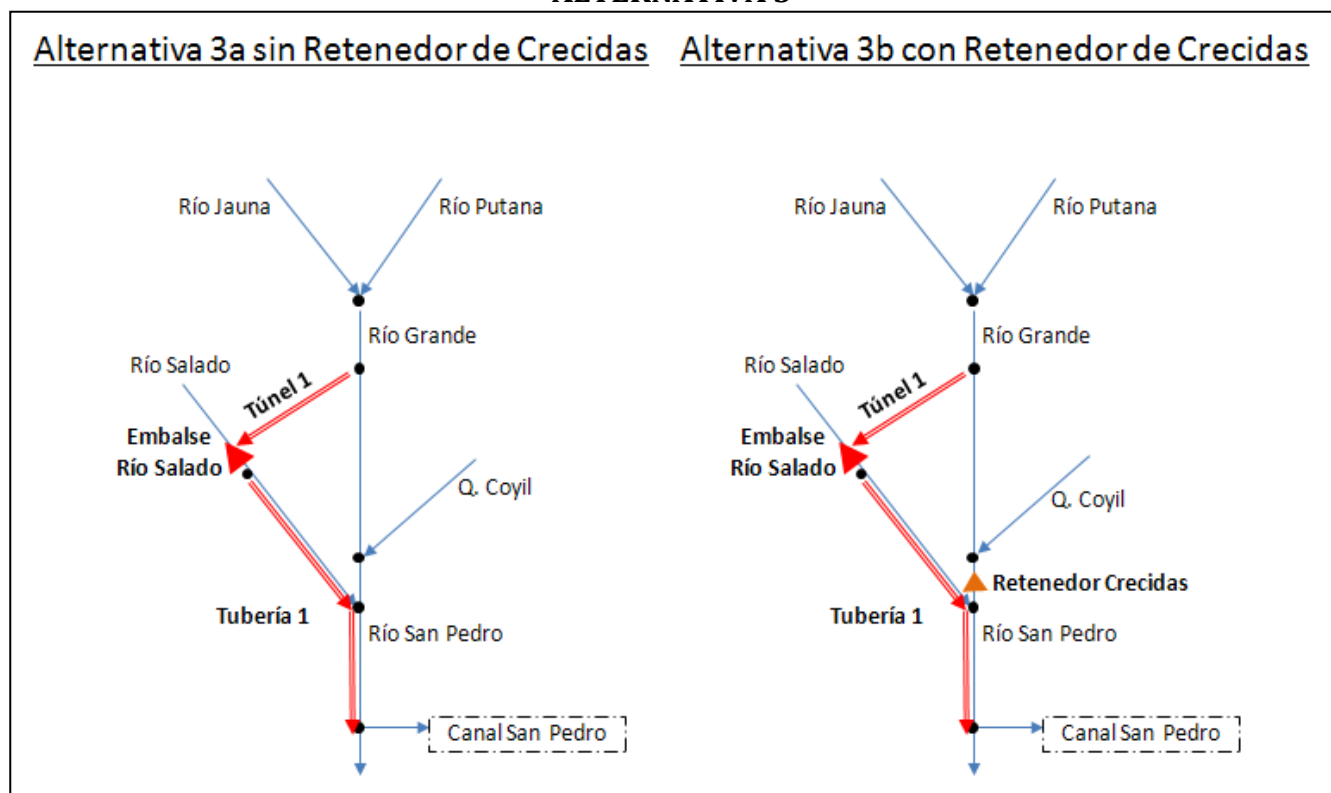
Fuente: Elaboración Propia

2.6.3.3. Alternativa 3

La Alternativa 3 considera el desvío de las aguas del Río Grande a través del Túnel 1 para almacenar las aguas en el Embalse Río Salado. La entrega se realiza a través de una conducción en canal revestido y entubado en zonas de cruce de quebrada hasta la bocatoma del Canal San Pedro por el río Salado y luego por el río San Pedro. Esta alternativa presenta una variación dependiendo de si se considera una obra reguladora de crecidas, por lo que se generan los dos sub-escenarios Alternativa N° 3a y Alternativa N° 3b. Se presenta un esquema de la alternativa en la Figura 2.6.3-6. En la Figura 2.6.3-7 se muestra una imagen satelital con las obras contempladas en esta alternativa.

Esta alternativa también se analizó y diseñó sin embalse, ya que se ha estimado que podría ser perfectamente factible y rentable solo construir el túnel y la conducción de las aguas del río Grande y Salado sin acumulación de aguas.¹

FIGURA 2.6.3-6
ALTERNATIVA 3



Fuente: Elaboración Propia

Obras Contempladas

- Túnel 1, trasvase desde el río Grande hacia el río Salado.

¹ Las alternativas sin embalse son:

Alternativa 3-0a: Mismas obras alternativa 3a pero sin Embalse Río Salado

Alternativa 3-0b: Mismas obras alternativa 3b pero sin Embalse Río Salado

- Embalse regulador para riego en el río Salado.
- Conducción aguas fuera del cauce río Salado hasta la bocatoma del canal San Pedro. (en presión, acueducto y canal abierto)

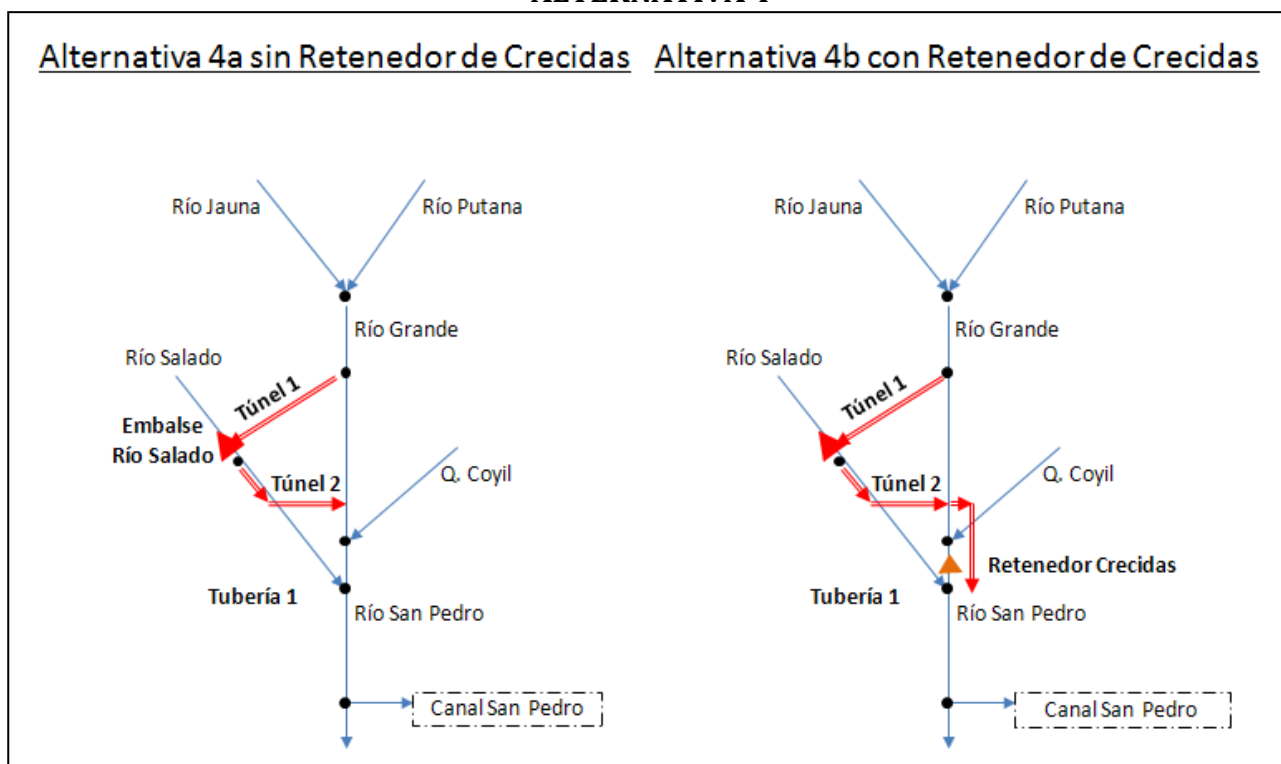
FIGURA 2.6.3-7
ALTERNATIVA 3

Fuente: Elaboración Propia

2.6.3.4. Alternativa 4

Considera el desvío de las aguas del Río Grande a través del Túnel 1, para almacenar las aguas en el Embalse Río Salado. La Entrega se realiza a través de una conducción entubada hasta el Túnel 2, que retorna las aguas al Río Grande. Esta alternativa presenta una variación dependiendo de si se considera una obra reguladora de crecidas, por lo que se generan los dos subescenarios Alternativa N° 4a y Alternativa N° 4b. En la Alternativa N° 4b se considera el By Pass de la obra de control de crecidas, para evitar la mezcla entre las aguas de riego y las aguas de crecidas. Se presenta un esquema de la alternativa en la Figura 2.6.3-8. En la Figura 2.6.3-9 muestra una imagen satelital con las obras contempladas en esta alternativa.

FIGURA 2.6.3-8
ALTERNATIVA 4



Fuente: Elaboración Propia

Obras Contempladas

- Túnel 1, trasvase desde el río Grande hacia el río Salado.
- Túnel 2, trasvase desde el río Salado al río Grande
- Embalse regulador para riego en el río Salado.
- Conducción aguas fuera del cauce río Grande hasta aguas abajo del retenedor de crecidas. (acueducto y presión)

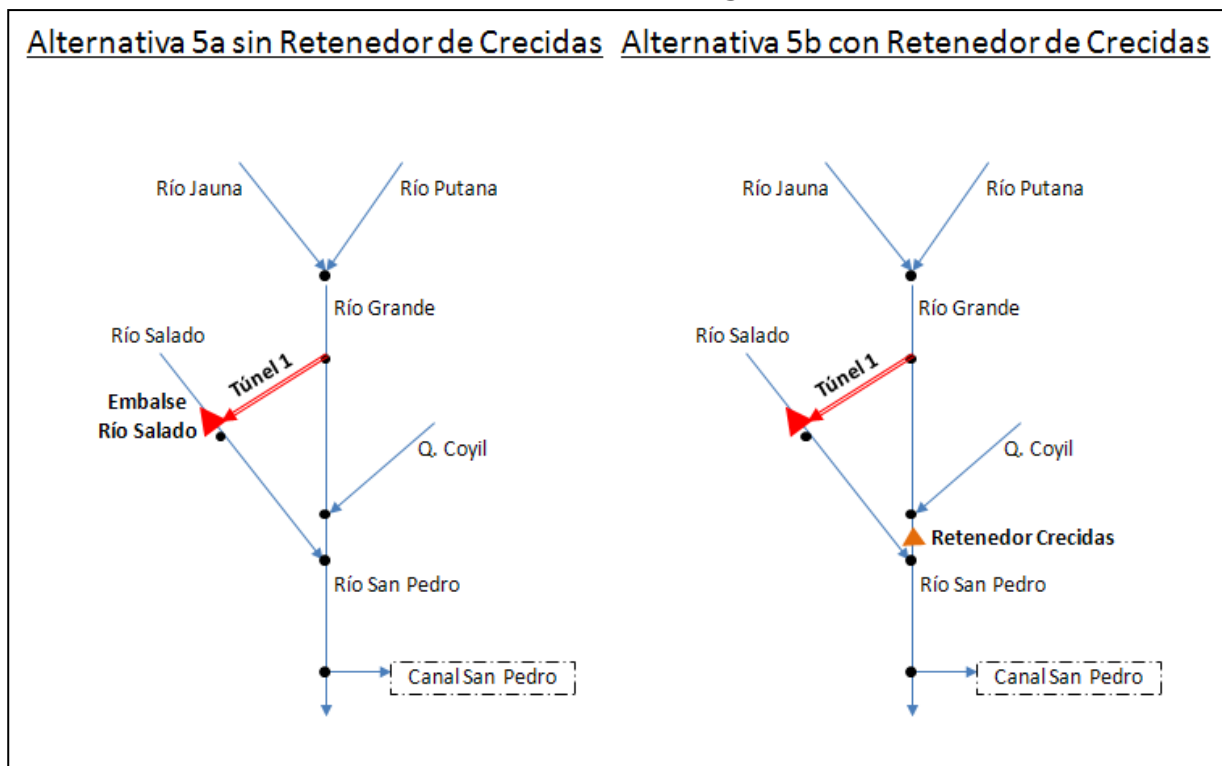
FIGURA 2.6.3-9
ALTERNATIVA 4

Fuente: Elaboración Propia

2.6.3.5. Alternativa 5

Considera el desvío de las aguas del Río Grande a través del Túnel 1, para almacenar las aguas en el Embalse Río Salado. La entrega se realiza en forma directa al Río Salado. Esta alternativa presenta una variación dependiendo de si se considera una obra reguladora de crecidas en el río Grande, por lo que se generan los dos subescenarios Alternativa N° 5a y Alternativa N° 5b. Se presenta un esquema de la alternativa en la Figura 2.6.3-10. En la Figura 2.6.3-11 se muestra una imagen satelital con las obras contempladas en esta alternativa.

FIGURA 2.6.3-10
ALTERNATIVA 5



Fuente: Elaboración Propia

Obras Contempladas

- Túnel 1, trasvase desde el río Grande hacia el río Salado.
- Embalse regulador para riego en el río Salado.
- Conducción aguas fuera del cauce río Salado hasta la bocatoma del canal San Pedro.

FIGURA 2.6.3-11

ALTERNATIVA 5

Fuente: Elaboración Propia

2.6.4. Otras obras propuestas

El Estudio de Prefactibilidad, contempla además de las obras relativas al mejoramiento del sistema de riego, la evaluación de una mini central hidroeléctrica. Adicionalmente a ello, considerando los problemas de calidad de agua que existen en la zona asociados específicamente a los altos niveles de salinidad, se ha evaluado en el área de ingeniería las ventajas de establecer una planta de desalinización por osmosis inversa.

Estas obras son evaluadas de forma preliminar con el fin de conocer la viabilidad de su instalación. Respecto a su funcionamiento, ambas utilizan estructuras que se presentan en las diferentes alternativas planteadas²:

- Minicentral Hidroeléctrica: corresponde a una central de pasada, ubicada en la zona de la bocatoma de inicio del Canal San Pedro, aproximadamente 3 km. aguas arriba del Pucara de Quito, donde termina tubería propuesta en el Río Salado. La descarga del agua seguirá el curso propuesto para abastecer el canal matriz San Pedro.

- Planta de desalinización por osmosis inversa: esta planta se ubica de forma potencial en la misma zona que la minicentral hidroeléctrica, abastecida por las aguas provenientes del embalse de regadío y la descarga de la salmuera concentrada producto del proceso de tratamiento sería a través de la tubería de conducción de aguas salinas que serán finalmente descargadas aguas abajo de la última bocatoma de riego en dirección al Salar de Atacama. Se debe señalar que solo se someten a desalación las aguas destinadas al riego, el caudal ecológico que se mantendrá en el río no ve alteradas sus condiciones químicas.

² La ubicación específica de estas obras no se encuentra definida, lo indicado posteriormente en el texto es sólo referencial.

2.7. Caracterización de la zona de riego beneficiada

El estudio Agroeconómico realizado en la presente consultoría, ha caracterizado la zona de riego actual y potencial del área de estudio. El uso de suelo actual y futuro (situación con proyecto) se muestra en el Cuadro 2.7-1.

CUADRO 2.7-1

USO DE SUELO ACTUAL Y FUTURO (CON PROYECTO)

Rubro Productivo		Comparación de Superficies (ha)			
		S. Actual	S. Futura	Diferencia	
		ha	ha	ha	%
HORTALIZAS	Maíz Choclo	134,5	179	44,50	24,86
	Tomate Aire Libre		151,6	151,6	100,00
	Zapallo Italiano		217,4	217,4	100,00
	Lechuga		119,9	119,9	100,00
	Chacra Casera	8,4	62,5	54,1	86,56
	Otros Cultivos	7,8	91,8	84,00	91,50
FRUTALES Y VIDES	Peral	39,5	0	-39,50	-100,00
	Vid Vinífera	3,7	125,1	121,4	97,04
	Huerto Frutal	40,1	28,9	-11,2	-38,75
PRADERAS Y OTROS USOS	Alfalfa	495,3	437	-58,3	-13,34
	Otras Praderas	14,1	0	-14,1	-100,00
A) Total Riego		743,5	1.413,20	669,70	47,39
B) Superficie con más de 1 Cultivo		34,5	63,90	29,40	46,01
C) Superficie Física Riego		709	1.349,30	640,3	47,45
Riego con Agua Superficial		709	1.349,30	640,3	47,45
Forestado		7,9	0	-7,9	-100
Indirectamente productiva		107,7	107,7	0	0
Sin uso potencialmente Regable		632,3	0	-632,30	-100
Improductiva		17,2	17,2	0	0
Total Predial		1.474,20	1.474,20		

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, el proyecto aumentaría el área regada en 669,7 ha, pasando de 743,5 a 1413,2 ha, lo que constituye a una expansión del riego del 47,39%.

3. Explicación del método general del EAA

La Evaluación de Impactos y el Análisis de Alternativas fueron llevados a cabo en el marco de una metodología particular, mediante la cual se calculó un Índice Intensidad de Impacto Potencial para cada alternativa estudiada, con el fin de jerarquizar las distintas alternativas desde la perspectiva ambiental y servir de esta forma, como criterio al momento de la selección de la mejor opción.

El procedimiento propuesto, corresponde a una adaptación de la metodología “Planificación Ecológica del Territorio”, empleada en Chile para la elaboración del proyecto “Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable (OTAS)” (GORE Región Metropolitana, Universidad de Chile y Agencia de Cooperación Técnica Alemana GTZ, 2002). Además se han incorporado nuevos criterios y conceptos de evaluación dependiendo del componente evaluado, en los cuales han participado integrantes del equipo consultor de distintas áreas (participación ciudadana y antropología, agroeconomía, ingeniería)

La metodología consta de 3 Pasos, los cuales se explican a continuación.

3.1. Paso 1: Definición de la Sensibilidad de cada componente

Este análisis se desarrolla a partir de la Caracterización Ambiental del área de Influencia y consiste en caracterizar cada uno de los componentes ambientales en los distintos sitios estudiados (en caso de existir diferencias), según distintos atributos que son atingentes a cada componente.

3.1.1. Componentes del Medio Físico

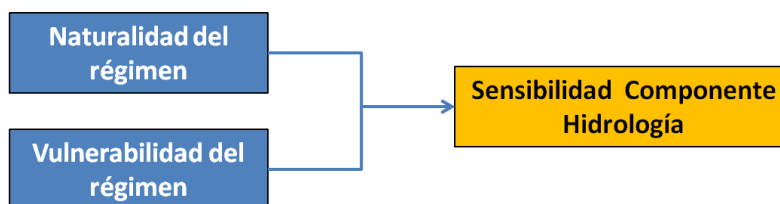
3.1.1.1. Hidrología

La sensibilidad ambiental del componente hidrología se evalúa a través de 2 criterios:

- **Naturalidad del régimen.** Este criterio pretende dar importancia a aquellos ríos o sectores de ríos que se encuentran actualmente sin intervención, es decir, que su régimen no se está viendo alterado por extracciones aguas arriba de los puntos de análisis.
- **Vulnerabilidad del régimen.** Este criterio tiene por objetivo relevar aquellos río o puntos del río donde la escasez del recurso juega un rol fundamental en el ecosistema fluvial, es decir, un río con caudal permanente y bajo es más vulnerable que otro río con un caudal permanente pero de mayor magnitud ya que el segundo al disponer de una mayor cantidad de agua, tiene un mayor margen de acción ante una perturbación que afecte su régimen. Si por otro lado se tiene una quebrada o río intermitente, el régimen posee una vulnerabilidad baja respecto de otro curso con régimen continuo ya que su funcionamiento normal no se vería afectado en gran medida producto de una intervención dado que su funcionamiento habitual ya es intermitente.

Cada uno de los criterios antes mencionados es evaluado entre 1 y 5 (Muy bajo y Muy Alto respectivamente) y posteriormente promediados, obteniendo finalmente un valor de Sensibilidad Ambiental del componente Hidrología. La Figura 3.1.1.1-1.

FIGURA 3.1.1-1
ESQUEMA SENSIBILIDAD COMPONENTE HIDROLOGÍA



Fuente: Elaboración propia.

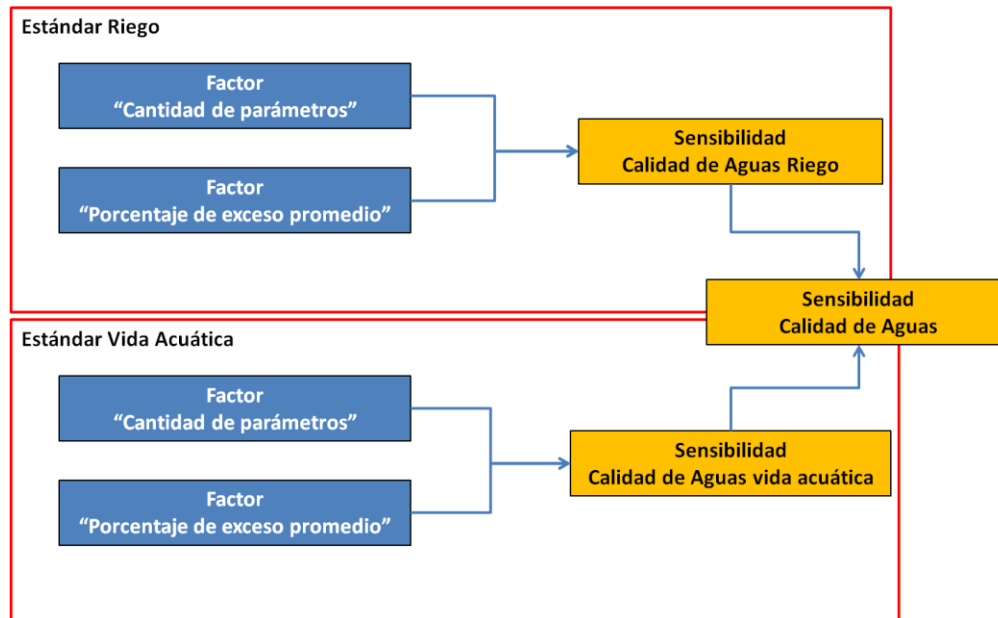
3.1.1.2. Calidad de Agua

Tal como es sabido, el concepto “calidad de aguas” hace referencia explícita al estándar que debe cumplirse dado un objetivo o uso pre establecido. En este caso el estándar considerado debe satisfacer los requerimientos de la actividad agrícola y la vida acuática fijados por la Norma Chilena 1.333. Se propone por lo tanto, determinar la Sensibilidad de este componente a partir de los siguientes criterios en cada uso:

- **Cantidad** de parámetros fuera de la norma por cada punto. El resultado se escala de 1 a 5, asignando el 5 a aquel punto que obtenga el menor número de parámetros fuera de norma.
- **Porcentaje** promedio de exceso respecto de la norma. Para aquellos parámetros en que se sobrepasa la norma, se calcula el porcentaje de exceso y posteriormente se promedian y el resultado se escala entre 1 y 5 asignando el 1 al valor más alto.

Posteriormente se promedia el factor de Cantidad por el factor de Porcentaje, y de esta forma, se obtiene en cada punto, un valor de sensibilidad para calidad de aguas, el cual estaría indicando en cierto sentido cuán “limpia” está el agua. Dado que el EAA tiene como objetivo evaluar los impactos ambientales de una obra o actividad, se adopta como razonamiento lógico que mientras más alta es la sensibilidad de la calidad del agua (mientras más "limpia" está el agua), mayor sería el impacto sobre ésta por lo que la priorización operaría en el mismo sentido que el resto de los componentes recomendando la obra en aquellos puntos menos sensibles. El esquema de este componente se ve en la Figura 3.1.1.2-2.

FIGURA 3.1.1-2
ESQUEMA SENSIBILIDAD COMPONENTE CALIDAD DE AGUA



Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Componentes del Medio Biótico

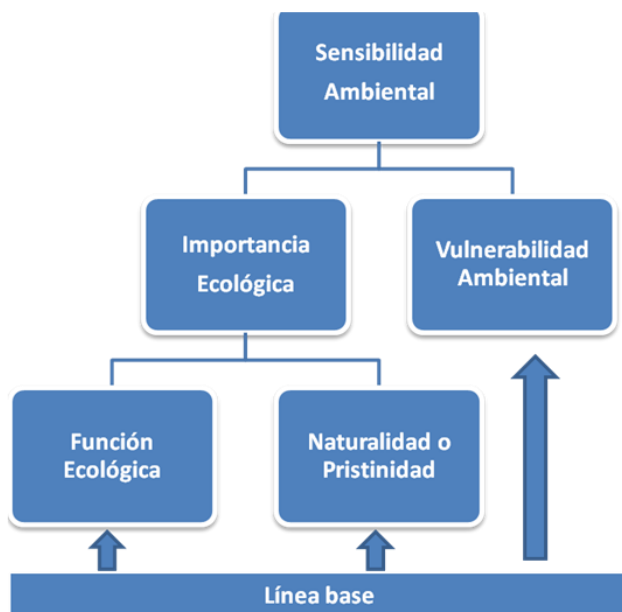
Para todos los componentes del medio biótico que se evalúan en el presente EAA (flora y vegetación terrestre, fauna terrestre, flora y fauna acuática) se aplican los atributos de Importancia Ecológica y Vulnerabilidad, los cuales al integrarse originan la evaluación de la Sensibilidad del componente, tal como se explica a continuación.

- **Importancia Ecológica.** La importancia ecológica de los componentes del medio biótico se evalúan, a su vez, en función de otros 2 sub atributos basales, los cuales son **Función Ecológica y Naturalidad**.
 - La Función ecológica está dada por la relevancia del componente en el funcionamiento del ecosistema, además de riqueza de especies, endemismo, zonas protegidas, entre otras características.
 - La Naturalidad viene dada por el grado de intervención actual que presenta el componente.
 - Para cada componente, se asigna un valor de Función Ecológica y Naturalidad mediante la aplicación de una escala numérica de valores continuos entre 1 y 5. En ella, el valor "1" corresponde a la categoría "Muy Bajo" y el valor "5" corresponde a "Muy Alto". Posteriormente, el promedio de ambos sub atributos en cada componente da como resultado la valoración de la "Importancia Ecológica" (medida en la misma escala de valores entre 1 y 5).
 -
- **Vulnerabilidad.** La Vulnerabilidad es la susceptibilidad intrínseca de un determinado componente a sufrir efectos adversos (ej. la especie "X" es más vulnerable que la especie

“Y” ante determinada intervención), no tiene relación con las amenazas externas. En cada componente se asigna una categoría de “Vulnerabilidad” mediante la aplicación de la escala numérica de valores continuos entre 1 y 5 (donde “1” corresponde a la categoría “Muy Bajo” y el “5” corresponde a “Muy Alto”). El principal criterio de decisión en este caso corresponde al estado de conservación de las especies encontradas.

Finalmente se realiza un promedio aritmético entre las categorías de Importancia Ecológica y Vulnerabilidad, obteniendo como resultado el valor de la “Sensibilidad Ambiental” en cada componente. La Figura 3.1.2-1 muestra un esquema resumen de los pasos antes descritos.

FIGURA 3.1.2-1
ESQUEMA SENSIBILIDAD COMPONENTES DEL MEDIO BIÓTICO



Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Componentes del Medio Social

3.1.3.1. Asentamientos Humanos

La sensibilidad del Medio Social, específicamente la sensibilidad de los asentamientos humanos, será evaluada a través del análisis de la vulnerabilidad de dos grupos de componentes, por un lado aquellos relacionados con "**Infraestructura y población**" y por otra parte la "**Ocupación del territorio**", que responde a variables relacionadas con el uso y las formas de vida. Al igual que en otros componentes, la vulnerabilidad se entiende como la capacidad de estas variables de responder a cambios o alteraciones, recuperando su calidad o adaptándose a los cambios. En ambos casos los componentes serán evaluados en una escala desde la vulnerabilidad muy baja (valor 1) a una sensibilidad muy alta, a la que se asigna el valor 5.

Infraestructura y población

Esta componente evalúa la vulnerabilidad de variables de equipamiento comunitario, infraestructura habitacional y la población que habita el área de inundación. Estas variables son:

- **C1:** Cantidad de predios (unidades productivas) en la zona de inundación. No necesariamente el predio corresponde a una propiedad con título de dominio, ya que por ejemplo en el caso de las Sociedades Agrícolas o las Comunidades Agrícolas, la propiedad es sobre un único terreno comunitario, sin embargo en él hay muchos predios diferentes.
- **C2:** Cantidad de viviendas, aldeas o caseríos en el área de inundación. La presencia de pequeñas viviendas aisladas tiene menor vulnerabilidad que un caserío.
- **C3:** Cantidad de habitantes en la zona de inundación. Esta variable se incorpora puesto que la cantidad de viviendas no es necesariamente proporcional a la cantidad de habitantes.
- **C4:** Construcciones o infraestructura - diferente a casas/viviendas- presentes en el área de inundación.

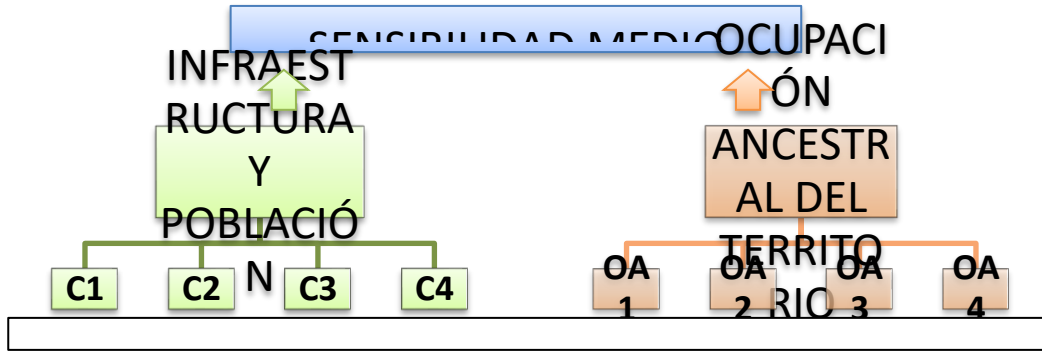
Ocupación ancestral del territorio

Este componente busca valorar la vulnerabilidad del de los diferentes usos de valor cultural del territorio: religiosos, tradicionales, la existencia de pueblos originarios o manifestaciones culturales de diversos tipos, etc.:

- **OA1:** Cantidad de usos. Este atributo contabiliza la cantidad de usos alternativos del territorio. A mayor cantidad, mayor el valor de vulnerabilidad.
- **OA2:** Periodicidad del uso. Cantidad de veces en el año en que se aprovecha el territorio correspondiente al área de inundación o de obras, para los usos mencionados anteriormente.
- **OA3:** Cantidad de personas que participan del uso.
- **OA4:** Tiempo de uso. Cuantifica la historia del uso, hace cuanto tiempo se desarrollan estas prácticas en la zona de inundación. Este componente permite dar importancia a aquellos asentamientos cuya existencia se remonta a períodos antiguos y diferenciarlas así de aquellos villorrios o loteos recientes que carecen de un arraigamiento territorial más profundo.

De esta forma quedan valoradas aquellas características culturales (muchas veces de carácter intangible) de la población posiblemente afectada por la obra. En la Figura 3.1.3.1-1, se presenta un esquema resumen de la metodología de evaluación de la sensibilidad del Medio Social.

FIGURA 3.1.3 -1 ESQUEMA SENSIBILIDAD COMPONENTE ASENTAMIENTOS HUMANOS

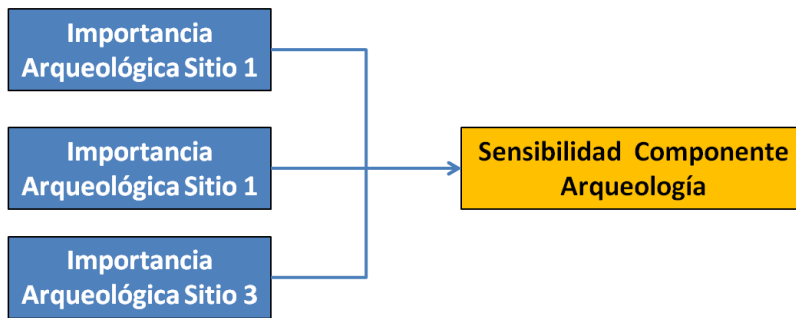


Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.2. Patrimonio Cultural Arqueológico

Al igual que en el componente anterior, dado que los atributos de importancia ecológica no son aplicables al presente componente, la Sensibilidad de éste será evaluado a través del atributo denominado "Importancia Arqueológica", el cual será asignado a cada uno de los sitio con hallazgos en la escala habitual (Valor uno indica "muy bajo" y valor 5 indica "muy alto"). Este atributo dependerá directamente de la preponderancia otorgada por el Arqueólogo al momento de describir y documentar el sitio. Las distintas Importancias Arqueológicas serán sumadas en cada Alternativa, y re escaladas desde 1 a 5, otorgando el 5 al mayor valor antes obtenido. De esta forma, se calcula la Sensibilidad del Componente Arqueológico. La Figura 3.1.3-2 muestra el esquema simple para este componente.

FIGURA 3.1.3-2
ESQUEMA SENSIBILIDAD COMPONENTE ARQUEOLOGÍA



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Paso 2. Evaluación de la Agresividad Ambiental de las actividades e identificación de impactos asociados

Se entenderá por Agresividad Ambiental de las actividades al grado de amenaza ambiental potencial e intrínseca que implica la ejecución de cada una de ellas independientemente del lugar donde se ejecuten. En una primera instancia se identifican las obras y actividades del proyecto susceptibles de causar impactos en las distintas etapas, describiendo a su vez el Impacto potencial correspondiente a cada actividad. Idealmente se valora la Agresividad de la actividad, de acuerdo a los criterios indicados en el Cuadro 3.2-1, usando la misma escala numérica de valoración ya mencionada entre 1 y 5 (donde “1” corresponde a la categoría “Muy Bajo” y el “5” corresponde a “Muy Alto”). La Agresividad final de la actividad está dada por el promedio aritmético de los criterios ahí (en el Cuadro) mencionados.

Paralelamente, son identificados los distintos impactos ambientales agrupados por componentes y Etapa del proyecto (construcción y operación), cuya intensidad es evaluada en el Paso 3 de la siguiente metodología.

CUADRO 3.2-1

ESCALAS DE VALORACIÓN PARA CRITERIOS DE AGRESIVIDAD AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES

CRITERIO: EXTENSIÓN (E)		
Indica la distribución o cobertura espacial de la actividad.		
Extensión	Descripción	Escala
Local	Cuando la actividad se manifiesta en el sector donde se ubica la fuente y en su entorno inmediato, si la fuente es puntual o de pequeña envergadura.	1
Comunal	Cuando la actividad se manifiesta en un entorno más amplio de la fuente abarcando niveles comunales	3
Regional	Cuando la actividad tiene impacto a niveles regionales	5
CRITERIO: ALTERACIÓN (A)		
Refleja el grado de alteración de que la actividad produce sobre el medio en términos genéricos.		
Alteración	Descripción	Escala
Muy Baja	Cuando el grado de alteración es casi imperceptible no afectando la condición basal	1
Baja	Cuando el grado de alteración es pequeño, manteniendo la condición basal.	2
Moderada	Cuando el grado de alteración implica cambios respecto a la condición basal, pero dentro de rangos aceptables.	3
Alta	Cuando el grado de alteración respecto a la condición basal es notorio.	4
Muy Alta	Cuando el grado de alteración es significativo y muchas veces inaceptable	5
CRITERIO: DURACIÓN (D)		
Indica el tiempo que dura la actividad.		
Duración	Descripción	Escala
Corto Plazo	Impacto que se manifiesta sólo mientras dura la acción que lo genera, siendo este impacto más bien temporal (hasta 2 años).	1
Mediano Plazo	Impacto que se manifiesta en un rango de 2 a 5 años	3
Largo Plazo	Impacto que se manifiesta permanentemente por más de 5 años.	5
CRITERIO: REVERSIBILIDAD (R)		
Indica el grado de reversibilidad que los efectos de la actividad tendrían en términos genéricos.		
Reversibilidad	Descripción	Escala
Reversible	Cuando al cabo de un cierto tiempo el impacto se revierte en forma natural después de terminada la acción de la fuente que lo genera.	1
Parcialmente Reversible	Cuando el impacto no se revierte en forma natural después de terminada la acción de la fuente que lo genera, pero que puede ser revertido, al menos parcialmente, mediante acciones correctoras.	3
Irreversible	Impacto que no se revierte en forma natural después de terminada la acción que lo genera, y que tampoco puede ser revertido mediante acciones correctoras.	5

Fuente: Elaboración propia.

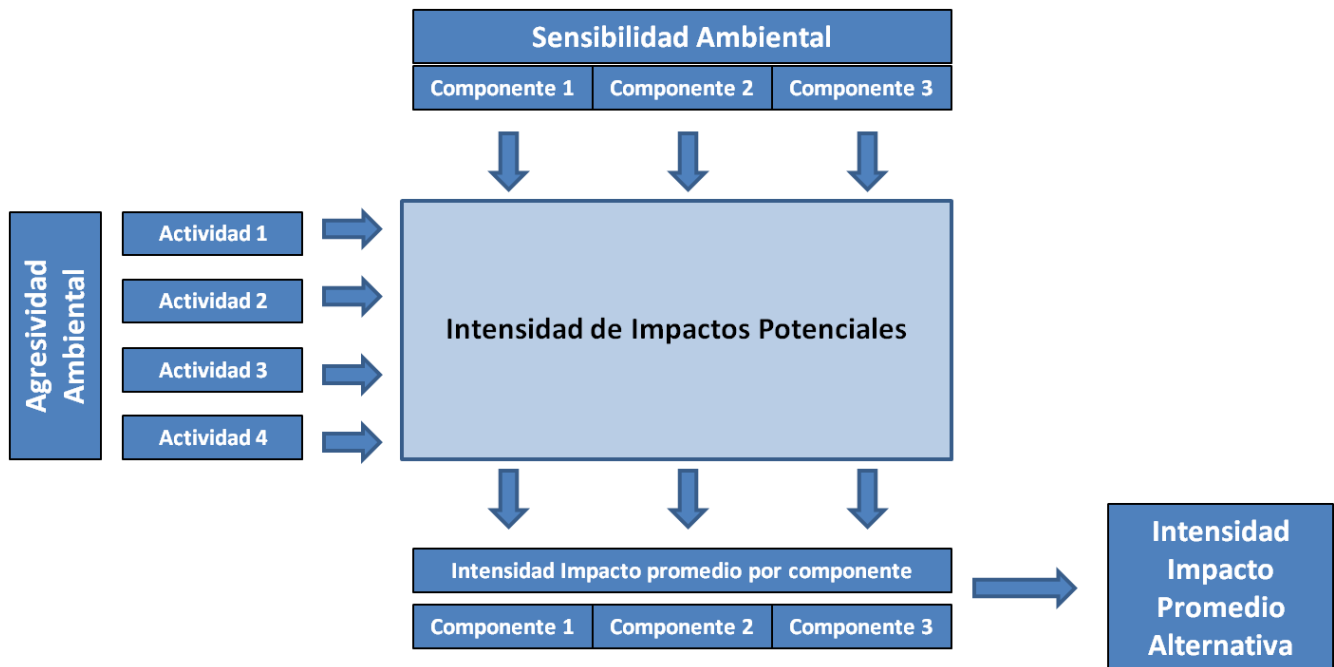
3.3. Paso 3. Evaluación de la intensidad de los impactos ambientales potenciales y jerarquización de alternativas

Al enfrentar “Sensibilidad Ambiental” del componente con “Agresividad Ambiental de las Actividad” se obtiene como resultado la “Intensidad del Impacto Potencial” ya identificado. Por ejemplo, si se tiene el caso de que el componente Flora y Vegetación presenta Sensibilidad Ambiental nivel 5 (Muy Alta) por poseer especies en peligro de extinción y endémicas, y se viera enfrentado con la actividad “Roce de vegetación”, cuya Agresividad también es 5 (Muy Alta), el Impacto resultante (Ej.: “Pérdida de vegetación endémica”), sería nivel 5 también (Muy Alto). Del mismo modo si un componente de baja Sensibilidad se enfrenta con una Agresividad alta, la Intensidad del Impacto quedará en un nivel intermedio. En términos prácticos la Intensidad del Impacto está dada por el promedio entre Sensibilidad y Agresividad.

A partir del análisis conjunto de la **Sensibilidad Ambiental** y la **Agresividad de las actividades**, se obtendrá, en cada componente ambiental, la **Intensidad de los Impactos Potenciales**, los que resultan valorados en la misma escala numérica empleada anteriormente (entre 1 y 5 donde 1 equivale a “Muy bajo” y 5 equivale a “Muy Alto”). De esta forma se podrán calcular Índices promedio según Alternativa de modo tal de poder establecer preferencias y jerarquizar desde la perspectiva ambiental.

La Figura 3.3-1 muestra un esquema que representa el método propuesto en forma genérica.

FIGURA 3.3-1
ESQUEMA INTENSIDAD DE IMPACTOS POTENCIALES



Fuente: Elaboración propia.

4. Caracterización de la Línea Base del Área de Influencia y estimación de la sensibilidad ambiental

A continuación se presenta el segundo avance de la caracterización de las componentes a utilizar en la definición de la sensibilidad ambiental del área de ubicación del proyecto.

A medida que el estudio ha avanzado, las alternativas cambiaron respecto a lo propuesto en el primer avance, sin embargo las 5 alternativas propuestas se encuentran en un área de características análogas a las inicialmente propuestas (incluyendo los mismos cauces involucrados en las soluciones) por lo cual se extrapoló la información a dichos puntos y se estimará la sensibilidad ambiental del área de estudio como si se tratara de una única alternativa, esto porque además, las alternativas presentadas se diferencian exclusivamente en las obras que las componen y no en el área de influencia, es decir, las alternativas en general tienen un área de influencia similar que está dada por las obras que la componen, las cuales no varían de ubicación.

4.1. Medio Físico

4.1.1. Hidrología

4.1.1.1. Antecedentes Generales

La hidrografía del Río San Pedro se genera de la confluencia de los ríos Grande y Salado. Dentro de los principales afluentes en la zona alta del Río Grande se ubican los ríos Jauna y Putana. El Río San Pedro es considerado como el principal aporte al área de riego del pueblo San Pedro, que se ubica unos 12 km aguas abajo de la Junta del Río Grande y Salado.

El comportamiento hidrológico está directamente relacionado con las precipitaciones de origen estival características del invierno altiplánico. Las precipitaciones y los caudales se comportan como valores extremos, con una alta variabilidad anual, por ejemplo gran parte de las precipitaciones se concentra entre los meses de Diciembre-Marzo, lo que genera que la escorrentía directa se concentre también durante estos meses.

4.1.1.2. Área de Influencia

El área de estudio se ubica en la Comuna de San Pedro de Atacama, Provincia del Río Loa, Región de Antofagasta. El Río San Pedro se sitúa en la zona norte de la Cuenca del Salar de Atacama y se forma de la confluencia del Río Grande y Río Salado. En la Figura 4.1.1-1 se aprecia la hidrografía en el área de estudio y su relación con las obras propuestas.

FIGURA 4.1.1-1
RED HIDROGRÁFICA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3. Metodología

La caracterización de este componente fue hecha a partir del estudio hidrológico realizado por este consultor para la presente consultoría. Éste a su vez fue realizado mediante una recopilación, análisis y procesamiento de información fluviométrica y pluviométrica DGA. El estudio hidrológico completo se encuentra en el Capítulo 6 del BIF Volumen 1.

4.1.1.4. Resultados

Se estimaron caudales medios en los puntos donde se ubican las alternativas de obras, para los diferentes meses del año y para cada uno de los sitios involucrados en las obras, tanto en el Río Grande como en el Río Salado. Estos resultados se presentan en el Cuadro 4.1.1-1

CUADRO 4.1.1-1
CAUDALES MEDIOS ADOPTADOS PARA CADA SITIO (m³/s)

Sitio	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	Anual
Sitios 1 / 2	0,693	0,701	0,739	0,903	0,968	0,952	0,745	0,785	0,790	0,776	0,757	0,743	0,796
R. Grande a. Túnel 1	0,654	0,662	0,698	0,853	0,914	0,899	0,704	0,742	0,746	0,733	0,715	0,702	0,752
R. Salado Embalse	0,154	0,156	0,164	0,201	0,215	0,212	0,166	0,175	0,176	0,172	0,168	0,165	0,177
R. Grande a. Túnel 2	0,539	0,546	0,575	0,702	0,753	0,740	0,580	0,611	0,615	0,603	0,589	0,578	0,619

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio Hidrológico de la presente consultoría

Según los valores adoptados para la Estación San Pedro en Cuchabrache para la crecida del año 1976 (218 m³/s) se asocia un periodo de retorno asociado a 100 años aproximadamente. Para la crecida del año 2001 (178 m³/s) se estima un periodo de retorno alrededor de 60 años. Mientras que para las crecidas del año 2011 (127 m³/s) y 2012 (126 m³/s) se estima un valor de periodo de retorno de 40 años. Estos valores se presentan en el Cuadro 4.1.1-2.

CUADRO 4.1.1-2
CAUDALES MÁXIMOS POR SECTOR DE INTERÉS (m³/s)

Sitio de Interés	5	10	20	50	100	200	1.000	10.000
S.P. Cuchabrache	23	45	79	146	221	323	706	1.834
Sitio 1 / 2	17	34	59	110	167	244	534	1.391
Toma Río Grande	17	34	59	109	166	242	530	1.381
Embalse Río Salado	17	33	58	107	163	238	520	1.353

Fuente: Elaboración propia a partir de Estudio Hidrológico de la presente consultoría

Arrastre de Sedimentos

El estudio de arrastre de sedimentos se realiza con el fin de estimar el potencial volumen muerto que podría acumularse en el embalse. Considerando que entre las obras consideradas en algunas de las alternativas se encuentran el Embalse Río Salado (embalse de riego) y el Embalse o Controlador de crecidas en el Río Grande, este análisis de arrastre de sedimentos apunta a conocer

el comportamiento de estos en los cauces involucrados y el potencial volumen que podría depositarse.

La estimación del gasto de arrastre de fondo se realiza mediante la relación que existe entre el gasto sólido suspendido y el gasto de arrastre de fondo (GSS/GSF). La relación que existe entre el Gasto de Arrastre de Fondo y el Gasto Sólido Suspendido presenta un valor máximo para el Aconcagua, estimado entre un 17% y un 50%, se debe tener en cuenta que el Aconcagua corresponde a una cuenca que se origina en la Cordillera de Los Andes y que posee influencia de zona nival. Para el resto de las cuencas se observa una relación entre el 3% y el 25%. La cuenca en estudio, corresponde a una cuenca de régimen pluvial que se origina en la cordillera de los Andes. Se considera como un valor razonable adoptar un valor de $G.S.Fondo/G.S.Susp. \approx 20\%$ para las zonas de embalse.

En el Cuadro 4.1.1-3 se muestra el Gasto de Fondo estimado según la relación adoptada. Las metodologías propuestas por la USBR, y las tasas regionales consideran la producción sólida total que la cuenca aporta al reservorio (gasto en suspensión y de arrastre) y presentan valores de producción de sedimento muy alto, por lo que no se consideran para sumar el gasto de arrastre de fondo.

CUADRO 4.1.1-3
GASTO SÓLIDO SUSPENDIDO Y GASTO SÓLIDO FONDO (hm³)

Alternativa	GSS		GSF	
	MUSLE	Tasa AYQUINA	0.2*MUSLE	0.2*Tasa Ayquina
R. Salado Sitio Embalse	3,9	0,9	0,78	0,18
R. Grande Sitio 1 / 2	8,4	1,8	1,68	0,36

Fuente: Elaboración propia estudio de ingeniería.

En el Cuadro 4.1.1-4 se muestra el gasto sólido en términos volumétricos asociado a la zona de embalse.

CUADRO 4.1.1-4
GASTO SÓLIDO Y VOLUMEN MUERTO METODO USBR

		R. Salado Embalse	R. Grande Sitio 1/2
Área	km ²	302	652
Tend. Media	m ³ /km ² /año	279	232
Vida Útil	años	50	50
Vol. T.med.	hm ³	4,2	7,6

Fuente: Elaboración propia estudio de ingeniería.

En el Cuadro 4.1.1-5 se muestran los valores de volumen muerto adoptado para las diferentes alternativas (cantidad de sedimento que podría acumularse) en las que el G.S.S. corresponde a tasas obtenidas por la expresión MUSLE y para GSF corresponden a un 20 % del Gasto Sólido estimado de la tasa proveniente de la estación sedimentométrica de Ayquina.

CUADRO 4.1.1-5
GASTO SÓLIDO SUSPENDIDO Y GASTO SÓLIDO FONDO (hm³)

Obra	G.S.S.	G.S.F.	GST
R. Salado Embalse	2,30	0,78	3,08

R. Grande Embalse	5,00	0,36	5,36
-------------------	------	------	------

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se adopta un valor de 3,0 hm³ para el Embalse en Río Salado y de 5,0 hm³ para el Sitio de Embalse de Control de Crecidas

4.1.1.5. Conclusiones y Definición de Sensibilidad Ambiental

En regiones desérticas, la escasez del recurso hídrico lo hace altamente valioso, ya sea para ecosistemas naturales como para consumo humano. Además debe considerarse que el flujo de sedimentos que es transportado por un curso de agua determina y configura la geomorfología del cauce, condicionando y permitiendo el desarrollo de las comunidades animales y vegetales en su estado natural.

Considerando el tipo de alternativas planteadas en este estudio, en este caso en vez de analizar la sensibilidad de una alternativa en particular, se estima la sensibilidad de los cauces intervenidos: Río Salado y Río Grande. El Cuadro 4.1.1-6 muestra el resultado de la Sensibilidad a partir de los criterios que la definen, con la correspondiente justificación.

CUADRO 4.1.1-6.
SENSIBILIDAD COMPONENTE HIDROLOGÍA

Alt.	N	Justificación	V	Justificación	S
Río Salado	5	En general, ambos cauces presentan escasa intervención	4	En este caso la vulnerabilidad viene dada por la escasez, puesto que mientras más escaso es el recurso más susceptible es a verse afectado ante extracciones o contaminación (u otra intervención) por muy pequeñas que sean, afectando en mayor medida al componente.	4.5
Río Grande	5				4.5

Nota: N: Naturalidad; V: Vulnerabilidad; S: Sensibilidad

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Calidad de Aguas

4.1.2.1. Antecedentes generales

Calidad del agua, es un término relacionado a la composición del agua, la que es afectada por la presencia de sustancias (originadas por procesos naturales o antrópicos) que en sus diferentes concentraciones alteran la composición fundamental y básica del recurso, es decir, la contaminan. De acuerdo con lo anterior, se han establecido criterios y estándares para evaluar la de calidad de agua, los que varían dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

En el caso del río San Pedro, la contaminación que afecta a sus aguas procede de fuentes naturales, las que han sido estudiadas en más de una ocasión.

En este capítulo se analizan tanto los antecedentes de estudios anteriores, como los resultados de nuevos muestreos de calidad de aguas y las mediciones in situ.

4.1.2.2. Metodología de Muestreo

La toma de muestras es un proceso de importancia en la confiabilidad de las mediciones de calidad del agua. Esta calidad queda garantizada por el uso de envases adecuados, el procedimiento de toma de muestras, la preservación de las muestras y el tiempo desde que la muestra fue tomada hasta su análisis en laboratorio, todo lo que depende de los parámetros de análisis.

Se determinaron en el laboratorio los siguientes parámetros:

- Macro elementos: Cationes (sodio, potasio, calcio, magnesio) y Aniones (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos).
- Micro elementos: Aluminio, Arsénico, Bario, Boro, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Flúor, Hierro, Litio, Manganeso, Molibdeno, Níquel, Plata, Plomo, Zinc.

Finalmente el resultado de los análisis fue comparado con la NCh 1.333 tanto en los requisitos para agua de riego como aguas destinadas a vida acuática.

El consultor, según los antecedentes recopilados y la observación en terreno, propuso a la CNR muestrear la calidad del agua, a través de la determinación de su calidad química en laboratorio, en los siguientes puntos de toma de muestras, el primero (E1) se encuentra ubicado en el Río Grande. El segundo (E2) corresponde al Río Salado. El tercer punto (E3) Río San Pedro y finalmente el cuarto punto de monitoreo (E4) se encuentra en el Río San Pedro en el sector de los canales de riego. Las coordenadas se muestran en el Cuadro 4.1.2-1.

CUADRO 4.1.2-1
PUNTOS DE MUESTREO CALIDAD DE AGUAS

Punto Muestra	E	S	m.s.n.m
Río Grande en Río Grande (E1)	585448	7494912	3226
Río Salado camino a San Bartolo (E2)	579424	7488458	2910
Río San Pedro estación Cuchabrache (E3)	582055	7475442	2552
Canales sector Hotel Tulo (E4)	581740	7465913	2440

Fuente: Elaboración Propia.

La distribución de estos puntos a lo largo del cauce, permite estimar si existen diferencias desde el punto de vista de calidad de aguas superficiales entre cada uno de ellos. Cada uno de los sitios ha sido coordinado para realizar las muestras posteriores en el mismo lugar tal como se muestra en la Figura 4.1.2-1.

FIGURA 4.1.2-1
PUNTOS DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUAS

Fuente: Elaboración propia, con base en Google Earth.

4.1.2.3. Resultados

De acuerdo a los análisis de las muestras de agua tomadas por el consultor en diferentes puntos a lo largo del cauce, es posible identificar diferencias desde el punto de vista de calidad de aguas superficiales entre cada uno de los puntos referenciales. Los informes de laboratorio correspondientes a los muestreos realizados se presentan en el Anexo EAA-1.

CUADRO 4.1.2-2

RESULTADOS DE MUESTREOS DE CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO (NCH 1333)

Parámetro	Unidad	Campaña 1				Campaña 2				Límites Máximos
		C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	NCh 1.333
pH	rango	8,15	8	7,88	8,2	7,8	8	8,4	7,8	5,5 - 9,0
Aluminio	mg/L	0,14	0,52	<0,01	<0,01	0,32	2,32	2,84	4,64	5
Arsénico	mg/L	0,02	0,179	<0,005	0,146	0,016	0,214	0,202	0,338	0,1
Bario	mg/L	0,033	0,022	0,032	0,033	0,03	0,021	0,063	0,041	4
Berilio	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,1
Boro	mg/L	0,233	1,94	2,64	2,48	0,347	4,108	5,441	5,9	0,75
Cadmio	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01
Cianuro	mg/L	<0,04	<0,04	0,07	0,08	0,16	<0,04	0,1	<0,04	0,2
Cloruros	mg/L	17,1	184,54	798,79	822,54	612	331	617	681	200
Cobalto	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,05
Cobre	mg/L	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2
Cromo	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	0,1
Fierro	mg/L	<0,01	0,36	0,11	0,01	<0,01	2,07	4,23	0,06	5
Fluoruros	mg/L	0,13	0,18	0,18	0,19	0,32	0,41	0,32	0,42	1
Litio	mg/L	0,047	0,343	0,39	0,401	0,034	0,214	0,272	0,487	2,5
Manganeso	mg/L	<0,008	0,07	0,078	0,067	<0,008	0,073	0,204	0,187	0,2
Mercurio	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
Molibdeno	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	0,01
Níquel	mg/L	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	0,2
Plata	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,2
Plomo	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	5
Selenio	mg/L	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,02
Sodio	%	74,3	64,7	74,3	73,1	74,9	67,1	70,5	71,3	35
Sulfatos	mg/L	251	278	290	314	299	231	309	396	250
Vanadio	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Zinc	mg/L	0,022	0,026	<0,008	<0,008	<0,008	0,039	0,045	<0,008	2
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	30	50	13	<2	8	11	11	49	1000
Conductividad eléctrica	µS/cm	2.540	1.804	1.605	2.870	3.220	2.150	2.590	3.620	750
Sólidos disueltos totales	mg/L	1.476	692	2.032	2.048	1.614	1.086	1.614	1.856	500

Campaña 1: Realizada en diciembre del 2012

Campaña 2: Realizada en marzo del 2012

Fuente: Elaboración propia y Nch 1.333.

En cuanto a los resultados obtenidos por muestreos y análisis In Situ, estos se presentan en el Cuadro 4.1.2-3 y en la Figura 4.1.2-2

CUADRO 4.1.2-3
RESULTADOS MUESTREOS CALIDAD DEL AGUA

Punto Muestra	Fecha	Hora	Este	Norte	msnm	pH	EC (S/cm)	T° 1 (°C)	Mv	Cf	TDS (ppm)	OD (%)	T° 2 (°C)
Río Grande en Río Grande (G1)	28-10-2012	19:50	585448	7494912	3226	8,54	1,72	14,4	-0,26	17,3	1210	66,7	13,7
Río Salado en puente Hierbas Buenas (S1)	28-10-2012	20:15	579222	7492892	3068	8,17	1,74	12,1	-2	-	1220	49,9	11,5
Río Salado camino a San Bartolo (S2)	29-10-2012	15:59	579420	7488464	2911	8,76	2,51	24,3	-37	25,2	1760	80,6	23,6
Río Salado camino a San Bartolo más arriba (S3)	29-10-2012	16:50	579496	7488934	2929	8,73	2,47	22,8	-34	24,8	1740	80,7	22,1
Río Salado aguas arriba junta Río Grande (S4)	29-10-2012	17:24	581766	7478792	2594	8,65	7,28	18,3	-30	71,9	5020	78,2	19
Río Grande aguas arriba junta Río Salado (G2)	29-10-2012	20:05	582352	7480654	2642	8,59	2,69	18,1	-46	27	1890	75,9	17
Río San Pedro aguas abajo estación Cuchabrache (P1)	30-10-2012	19:25	582011	7475360	-	4,8	3,35	21,5	200	33,6	2350	81,2	21,8
Río San Pedro aguas abajo estación Cuchabrache 2 (P2)	30-10-2012	19:40	580326	7471321	-	5,75	3,61	21,2	192	362	2530	81,5	20
Río Grande en puente (G3)	04-12-2012	13:45	586386	7495200	3254	5,5	1,77	18,7	148	17,8	1240	66,3	17,7
Río Grande en Río Grande (G1)	04-12-2012	14:00	585448	7494912	3226	6	1,83	18,9	120	18,3	1280	70,2	18,3
Río Salado camino a San Bartolo (S2)	04-12-2012	15:35	579424	7488458	2910	5,22	2,5	22,7	168	25,1	1750	71,6	23
Río San Pedro estación Cuchabrache (P1)	06-12-2012	13:00	582055	7475442	2552	4,3	3,25	23,7	240	32,5	2280	76,3	22,3
Canales sector Tulor	06-12-2012	14:30	581740	7465913	2440	4	3,47	26,6	277	34,6	2420	73,2	25

Donde: EC: Conductividad Eléctrica (Siemens/cm), Mv: Potencial eléctrico de óxido-reducción medido en milivolts (mV), Cf: Factor de conductividad (Conductivity factor 1mS/cm = 10 CF), TDS: Sólidos disueltos totales (por sus siglas en inglés), OD: Oxígeno disuelto

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los parámetros físicos identificados en cada uno de los cauces observados in situ, los resultados se presentan en el Cuadro 4.1.2-4.

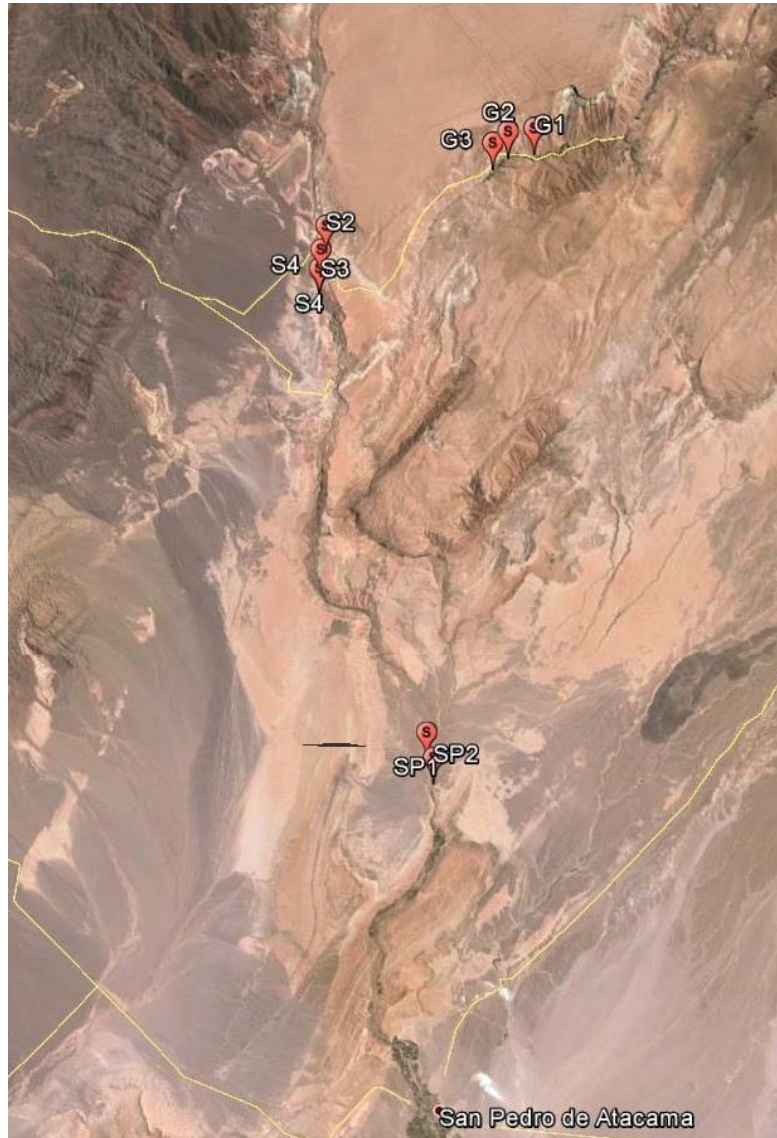
CUADRO 4.1.2-4
RESULTADOS VARIABLES FÍSICAS OBSERVADAS

Parámetros	Cauces		
	Río Salado	Río Grande	Río San Pedro

Color	Café transparente	Café transparente	Café
Turbiedad	Alta - origen natural	Alta - origen natural	Alta - origen natural
Sólidos flotantes	No	No	No
Espumas no naturales	No	No	No
Petróleo o HC	No	No	No

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 4.1.2-2
PUNTOS DE MUESTREO DE CALIDAD DE AGUAS *IN SITU*



Fuente: Elaboración propia, con base en Google Earth.

4.1.2.4. Conclusiones y Definición de Sensibilidad Ambiental

En función de los resultados obtenidos se puede concluir que existen parámetros altamente sobrepasados, entre los que destacan por sus altas concentraciones el Sodio, Boro, Cloruros, Manganeso. Estos parámetros tienen efectos negativos sobre la calidad del agua para riego teniendo efectos nocivos sobre los nuevos cultivos que se deseen implementar.

Para el caso de la vida acuática, se puede indicar que los ecosistemas presentes en el área de estudio se encuentran adaptados a las condiciones extremas de salinidad y presencia de otros componentes en el agua.

CUADRO 4.1.2-5
SENSIBILIDAD AMBIENTAL COMPONENTE CALIDAD DE AGUAS

Cauce		Riego			Vida acuática		
		PS	% E	Sensibilidad Ambiental	PS	% E	Sensibilidad Ambiental
Río Grande	Aunque hay diferencias entre el número de parámetros sobrepasados, en general estos obedecen a condiciones naturales de los cauces	4	2	3	5	5	5
Río Salado		3	2	2,5	5	5	5
Río San Pedro		3	2	2,5	5	5	5

Nota: PS: Parámetros sobrepasados; %E: % Exceso.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Medio Biótico

4.2.1. Introducción

En base a información existente y reconocimiento en terreno, se caracterizó la fauna terrestre presente en el área de influencia del proyecto, considerando las alternativas inicialmente propuestas. La campaña de terreno se realizó durante mayo de 2013.

Para el caso de los componentes del Medio Biótico correspondientes Flora y fauna terrestre y acuática, se seleccionaron puntos de muestreo según lo indicado en las Bases, en función de las alternativas inicialmente propuestas: tres puntos aguas arriba de la obra y tres aguas abajo, el área de inundación y se añade en este caso un punto de análisis aguas abajo del sector de ubicación del túnel de trasvase en el Río Salado, con el fin de conocer la situación actual de dicho tramo del río y evaluar potenciales impactos o alteraciones. Los sitios de monitoreo se presentan en la Figura 4.2.1-1.

FIGURA 4.2.1-1
PUNTOS PARA ESTUDIO DE MEDIO BIÓTICO

Fuente: Elaboración propia, con base en Google Earth.

Al cambiar las alternativas e incorporar nuevas obras, el área de estudio se amplía, sin embargo, dadas las características ambientales es posible extrapolar los resultados del estudio de medio biótico a las áreas incorporadas al estudio posterior a la realización de estos, ya que el área completa comparte las mismas características bioclimáticas (altura, precipitaciones, geomorfología, etc.) y pertenecen al mismo piso vegetal. Esto fue comprobado en terreno mediante recorridos por los diferentes sectores del área de estudio con el fin de verificar la representatividad de los puntos de muestreo seleccionados.

4.2.2. Flora y Vegetación Terrestre

4.2.2.1. Antecedentes Generales

El presente componente ha sido descrito por ICNOVA ING, consultores en biota terrestre y acuática. En base a información existente y reconocimiento en terreno, se caracterizó la flora y vegetación terrestre presente en el área de influencia del proyecto, considerando las alternativas inicialmente propuestas. La campaña de terreno se realizó durante mayo de 2013. El informe original presentado por ICNOVA ING se adjunta como Anexo EAA-2. En él se incluye los contenidos detallados.

4.2.2.2. Área de Influencia

El área de influencia directa está conformada por las zonas del muro, zonas inundación, zonas de empréstito, zonas de ubicación de las obras de trasvase y conducción (tuberías y túneles) y los tramos correspondientes de los ríos Salado y Grande.

No se considera área de influencia indirecta en este componente.

4.2.2.3. Metodología

Revisión bibliográfica

La descripción de este componente se basó en la revisión de la información bibliográfica existente. Las fuentes de información disponibles y consultadas fueron las siguientes:

- **Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF-CONAMA, 1999).** Este estudio contiene los mapas y resultados finales del uso actual de la tierra y sus relaciones con las variables ambientales, pendiente, exposición y rangos de altitud, a nivel país.
- **La Vegetación Natural de Chile (Gajardo, 1994).** Este estudio ofrece una clasificación jerárquica de la vegetación natural de Chile y presenta una cartografía de las formaciones vegetales del territorio chileno. Fue elaborada con el apoyo de las más avanzadas tecnologías, incluidas imágenes satelitales, y se complementa con apéndices de gran utilidad para especialistas. Entrega información indispensable para el estudio del paisaje vegetal, así como para el desarrollo de la planificación regional y nacional.

- **Sinopsis Bioclimática de Chile (Pliscoff y Luebert, 2006).** Este estudio ofrece una visión sinóptica de los bioclimas y de la vegetación de Chile continental, a partir de la aplicación de una metodología que consiste en combinar información bioclimática y vegetacional, sobre la base del estudio de las fuentes documentales disponibles.
- **Marticorena C. y M. Quezada. 1985.** Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica 42 (1-2): 1-157.
- **Listado de Especies Amenazadas (Ministerio del Medio Ambiente, sitio web, 2012).** En el él se indica el listado de las especies amenazadas presentes en Chile con su correspondiente estado de Conservación.

Levantamiento de información en terreno

Vegetación

La vegetación se estudió a partir de la composición particular de especies, estructura de la vegetación, y fisionomía. Las formaciones vegetacionales, corresponden al conjunto de plantas, pertenecientes o no a la misma especie, que presentan caracteres convergentes tanto en su forma como en su comportamiento, constituyéndose en un enfoque eminentemente fisonómico el cual, se basa en los conceptos de estratificación y cobertura. Su identificación permite dar una imagen de la disposición vertical y horizontal de la vegetación *in situ*.

La descripción de las formaciones vegetacionales (o comunidades) presentes en la zona de estudio se realizó mediante una descripción biogeográfica en la cual está inserta (Luebert & Pliscoff 2006; Gajardo 1994).

Además se realizó la identificación y caracterización de la vegetación mediante una variación de la metodología de Cartas de Ocupación de Tierras (COT) (Etienne & Prado 1982), la cual fue complementada con una campaña de terreno en el área de estudio.

La metodología de la COT considera a la vegetación como el factor integrador de las variaciones naturales del medio y de las modificaciones debidas a la acción del hombre; y pretende, mediante el uso de la cartografía, lograr una representación de la vegetación actual a una escala de trabajo dada. Esta representación se obtiene por la evaluación de tres variables: formación vegetal, especies dominantes y grado de artificialización.

Las especies dominantes corresponden a aquellas plantas cuyas características morfológicas marcan fisonómicamente la vegetación, determinándose en base a los tipos biológicos de mayor representatividad en cada formación vegetal (Cuadro 4.2.2-1).

CUADRO 4.2.2-1
CATEGORIAS DE ESTRATIFICACIÓN

Tipo	Código	Significado
Árboles	LA	Leñoso Alto
Arbustos y Árboles Bajos	LB	Leñoso Bajo
Cactáceas-Suculentas	S	Suculentas

Tipo	Código	Significado
Hierbas Perennes y Anuales y Bienales	H	Herbáceo

Fuente: Modificado de Etienne & Prado 1982

Los índices y códigos empleados en el presente estudio, así como las coberturas y densidades respectivas se presentan en el Cuadro 4.2.2-2.

CUADRO 4.2.2-2 CATEGORÍAS DE COBERTURA Y CODIFICACIÓN.

Cobertura (%)	Densidad	Código	Índice
1 - 5	muy escasa	me	1
5 - 10	escasa	e	2
10 - 25	muy clara	mc	3
25 - 50	Clara	c	4
50 - 75	poco densa	pd	5
75 - 90	densa	d	6
90 - 100	muy densa	md	7

Fuente: Modificado de Etienne y Prado (1982)

Flora

La metodología de terreno consistió en el reconocimiento del área de estudio mediante el uso de micro-ruteos, con el objeto de obtener el inventario total de especies del área. Cada especie identificada fue clasificada según nombre científico, nombre común, familia, forma de crecimiento (hábito), origen y categoría de conservación, según listados oficiales, es decir, los Decretos Supremos para Clasificación de Especies (según lo estipulado en el Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres, RCE, del 3 de junio del 2004), considerando los siete procesos de clasificación vigentes (DS 151/2007 MINSEGPRES, DS 50/2008 MINSEGPRES, DS 51/2008 MINSEGPRES, DS 23/2009 MINSEGPRES, DS 33/2012 MMA, DS 41/2012 MMA y DS 42/2012 MMA). Si las especies no se encontraban listadas en dichos procesos, se utilizó secundariamente el Libro Rojo de la Flora Terrestre de CONAF (Benoit, 1989).

Por otra parte, se analizó la aplicabilidad de la Ley de Bosque Nativo (Ley 20.283) y el DS 68/2009 MINAGRI, con el fin de identificar potenciales formaciones vegetacionales protegidas o que requieran la presentación de planes de manejo especiales.

4.2.2.4. Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en relación a la flora y vegetación presentes en el área de estudio del Proyecto, considerando tanto el levantamiento de información bibliográfica como la información recopilada mediante la campaña de terreno.

Levantamiento de información bibliográfica

En la Figura 4.2.2-1 se puede apreciar que el Proyecto se encuentra inmerso en el piso vegetacional de Matorral bajo desértico tropical andino de *Atriplex imbricata* y *Acantholippia deserticola*, según la clasificación de Luebert y Pliscoff (2006). Por otra parte, según Gajardo (1994) el Proyecto se

encontraría en la Estepa pre puneña, la cual se caracteriza por estar dominada por arbustos de escasa cobertura adaptados a la aridez.

FIGURA 4.2.2-1
PISOS VEGETACIONALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Fuente: Elaboración propia.

La lista de flora potencial del área de estudio, confeccionada en base a la revisión y recopilación de información bibliográfica, se presenta en el Anexo EAA-2. Se aprecia que la flora potencial del área está conformada por 20 especies, agrupadas en 9 familias. La familia con mayor representación es la de las plantas compuestas Asteraceae con 6 especies, seguida por Cactaceae y Poaceae con 3 especies.

Todas las especies registradas como potenciales para el área de estudio son de origen nativo.

Levantamiento de información en terreno

Vegetación

Respecto a la vegetación en el áreas de influencia del proyecto, se identificaron dos formaciones vegetacionales: Matorral y Sin Vegetación. En la formación Matorral, se diferenciaron 9 unidades vegetacionales, las cuales están dominadas por las especies *Atriplex imbricata* y *Tessaria absinthioides*, las cuales se encuentran acompañadas por individuos de *Cortadeira atacamensis*, *Baccharis scandens*, *Prosopis alba* y *Geoffroea decorticans*. La caracterización general de las unidades identificadas se muestran en el Cuadro 4.2.2-3

CUADRO 4.2.2-3
UNIDADES VEGETACIONALES

Formación	Unidad Vegetacional	Especies Dominantes	Descripción	% Superficie (ha)
Matorral	1	Matorral de <i>Atriplex imbricata</i> y <i>Tessaria absinthioides</i> , que en su sector sur codomina con <i>Acantholippia deserticola</i> y <i>Atriplex atacamensis</i> . En los sectores más secos de la unidad domina <i>A. imbricata</i> , mientras <i>T. absinthioides</i> en sectores más cercanos al curso de agua acompañada por <i>Cortaderia atacamensis</i> y <i>Baccharis scandens</i> . Esta estrata tiene una cobertura y alturas menores a 1,5 m. La estrata herbácea es dominada por <i>Distichlis spicata</i> en forma de manchones e individuos aislados, con cobertura inferior a 1%	LB1	13,3
	2	Unidad arbustiva asociada a fondo de quebrada dominada por <i>A. imbricata</i> con cobertura muy escasa y alturas inferiores a 1,5 m. No se registró estrata herbácea.	LB1	6,5
	3	Unidad arbustiva con dominancia de <i>A. imbricata</i> . La unidad tiene cobertura escasa. No se registró estrata herbácea	LB2	0,4
	4	Unidad dominada por una estrata arbustiva muy clara de <i>Atriplex imbricata</i> acompañada por individuos aislados de <i>Prosopis alba</i> y <i>Geoffroea decorticans</i> con cobertura muy escasa. No hay registros de vegetación herbácea.	LA1, LB3	1,4
	5	Matorral de <i>T. absinthioides</i> acompañado por <i>A. imbricata</i> , e individuos de <i>P. chilensis</i>	LB5	2,2

**CUADRO 4.2.2-3
UNIDADES VEGETACIONALES**

Formación	Unidad Vegetacional	Especies Dominantes	Descripción	% Superficie (ha)
		y <i>G. decorticans</i> . La unidad posee una cobertura poco densa y alturas menores a 1,5 m. No hay registro de estrata herbácea.		
	6	<i>Matorral dominado T. absinthioides y acompañado por A. imbricata, G. decorticans y P. chilensis. T. absinthioides se concentra en los sectores más cercanos al cauce de agua, mientras la estrata arbórea se concentra en el borde de la unidad y la ladera del cerro oriente. La cobertura de la estrata arbustiva es poco densa y mide menos de 1,3 m. La estrata arbórea posee coberturas poco densa, y alturas menores a 5 m.</i>	LA1, LB5	2,8
	7	Unidad vegetacional dominada por <i>T. absinthioides</i> , acompañada por individuos de <i>C. atacamensis</i> y <i>A. imbricata</i> , con cobertura muy clara y alturas menores a 2 m. Individuos de <i>Distichlis spicata</i> con cobertura menor a 1%. En la zona norte hay individuos aislados de <i>G. decorticans</i> asociados a la orilla de la ladera.	LB3	3,4
	8	Matorral de <i>A. imbricata</i> acompañado por <i>T. absinthioides</i> con cobertura clara y alturas menores a 1,5 m. Esta estrata está acompañada por individuos aislados de <i>G. decorticans</i> asociados a las orillas de la ladera de cerro. No se registra estrata herbácea	LB4	0,7
	9	Unidad vegetacional dominada por <i>A. imbricata</i> y subdominada por <i>T. absinthioides</i> con cobertura clara y alturas inferiores a 1,5 m. No se registra estrata herbácea	LB4	0,9
Sin Vegetación	Sin vegetación	<i>Unidades con presencia de ejemplares aislados de A. imbricata, Hoffmanseggia minor y Cistanthe sp. con coberturas menores a 1%.</i>	-	242,2

Fuente: Elaboración propia.

Flora

En el área de estudio se muestrearon e identificaron un total de 27 especies, agrupadas en 13 familias (Cuadro 4.2.2-4). La composición florística se basa en cuatro tipos de hábitos, correspondientes a arbustivo, arbóreo herbáceo y suculento. El primero de estos hábitos es dominante en la cantidad de especies observadas, con una representación del 59,3 % del total de especies.

En relación al origen de las especies observadas, sólo 2 de ellas son endémicas del país, mientras que las restantes 25 son de origen nativo.

CUADRO 4.2.2-4
LISTADO DE LA FLORA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Nº	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Hábito	Categoría	Documento
1	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Atriplex acacamensis</i>	Pillalla	Nativo	Arbustivo	-	-
2	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Atriplex imbricata</i>	Ojalar	Nativo	Arbustivo	-	-
3	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Sarcocornia andina</i>	-	Nativo	Suculento	-	-
4	<i>Asteraceae</i>	<i>Ambrosia artemisoides</i>	-	Nativo	Arbustivo	-	-
5	<i>Asteraceae</i>	<i>Baccharis juncea</i>	Suncho	Nativo	Arbustivo	-	-
6	<i>Asteraceae</i>	<i>Baccharis scandens</i>	Chilca	Nativo	Arbustivo	-	-
7	<i>Asteraceae</i>	<i>Helogyne macrogyne</i>	-	Nativo	Arbustivo	-	-
8	<i>Asteraceae</i>	<i>Tessaria absinthioides</i>	Brea	Nativo	Arbustivo	-	-
9	<i>Asteraceae</i>	<i>Trichocline caulescens</i>	-	Nativo	Herbáceo	-	-
10	<i>Boraginaceae</i>	<i>Tiquilia atacamensis</i>	Calpiche	Endémica	Arbustivo	-	-
11	<i>Brassicaceae</i>	<i>Neuontobotrys tarapacana</i>	-	Nativo	Arbustivo	-	-
12	<i>Cactaceae</i>	<i>Maihuniopsis boliviana</i>	Puskayu	Nativo	Suculento	-	-
13	<i>Cyperaceae</i>	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Totora	Nativo	Herbáceo	-	-
14	<i>Ephedraceae</i>	<i>Ephedra breana</i>	Pingo Pingo	Nativo	Arbustivo	-	-
15	<i>Fabaceae</i>	<i>Adesmia rahameri</i>	-	Nativo	Arbustivo	-	-
16	<i>Fabaceae</i>	<i>Geoffrea decorticans</i>	Chañar	Nativo	Arbóreo	-	D.S. N°68/2009 MINAGRI

**CUADRO 4.2.2-4
LISTADO DE LA FLORA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

Nº	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Hábito	Categoría	Documento
17	<i>Fabaceae</i>	<i>Hoffmannseggia minor</i>	-	Nativo	Arbustivo	-	-
18	<i>Fabaceae</i>	<i>Prosopis alba</i>	Algarrobo blanco	Nativo	Arbóreo	Vulnerable	Benoit, 1989 D.S. N°68/2009 MINAGRI
19	<i>Malvaceae</i>	<i>Cristaria gracilis</i>	Malvilla	Nativo	Arbustivo	-	-
20	<i>Poaceae</i>	<i>Cortadeira atacamensis</i>	Cola de zorro	Nativo	Arbustivo	-	-
21	<i>Poaceae</i>	<i>Distichlis spicata</i>	Gramma salada	Nativo	Herbáceo	-	-
22	<i>Portulacaceae</i>	<i>Cistanthe amaranthoides</i>	-	Nativo	Suculento	-	-
23	<i>Portulacaceae</i>	<i>Cistanthe celosoides</i>	Griasal	Endémica	Suculento	-	-
24	<i>Solanaceae</i>	<i>Exodeconus pusillus</i>	-	Nativo	Herbáceo	-	-
25	<i>Solanaceae</i>	<i>Reyesia chilensis</i>	-	Nativo	Arbustivo	-	-
26	<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum chilense</i>	Tomatillo	Nativo	Arbustivo	-	-
27	<i>Verbenaceae</i>	<i>Acantholippia deserticola</i>	Rica rica	Nativo	Arbustivo	-	-

Fuente: Elaboración propia.

De las especies observadas, sólo una se encuentra listada en los documentos citados en el punto 4.3, referente a los estados de conservación de las especies de flora chilena. Esta corresponde a *Prosopis alba*, considerado Vulnerable según el Libro Rojo de la Flora Chilena (Benoit, 1989).

Las especies *Geoffroea decorticans* y *P. alba* se encuentran citadas en el D.S. N° 68/2009 MINAGRI, que contiene las especies nativas del país.

Cabe señalar que en el área destinada a la construcción de los túneles de captación de agua, sólo se observaron las especies: *Atriplex imbricata*, *Baccharis scandens*, *Tessaria absinthioides*, *Cortaderia atacamensis*, *Distichlis spicata* y *Prosopis alba*.

4.2.2.5. Conclusiones y Definición de Sensibilidad Ambiental

La vegetación del área de influencia del Proyecto se encuentra compuesta por dos formaciones vegetacionales distintas, correspondientes a Matorral y Sin Vegetación. Las especies dominantes en las unidades son *Atriplex imbricata* y *Tessaria absinthioides* y en menor medida *Baccharis*

scandens, *Prosopis alba* y *Geoffroea decorticans*. De la superficie proyectada a embalsar, el 88,5 % del área se encuentra Sin Vegetación, mientras que el restante 11,5 % se encuentra cubierto por la formación vegetacional de Matorral. Por su parte, el área proyectada para la construcción del túnel de captación de aguas se encuentra inmersa en una formación de Matorral, en la cual dominan las mismas especies que en el matorral del área de embalse.

En relación a la composición florística, se registraron 27 especies, agrupadas en 13 familias. En relación al origen de las especies observadas, 2 de ellas son endémicas del país, mientras que las restantes son de origen nativo. La mayor parte de la flora registrada corresponde a especies de hábito arbustivo (59,3 % del total).

Solo la especie arbórea *Prosopis alba* se encuentra en categoría de conservación, siendo está considerada como Vulnerable según lo establecido en el Libro Rojo de la Flora Chilena (Benoit, 1989). Adicionalmente se observaron dos especies que se encuentran consideradas en el listado de especies nativas del país (D.S. N° 68/2009 MINAGRI), estas corresponden a *Geoffroea decorticans* y *Prosopis alba*. Considerando estos antecedentes, cualquier intervención que involucre a estas especies deberá llevar asociado un plan de manejo.

Finalmente, la Sensibilidad Ambiental de este componente para esta Alternativa, se muestra en el Cuadro 4.2.2-5.

CUADRO 4.2.2-5
SENSIBILIDAD AMBIENTAL FLORA Y VEGETACIÓN TERRESTRE

FE	Justificación	N	Justificación	IE	V	Justificación	S
5	Abundante presencia de especies nativas, (2 endémicas)	5	Entorno natural y formaciones vegetales bien conservadas	5	3	Sólo una especie con problemas de conservación	4

Nota: FE (Función ecológica), N (Naturalidad), IE (Importancia Ecológica), V (Vulnerabilidad), S (Sensibilidad)
Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Fauna Terrestre

4.2.3.1. Antecedentes Generales

El presente componente ha sido descrito por ICNOVA ING, consultores en biota terrestre y acuática. En base a información existente y reconocimiento en terreno, se caracterizó la fauna terrestre presente en el área de influencia del proyecto, considerando las alternativas inicialmente propuestas. La campaña de terreno se realizó durante mayo de 2013. El informe original presentado por ICNOVA ING se adjunta como Anexo EAA-3. En él se incluye los contenidos detallados.

4.2.3.2. Área de Influencia

El área de influencia directa está conformada por las zonas del muro, zonas inundación, zonas de empréstito, zonas de ubicación de las obras de trasvase y conducción (tuberías y túneles) y los tramos correspondientes de los ríos Salado y Grande.

No se considera área de influencia indirecta en este componente.

4.2.3.3. Metodología

Revisión Bibliográfica

Se levantó información sobre fauna terrestre asociada al área de estudio y otros sistemas similares en la Región de Antofagasta. La búsqueda se basó en diferentes estudios y publicaciones relacionados con la Ecología y conservación de especies en esta área geográfica. Algunas de las fuentes revisadas son:

- Listado de Especies Amenazadas (Ministerio del Medio Ambiente, sitio web, 2012). En el él se indica el listado de las especies amenazadas presentes en Chile con su correspondiente estado de Conservación.
- Araya, B y G. Millie. 1988. Guía de campo de las Aves de Chile. Editorial Universitaria, Santiago.
- Araya, B., M. Bernal, R. Schlatter y M. Sallaberry. 1995. Lista patrón de las aves chilenas. Tercera edición, Santiago. 35 pp.
- Goodall, J.D., A.W. Johnson y R.A. Philippi. 1946, 1951. Las Aves de Chile. Vol. I y II. Platt Establecimientos Gráficos S.A., Buenos Aires.
- Jaramillo, A. 2005. Aves de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 240 pp.
- Iriarte, A. 2008. Mamíferos de Chile. Lynx Edicions. Barcelona, España. 420 pp.
- Muñoz - Pedreros y J. Yáñez. 2000. Mamíferos de Chile. CEA ediciones. Valdivia, Chile. 464 pp.
- Mella, J. 2005. Guía de Campo Reptiles de Chile: zona central. Ediciones del Centro de Ecología Aplicada Ltda. 147 pp.
- Núñez, H., V. Maldonado y R. Pérez. 1997. Reunión de trabajo con especialistas en herpetología para categorización de especies según estado de conservación. Noticiario Mensual del Museo Nacional de Historia Natural de Chile 329: 12-19.
- Pincheira-Donoso, D. y H. Núñez. 2005. Las especies chilenas del género *Liolaemus* Wiegmann. 1834 (Iguania: Tropiduridae: Liolaeminae). Taxonomía, sistemática y evolución. Publicación Ocasional, Museo Nacional de Historia Natural de Chile 59: 486 pp.

- Veloso, A. y J. Navarro. 1988. Lista sistemática y distribución geográfica de Anfibios y Reptiles de Chile. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino 6: 481-539.
- Vidal, M. y A. Labra. 2008. Herpetología de Chile. Editorial Science Verlage, Santiago de Chile. 600 pp.
- Donoso-Barros, R. 1966. Reptiles de Chile. Ediciones Universidad de Chile. Santiago.

Levantamiento de información en terreno

La metodología usada para determinar la fauna presente en el área de estudio, fue particular para cada clase de animales. No se realizó captura de animales para el muestreo. A continuación se describe el método de trabajo aplicado en cada caso.

a. Aves

Se realizaron transectos de observación, registrando a simple vista y mediante binoculares todas las especies. Los transectos fueron de largo variable y de 25 m de ancho a cada lado.

b. Herpetozoos

Para detectar la presencia de herpetozoos se realizó búsqueda en los ambientes frecuentados por estos animales. El objetivo en cada sitio fue realizar un inventario completo de especies. Las técnicas de muestreo comprendieron la realización de búsquedas activas durante el día, las cuales se efectuaron en transectos de largo variable por 10 m de ancho. La identificación de especies se realizó en el lugar o mediante registro fotográfico.

c. Mamíferos

Los mamíferos presentes en el área se determinaron mediante observación directa e indirecta (registro de huellas, heces, madrigueras, entre otros). Para el caso de los micro - mamíferos se realizaron capturas mediante trampas Sherman en dos puntos (Ver Imagen 2) durante una noche

4.2.3.4. Resultados

Levantamiento de información bibliográfica

De acuerdo a la revisión y recopilación de información sobre fauna terrestre en el área de estudio, se confeccionó un listado de especies potenciales, el cuál fue completado según las observaciones hechas en terreno y se presenta en el Anexo EAA-3. En esta se observa la presencia potencial de 51 especies, de las cuales 4 son de origen endémico (todos reptiles), mientras que las restantes son nativas. Del total, 38 corresponden a aves, 6 herpetozoos (5 reptiles y 1 anfibio), y 7 mamíferos.

De las especies potenciales, 13 de ellas se encuentran en categoría de conservación (3 aves, 6 herpetozoos y 4 mamíferos) destacando la Vizcacha categorizada En Peligro de extinción, según el D.S. N° 5/1998 MINAGRI.

Levantamiento de información en terreno

En la campaña de terreno se pudo observar la presencia de 13 especies animales. En general tanto la diversidad como la abundancia de individuos son bajas, lo cual es acorde a la zona desértica en la cual se enmarca el área de estudio.

a. AVES

Las aves se encuentran representadas por 10 especies, agrupadas en 7 familias. De éstas, el 100 % corresponde a especies nativas y ninguna de ellas se encuentra en categoría de conservación. Las especies identificadas en terreno se presentan en el Cuadro 4.2.3-1.

CUADRO 4.2.3-1.
ESPECIES DE AVES IDENTIFICADAS EN TERRENO

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Categoría	Documento
Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Aguilucho	Nativo		
Columbidae	<i>Metriopelia aymara</i>	Tortolita de la puna	Nativo		
Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Chincol	Nativo		
Falconidae	<i>Phalco boenus magelopterus</i>	Carancho cordillerano	Nativo		
Furnariidae	<i>Cinclodes atacamensis</i>	Churrete de alas blancas	Nativo		
Thraupidae	<i>Sicalis auriventris</i>	Chirihue dorado	Nativo		
Thraupidae	<i>Sicalis olivascens</i>	Chirihue verdoso	Nativo		
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola maculirostris</i>	Dormilona chica	Nativo		
Tyrannidae	<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	Dormilona de nuca rojiza	Nativo		
Tyrannidae	<i>Agriornis montana</i>	Mero gaucho	Nativo		

Fuente: Elaboración propia.

b. HERPETOZOOS

En cuanto a los herpetozoos, en el área de estudio se observó la presencia de la especie *Rhinella spinulosa* (Sapo espinoso), categorizada como con Preocupación Menor según el D.S. N° 41/2012 MMA.

c. MAMIFEROS

Los registros de mamíferos corresponden a observaciones indirectas de Zorro Culpeo (*Lycalopex culpaeus*), mediante el registro de fecas y huellas. Esta especie está clasificada con Preocupación menor, según el D.S. N° 33/2012 MMA. A esto se suma el resultado del trapeo de micro mamíferos, mediante el cual se determinó la presencia de la especie Ratón orejudo amarillento (*Phyllotis xanthopygus*), la que no se encuentra en categoría de conservación.

4.2.3.5. Conclusiones y Definición de Sensibilidad Ambiental

El lugar en donde se emplaza el área de estudio corresponde a una zona desértica en la cual la vegetación está estrictamente asociada al curso del río, por lo cual la mayor parte del área proyectada para la construcción del embalse está desprovista de vegetación. Además se pudo observar animales domésticos como burros y chanchos, lo que contribuye a la disminución de la diversidad de animales nativos.

La revisión bibliográfica de fauna del lugar dio como resultado la presencia potencial de 51 especies, de las cuales 38 corresponden a aves, 6 herpetozoos (5 reptiles y un anfibio), y 7 especies de mamíferos. Las especies potenciales son todas de origen nativo, destacando 4 de ellas que son endémicas (todas reptiles del género *Liolaemus*).

Durante la campaña de terreno se observaron 13 especies, todas ellas identificadas como potenciales para la zona. Todas las especies son de origen nativo. Sólo 2 se encuentran en categoría de conservación, el sapo espinoso (*Rhinella spinulosa*) y el Zorro Culpeo (*Lycalopex culpaeus*), ambos con Preocupación menor según los D.S N° 41 y 33 /2012 del MMA.

En la etapa de ejecución del proyecto, se deberá contemplar la aplicación de medidas ambientales para las especies en categoría, como planes de rescate y relocalización de individuos de *Rhinella spinulosa* y medidas de protección del Zorro Culpeo (*Lycalopex culpaeus*)

Finalmente, la Sensibilidad Ambiental del componente para esta alternativa quedó como se muestra en el Cuadro 4.2.3-2

CUADRO 4.2.3-2
SENSIBILIDAD AMBIENTAL FAUNA TERRESTRE

FE	Justificación	N	Justificación	IE	V	Justificación	S
4	En general hay baja riqueza de especies.	5	Entorno natural bien conservado con formaciones nativas.	4.5	3.5	Existen dos especies con problemas de conservación pero ambas son de preocupación menor.	4

Nota: FE (Función ecológica), N (Naturalidad), IE (Importancia Ecológica), V (Vulnerabilidad), S (Sensibilidad)
Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Flora y Fauna Acuática

4.2.4.1. Antecedentes Generales

El presente componente ha sido descrito por ICNOVA ING, consultores en biota terrestre y acuática. En base a información existente y reconocimiento en terreno, se caracterizó la flora y fauna acuática presente en el área de influencia del proyecto, considerando las alternativas inicialmente propuestas. La campaña de terreno se realizó durante mayo de 2013. El informe original presentado por ICNOVA ING se adjunta como Anexo EAA-4. En él se incluye los contenidos detallados.

4.2.4.2. Área de Influencia

El área de influencia directa está conformada por las zonas del muro, zonas inundación, zonas de empréstito, zonas de ubicación de las obras de trasvase y conducción (tuberías y túneles) y los tramos correspondientes de los ríos Salado y Grande.

No se considera área de influencia indirecta en este componente.

4.2.4.3. Metodología

Revisión Bibliográfica

Se levantó información sobre flora y fauna acuática asociada al área de estudio y ecosistemas similares en la Región de Antofagasta. La búsqueda se basó en publicaciones de carácter nacional e internacional, libros de Limnología de Chile y documentos técnicos. La recopilación se centró en la presencia de especies con problemas de conservación, de acuerdo a los listados oficiales. Algunas de las fuentes revisadas son:

- Arratia, G. 1981. Géneros de peces de aguas continentales de Chile. Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile: 34: 1-108
- DGA. Dirección General de Aguas. 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca Salar de Atacama. Diciembre, 2004. CADE-IDEPE. 77 pp.
- Illies, J. 1961. Versucheiner allgemeinen biozonotischen Gliederung der Fliesgewasser. Int. Rev. ges. Hydrobiol., 46, 205–213.
- Ramírez, C. & C. San Martín. 2006. Diversidad de macrófitos chilenos. En “Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile”.
- I Vila, A Veloso, R Schlatter, C Ramírez (eds.). Editorial Universitaria, Santiago de Chile.

Resultados Levantamiento en Terreno

Se levantó información sobre el hábitat físico, variables físico-químicas del agua, y riqueza, diversidad y abundancia de especies de flora acuática, peces y anfibios, en siete estaciones de muestreo (Cuadro 4.2.4-1, Figura 4.2.4-1).

CUADRO 4.2.4-1
ESTACIONES DE MUESTREO

ID	Nombre	Coordenadas UTM WGS 84 Huso 19	
		Este	Norte
E1	Aguas arriba 3	580.844	7.487.626
E2	Aguas arriba 2	580.423	7.485.573

E3	Aguas arriba 1	581.929	7.483.079
E4	Aguas abajo 1	582.700	7.479.333
E5	Aguas abajo 2	581.754	7.478.887
E6	Aguas abajo 3	582.074	7.475.618
E7	Túnel	579.238	7.487.080

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 4.2.4-1
UBICACIÓN GENERAL DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

**CUADRO 4.2.4-2
METODOLOGÍA PARA CARACTERIZACIÓN DE HÁBITAT
Y FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA**

Tipo	Variable	Metodología
Hábitat físico	Clasificación general	Clasificación del tipo de sistema (crenón, epiritrón, metapotamón, etc.), según Illies (1961).
	Observaciones generales	Tipo de cauce, porcentaje de sombra, etc.
	Tipo de cauce	Recto, con meandros, zonas de apozamiento, sinuoso, etc.
	Ancho mojado y ancho del cauce	Se midió en 3 puntos en un tramo perpendicular al cauce.
	Velocidad de escurrimiento	Se tomaron tres mediciones de la velocidad del cauce. Las mediciones de interés fueron: velocidad máxima y media
	Profundidad	Se utilizó una barra graduada en mm para la medición de cinco profundidades. Las variables de interés son profundidad máxima y media.
	Tipo de sustratos	Se utilizó la escala de Wentworth para la caracterización cualitativa de los sustratos (limo, arcilla, arena, clastos, rocas, etc.)
	Porcentaje de cobertura vegetación acuática	Cobertura de vegetación de plantas acuáticas en el cauce.
	Otras observaciones	Caracterización de la condición meteorológica, uso del entorno y presencia de basuras o contaminantes. Color del cauce, espumas no naturales, sólidos flotantes visibles, etc.
Físico-Química del agua	pH	Medidor Hanna de pH / CE / TDS. Modelo HI 98130.
	Temperatura (°C)	Medidor Hanna de pH / CE / TDS. Modelo HI 98130.
	Conductividad eléctrica mS/cm)	Medidor Hanna de pH / CE / TDS. Modelo HI 98130.
	Sólidos Disueltos Totales (ppm)	Medidor Hanna de pH / CE / TDS. Modelo HI 98130.
	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Sonda Hanna, medidor de oxígeno disuelto. Modelo Oxycheck. HI 9147

Fuente: Elaboración propia

La flora acuática (definida como aquella que vive asociada exclusivamente al cuerpo de agua), se determinó a través de un muestreo de la totalidad de especies y porcentajes de cobertura. Junto con ello, se caracterizó la vegetación en la zona ripariana, que se definió como el área inundable en las crecidas periódicas. Se definieron transectos de ancho variable para cada una de las estructuras vegetacionales encontradas. Con esta metodología se obtuvieron las coberturas de las unidades vegetacionales acuáticas presentes y dominancia de la vegetación ripariana.

Las especies fueron identificadas y listadas en terreno. Sin embargo, todas aquellas plantas difíciles de identificar, fueron prensadas y llevadas a laboratorio para su posterior identificación bajo lupa estereoscópica. La flora se identificó utilizando las claves y descripciones de Teillier y col. (2005) y Ramírez & San Martín (2006).

El muestreo de peces se realizó mediante pesca eléctrica utilizando un equipo SAMU. El elemento de captura fue una red tipo chingullo o una red de arrastre de marco metálico rectangular que fijada al fondo del cauce con una malla de entre 10 y 30 mm de apertura. El muestreo se estandarizó por esfuerzo de captura (CPUE), considerando un tiempo de pesca de 60 minutos. Se recorrieron como mínimo 100 metros cuadrados de área por estación de muestreo. Los ejemplares fueron identificados mediante las claves y descripciones de Arratia (1981) y Ruiz & Marchant (2004). Las especies fueron clasificadas por categoría de conservación de acuerdo al D.S. N° 51/2008 del MINSEGPRES.

Previo al trabajo de terreno se tramitó y publicó el Permiso de Pesca de Investigación mediante la Subsecretaría de Pesca, y se dio oportuno aviso de la ejecución de la campaña de terreno al Servicio Nacional de Pesca de la Región de Antofagasta.

Para los anfibios se prospectaron ambientes propicios para la presencia de estos en las áreas de estudio. Se buscó individuos adultos, larvas o huevos. Los puntos de muestreo corresponden a las estaciones antes nombradas.

4.2.4.4. Resultados

Levantamiento de información bibliográfica

En el Cuadro 4.2.4-3 presenta el listado de especies potenciales de flora y fauna acuática presentes en el área de estudio, la cual fue confeccionada en base a la revisión y recopilación de información de biota acuática tanto en el sistema de estudio como en sistemas similares. En el Cuadro se observa la presencia potencial de 5 especies de flora acuática (todas nativas), y 4 especies de fauna acuática (3 de ellas introducidas).

CUADRO 4.2.4-3.
LISTADO POTENCIAL DE ESPECIES DE FLORA Y FAUNA ACUÁTICA EN EL
ÁREA DE ESTUDIO

FLORA ACUÁTICA			
Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen
Ruppiaceae	<i>Ruppia marítima</i>	-	Nativo
Characeae	<i>Characea sp.</i>	Pino de agua	Nativo
Azollaceae	<i>Azolla sp.</i>	Helecho de agua	Nativo
Chaetophoraceae	<i>Stigeoclonium sp.</i>	Lama verde delgada	Nativo
Zygnemataceae	<i>Spirogira sp.</i>	Lama delgada azul verdosa	Nativo
FAUNA ACUÁTICA			
Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen
Atherinopsidae	<i>Basilichthys semitilus</i>	Pejerrey del Loa	Nativo
Poeciliidae	<i>Gambusia affinis</i>	Pez mosquito	Alóctono
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Trucha café	Alóctono
Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arcoíris	Alóctono

Fuente: Elaboración propia

Hábitat y variables físico-químicas del agua

El Cuadro 4.2.4-4 resume los parámetros fisicoquímicos registrados para las estaciones de muestreo durante la campaña de terreno. El cauce del Río San Pedro presenta una intervención humana actual baja, sin embargo en la zona se observan signos de antiguos asentamientos en el lugar, principalmente en las cercanías de las estaciones E1 y E2. Además en las estaciones E3, E5 y E6 se observaron caminos que atraviesan el río. No se observó presencia de agentes no naturales (basuras, escombros, combustibles) en las estaciones de muestreo.

CUADRO 4.2.4-4
RESULTADOS HABITAT Y FISICO-QUÍMICA DEL AGUA

Variables	Estaciones de muestreo						
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Tipo de cauce	Recto	Recto	Recto	Recto	Recto con varios cursos	Recto	Recto
Altitud (msnm)	2.880	2.803	2.705	2.631	2.604	2.568	2.877
Velocidad media cauce (m/s)	1,45	1,05	1,2	1,5	0,49	1,26	1,2
Profundidad media (cm)	50	40	55	60	5	45	25
Profundidad máx. (cm)	60	45	80	80	8	55	35
Ancho cauce (m)	3	5	3,5	2 - 3	9	4	3
Sustrato dominante	Clastos medianos y Arena	Clastos medianos, grava y arena	Clastos medianos	Clastos medianos y arena	Arena y gravilla	Gravilla y clastos pequeños	Clastos medianos y arena
Color	Café	Café	Café	Café	Transparente	Café	Café
Turbiedad	Alta	Alta	Alta	Alta	Baja	Alta	Alta
Sólidos flotantes	No	No	No	No	No	No	No
Espumas no naturales	No	No	No	No	No	No	No
Petróleo o HC	No	No	No	No	No	No	No
pH	8,46	8,42	8,48	8,52	8,23	8,41	8,4
Conductividad (mS/cm)	1,69	2,00	2,15	2,09	7,61	2,45	6,56
SDT (partes por trillón)	0,84	1,00	1,07	1,04	3,8	1,22	3,26
Temperatura (°C)	12,3	12,6	14,7	14,8	22,3	15,5	14,2
Tiempo meteorológico	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado	Despejado
Hora muestreo	14:30	16:00	17:25	16:00	15:30	10:00	16:00
Uso del entorno	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural

CUADRO 4.2.4-4 RESULTADOS HABITAT Y FISICO-QUÍMICA DEL AGUA

Variables	Estaciones de muestreo						
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Alteración de hábitat	-	Antigua mina, cercana a estación de muestreo.	Camino que atraviesa el río y casa cercana.	-	Camino que atraviesa el río.	Caminos que atraviesan el río.	-

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.5. Flora acuática

En las siete estaciones de muestreo no se detectó la presencia de macrófitas. Posiblemente la alta salinidad del cauce pueda influenciar en ello. Sólo se observó vegetación terrestre asociada a los bordes del cauce principalmente por parte de las especies *Baccharis juncea*, *Tessaria absinthioides* y *Cortaderia atacamensis*.

4.2.4.6. Fauna acuática

En ninguna de las estaciones de muestreo se obtuvo resultado de las labores de pesca eléctrica. Sólo en la estación E5 se observó la presencia de individuos post metamórficos de la especie de anfibio *Rhinella spinulosa*.

4.2.4.7. Conclusiones y Definición de Sensibilidad Ambiental

En base a los resultados que se obtuvieron se concluye que el cauce del Río San Pedro se encuentra dentro de los parámetros normales esperados para un sistema limnológico de la zona. A lo largo de su curso el río presenta un ancho relativamente constante, de igual forma la profundidad y velocidad de escurrimiento.

La mayor variación se observa en los altos valores de conductividad eléctrica observados en el curso afluente los que triplican aproximadamente los valores del curso principal.

El muestreo de biota acuática dio como resultado la ausencia de macrófitas en todas las estaciones de muestreo. Sólo se observaron algunas especies de plantas terrestres asociadas a los bordes del curso de agua, principalmente *Cortadeira atacamensis*, *Baccharis juncea* y *Tessaria absinthioides*. Estas especies se observaron en coberturas bajas menores al 30%.

En relación a la fauna, no se encontraron especies de peces en ninguna de las estaciones muestreadas. Sólo se observó la presencia de individuos post metamórficos de la especie *Rhinella spinulosa*, la cual se encuentra categorizada con Preocupación menor según el D.S. N° 41/2012 del MMA.

Considerando lo anterior se estima que el desarrollo del Proyecto no provocaría impactos significativos sobre la componente biota acuática presente en el área de estudio, si se mantienen las condiciones básicas como el caudal ecológico del río.

CUADRO 4.2.4-5
SENSIBILIDAD AMBIENTAL FLORA Y FAUNA ACUÁTICA

FE	Justificación	N	Justificación	IE	V	Justificación	S
3	En general hay baja riqueza de especies.	5	Entorno natural bien conservado con formaciones boscosas nativas	4	3	Solo existe una especie con problemas de conservación	3.5

Nota: FE (Función ecológica), N (Naturalidad), IE (Importancia Ecológica), V (Vulnerabilidad), S (Sensibilidad)
Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Biodiversidad

4.2.5.1. Antecedentes Generales

El componente de Biodiversidad se analiza desde la perspectiva de considerar el valor absoluto de los ecosistemas adyacentes o cercanos que constituyan sitios de particular importancia, los cuales han sido identificados por las estrategias o instrumentos que se indican a continuación.

4.2.5.2. Área de Influencia

El área de influencia directa está dada por el área de inundación del embalse de riego en el Río Salado, las conducciones o trasvases entre este y el Río Grande, el área de ubicación del embalse de control de crecidas y las tuberías de conducción de las aguas desde el embalse hasta la bocatoma del Canal San Pedro.

4.2.5.3. Metodología

Este componente se ha descrito a partir de revisión de información secundaria. Las fuentes consultadas fueron las siguientes:

- **Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas por el Estado (SNASPE).** Indica las zonas con protección oficial a lo largo del país en sus distintas categorías (Parques, Reservas, Monumentos Naturales).
- **Estrategia Nacional de Biodiversidad (CONAMA, 2003).** Identifica y prioriza los sitios de biodiversidad presentes en la región, proponiendo además un plan de acción para llevar a cabo una protección efectiva.

- **Catastro de Vegas y Bofedales (DGA, 1996).** La Resolución 909 del 1996 de la DGA, entrega el nombre, ubicación y delimitación de los acuíferos que alimentan vegas o bofedales de la Región de Tarapacá, y la ubicación de las mismas vegas y bofedales.
- **Localización de humedales (CONAMA, 2005).** En el año 2005 CONAMA realiza una recopilación y ordenamiento de la información respecto de la ubicación de humedales en todo el país. El resultado de dicho trabajo ha sido puesto a disposición del público a través del Sistema Nacional de Información Ambiental SINIA, administrado por el Ministerio del Medio Ambiente.
- **Sitios Ramsar.** Corresponde a la cartografía nacional de sitios Ramsar disponible a través del Sistema Nacional de Información Ambiental SINIA, administrado por el Ministerio del Medio Ambiente.

4.2.5.4. Resultados

En la comuna de San Pedro de Atacama, es posible identificar dos áreas protegidas: la Reserva Nacional Los Flamencos y el Santuario de la Naturaleza "Valle de la Luna y parte de la Sierra de Orbate". Parte de ambas áreas se encuentran ubicadas al sur poniente de las obras propuestas, a una distancia aproximada de 2 km de la última obra correspondiente a la descarga de la conducción de aguas salinas. Esto implica que no existe afectación producto de la potencial construcción de las obras contempladas en las diferentes alternativas. (Figura 4.2.5-1)

Como se puede apreciar en la Figura 4.2.5-1, diferente es el caso del sector alto de la Cuenca, en donde se encuentra propuesto el Embalse Río Salado (Riego) y el Túnel 2, ya que en ambos casos se encuentran ubicados sobre los acuíferos Cocha y San Bartolo respectivamente. Estos acuíferos y las vegas asociadas se encuentran protegidos por el Código de Aguas y que figuran en el listado actualizado por la Resolución DGA No.529 (2003).

Según la normativa vigente, cualquier intervención que se realice sobre estas áreas y que pueda generar alteraciones en su volumen, caudal o superficie, deberán ser sometidos a un Estudio de Impacto Ambiental. Esto obligaría de forma automática al ingreso al SEIA de cualquiera de las alternativas que contemplen tanto el Embalse Río Salado como el Túnel 2.

FIGURA 4.2.5-1 ÁREAS PROTEGIDAS O PRIORITARIAS

Fuente: Elaboración propia con base en información oficial del MMA.

4.2.5.1. Conclusiones y Definición de Sensibilidad Ambiental

En función de los resultados obtenidos, se debe señalar la necesidad de realizar estudios específicos de las áreas impactadas por las obras en las siguientes etapas, con el fin de determinar el impacto real sobre estos ecosistemas protegidos y analizar la viabilidad de cambiar la ubicación de las alternativas.

La Sensibilidad Ambiental de este componente ya se encuentra considerada en la evaluación de los componentes del medio biótico al incluir este aspecto como un criterio para la determinación de los factores que intervienen en la Sensibilidad. Por este motivo no se presenta cuadro específico para este punto.

4.3. MEDIO SOCIAL

4.3.1. Introducción

En el presente acápite se presentan antecedentes generales que permiten una breve caracterización de la comuna de San Pedro de Atacama, que corresponde al área administrativa en que se encuentra emplazado este estudio.

Junto con ello, se presentan los resultados de la caracterización del territorio en que se encuentran propuestas las obras de las diferentes alternativas de solución, los que se encuentran bajo la misma administración.

4.3.2. Antecedentes Demográficos y Socioeconómicos Comunales

4.3.2.1. Población

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Censo de Población y Vivienda del año 2002, la población en la comuna de San Pedro de Atacama alcanza 4.969 habitantes, lo que corresponde a un 1% del total de habitantes de la Región de Antofagasta. Además la población proyectada para el año 2012 alcanzaría los 9.778 habitantes, lo que representa un aumento de 96.78%, muy por encima de lo estimado para la situación a escala regional y nacional (Cuadro 4.3.2-1).

CUADRO 4.3.2-1
POBLACIÓN TOTAL 2002 Y PROYECTADA 2012
COMUNA SAN PEDRO DE ATACAMA

Territorio	Año 2002	Año 2012	Variación (%)
Comuna	4.969	9.778	96,78
Región de Antofagasta	493.984	588.130	19,06
País	15.116.435	17.398.632	15,10

Fuente: Censo INE 2002 y Proyecciones de Población (INE, 2002).

El Censo del año 1992 define a la comuna de San Pedro de Atacama como completamente rural, situación que cambió al año 2002, en la que se considera que un 39% del total de los habitantes son población urbana.

Por otra parte, de acuerdo con datos del INE es posible apreciar un proceso de migración entre los años 1997 al 2002, representada por un 38% de los habitantes que inmigraron a la comuna. Esta situación resulta más significativa para el distrito de San Pedro en donde el valor alcanza sobre el 40%, con 1.210 personas que provienen de otras comunas (PLADECO 2006 - 2010).

La fuente migratoria proviene principalmente de la misma región, con un porcentaje de participación respecto de los migrantes totales cercano al 45%. Un segundo componente de importancia lo constituyen extranjeros que se han radicado en la comuna, y persona provenientes de la Región Metropolitana, sumando ambos un 33% del total de inmigrantes.

Además existen 8 localidades en la comuna, las que se emplazan en torno a los recursos hídricos presentes en las diversas cuencas hidrográficas del Salar de atacama. Las localidades en cuestión corresponden a: San Pedro, Toconao, Peine, Socaire, Rio Grande, Talabre, Camar, Machuca. La localidad de San Pedro de Atacama es la capital comunal, concentrando el 65,7% de la población. Se divide en un área urbana donde se emplaza el centro histórico, los servicios públicos y privados esenciales; y un área rural que se estructura en Ayllus, asociaciones socioeconómicas agrícolas con lazos de parentesco.

4.3.2.2. Representación de Grupos Étnicos

Tal como lo muestra el Cuadro 4.3.2-2, la mayor parte de los habitantes de la Comuna de San Pedro de Atacama está representada por personas de ascendencia indígena, principalmente atacameña (72,58% del total, según la Encuesta CASEN 2009).

En términos generales, la población atacameña está asentada mayoritariamente entre los 2.000 y 3.600 metros de altitud. Esta población autóctona mantiene una tradición milenaria dentro de las culturas andinas, desarrollándose esencialmente en actividades agrícolas y de pastoreo.

CUADRO 4.3.2-2
POBLACIÓN SEGÚN ETNIA DECLARADA
COMUNA SAN PEDRO DE ATACAMA

Etnia	Cantidad de Personas			% según Territorio (2009)		
	2003	2006	2009	Comuna	Región	País
Atacameño	3.402	4.397	4.542	72,58	3,75	0,18
Aymara	18	20	119	1,9	0,72	0,57
Mapuche	3	41	25	0,4	0,59	5,96

**CUADRO 4.3.2-2
POBLACIÓN SEGÚN ETNIA DECLARADA
COMUNA SAN PEDRO DE ATACAMA**

Etnia	Cantidad de Personas			% según Territorio (2009)		
	2003	2006	2009	Comuna	Región	País
Rapanui	0	5	0	0	0	0,03
Otras	817	1.018	1.572	25,12	94,94	93,26
Total	4.240	5.481	6.258	100	100	100

Fuente: Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN).

4.3.2.3. Pobreza y Desarrollo Humano

La pobreza en Chile se define a partir de una canasta básica de alimentos, cuyo valor se actualiza según la evolución de los precios. Con ese valor se definen la línea de indigencia y la línea de pobreza (\$32.067 y \$ 64.134, respectivamente para CASEN 2009).

En este contexto, según cifras de la encuesta CASEN, la población pobre disminuyó desde el año 2003 al 2006, aumentando posteriormente el año 2009. Además se constató un leve aumento de la población en condición “pobre no indigente” al año 2009 en relación al año 2003 (Cuadro 4.3.2-3).

**CUADRO 4.3.2-3
POBLACIÓN SEGÚN POBREZA
COMUNA SAN PEDRO DE ATACAMA**

Pobreza en las Personas	2003	2006	2009	% según Territorio (2009)		
				Comuna	Región	País
Pobre Indigente	91	32	56	0,65	0,75	3,74
Pobre no Indigente	465	167	477	5,57	7,24	11,38
No Pobre	3.684	5.282	8.028	93,77	92,01	84,88
Total	4.240	5.481	8.561	100	100	100

Fuente: Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN).

En cuanto a la indigencia a nivel comunal registrada para el año 2009, los índices muestran que el 0.65% de la población cabe dentro de esta categoría, valor que es inferior a la condición regional y nacional para ese año, los que alcanzaban un 0,75% y un 3,74% respectivamente.

De acuerdo a la última estimación del Índice de Desarrollo Humano (IDH) elaborado por el PNUD, la II región se ubica entre las cuatro mejores, después de la región Metropolitana, Magallanes y Tarapacá. En tanto el IDH comunal, sitúa a la comuna de San Pedro de Atacama en el lugar 146 en un ranking de 191 comunas, de las cuales Antofagasta se sitúa en el puesto 23, Calama 37, Tocopilla 64 y Taltal 131.

4.3.2.4. Actividades Económicas y Empleo

Con respecto al empleo, de acuerdo a los resultados del censo 2002, la fuerza de trabajo comunal a ese año era de 2.319 personas, llegando la tasa de participación al 58,5%. Dentro de este grupo, la tasa de desocupación alcanzaba 8,4%, siendo mayor en hombres que en mujeres.

Según el PLADECO Agrícola 2011-2015, en el año 1992 la agricultura y la ganadería se consideraban las principales actividades económicas en la comuna, seguidas por la industria manufacturera. Esta situación ha ido cambiando a la fecha, reduciéndose drásticamente ambas actividades un 18% y 16%, respectivamente, dando paso a las actividades de construcción que aumentó 9%, hoteles y restaurantes 10%, inmobiliarias 8% y, en menor medida el comercio. Esta situación es posible comprender por la importancia que la actividad turística ha adquirido en la zona, impulsando el aumento de empresas que prestan servicios turísticos como hoteles y restaurantes, los cuales aumentaron entre el año 2003 al 2009 de 67 a 106 empresas registradas en el Servicio de Impuestos Internos.

La minería es otra actividad de importancia en la economía del sector, constituida principalmente por la explotación de litio, sodio, bórax y potasio en faenas mineras emplazadas en los sectores cercanos a Toconao y Peine.

En el sector silvoagropecuario, de acuerdo a los antecedentes aportados por el Censo Agropecuario del año 2007, existe una mayor presencia de hombre que desarrollan actividades remuneradas en forma permanente, condición que es posible observar tanto a nivel regional y país.

4.3.3. Condiciones De Vida De La Población

4.3.3.1. Educación

En la comuna de San Pedro de Atacama el 87,8% de la población se encuentra alfabetizada, presentándose una tasa de analfabetismo que según las encuestas CASEN 2000 y 2003, se encuentra 8,2 puntos por sobre el promedio de la región, 7,2 sobre la provincia y 5,4 puntos sobre la nacional. Estas cifras resultan de importancia en especial en el caso de las mujeres, quienes alcanzan una tasa de analfabetismo del orden de los 13 puntos.

Parte importante de la población (18%) se encuentra en un nivel de escolaridad básico incompleto, cifra superior a la realidad regional y nacional, presentándose más del 50% de la población con un nivel de escolaridad que no alcanza a completar la enseñanza media. Respecto de la dependencia de los establecimientos educacionales presentes en la comuna de San Pedro de Atacama, se destaca sólo la presencia de 9 establecimientos municipales, sin contar con establecimientos particulares subvencionados, particulares pagados o establecimientos vinculados a una corporación municipal o particular.

4.3.3.2. Salud

La red de salud está compuesta por un centro de salud ambulatorio, el cual cuenta con el reconocimiento del Ministerio de Salud bajo el nombre Consultorio General Rural de San Pedro de Atacama (PLADECO 2006 - 2010); y cuatro postas rurales en las localidades de Toconao, Socaire,

Peine y Río Grande. En las localidades en donde no se presentan postas rurales, como Talabre y Cámar, se implementan Estaciones Médico Rurales.

4.3.3.3. Vivienda

En general en la comuna se presenta un alto porcentaje de viviendas que han sido pagadas (65.84%), las que junto al número de viviendas cedidas constituyen aproximadamente un 81,27% del total, constituyéndose un alto porcentaje en comparación de la realidad nacional que alcanza sólo un 69,34% según antecedentes de la encuesta CASEN 2009 .

4.3.4. Evaluación de la Sensibilidad Componente Asentamientos Humanos

4.3.4.1. Infraestructura y Población

El objetivo de esta componente es evaluar la vulnerabilidad de variables de equipamiento comunitario, infraestructura habitacional y la población que habita el área de inundación.

Metodología

Se analizó la información disponible en las instituciones pertinentes para conocer la propiedad de la tierra e identificar la potencial propiedad de los terrenos en que se proyectan las obras.

Conjuntamente, se realizó una revisión en terreno del área de estudio, es decir, toda el área potencial de ubicación de obras para cada una de las alternativas, utilizando un dispositivo GPS para registrar la ubicación de la infraestructura presente en el área y en conjunto con el registro fotográfico.

Resultados

Los resultados del trabajo administrativo y de terreno, se presentan clasificados según las variables utilizadas para evaluar la sensibilidad del componente:

- **Cantidad de Predios (unidades productivas):** En el área de estudio, tanto en el área correspondiente al río Salado como al río Grande, actualmente no existen unidades productivas de ningún tipo. La propiedad de estos terrenos, según informa CONADI y el Ministerio de Bienes Nacionales, pertenece a estos últimos.
- **Cantidad de viviendas, aldeas o caseríos en el área de inundación:** en la zona en estudio no existe tipo alguno de infraestructura habitacional, corresponde a terrenos completamente deshabitados.
- **Cantidad de habitantes en la zona de inundación.** Tal como se menciona en el punto anterior, actualmente no existen habitantes en el área en que se proyectan las obras de las diferentes alternativas planteadas como soluciones potenciales.
- **Construcciones o infraestructura (diferente a casas/viviendas) presentes en el área de inundación:** en el área de influencia de las obras de mejoramiento no existe infraestructura actual en uso de tipo alguno.

CUADRO 4.3.4-1.
SENSIBILIDAD DE "INFRAESTRUCTURA Y POBLACIÓN"

C1	C2	C3	C4	S
1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.2. Ocupación Ancestral del Territorio

El objetivo de esta componente es evaluar la vulnerabilidad de las variables relacionadas con el uso y la ocupación ancestral del territorio, considerando usos de todo tipo: religiosos, tradicionales, productivos, etc. analizando su valor como uso del espacio geográfico.

Metodología

Se analizó la información disponible en las instituciones pertinentes para conocer la propiedad de la tierra e identificar la potencial propiedad de los terrenos en que se proyectan las obras. Conjuntamente, se realizó una revisión en terreno del área de estudio, es decir, toda el área potencial de ubicación de obras para cada una de las alternativas, utilizando un dispositivo GPS para registrar la ubicación de potenciales sitios de uso tradicional en el área y entrevistas no estructuradas a dirigentes locales reconocidos por sus conocimientos en la zona.

Resultados

En el territorio que abarca el área de estudio, antes de la bocatoma del canal San Pedro, se identifican dos comunidades: Catarpe y Río Grande.

El Estudio "Informe de estado de tramitación de tierras y aguas indígenas, Región de Antofagasta", desarrollado por la Oficina de Asuntos Indígenas de San Pedro de Atacama en el año 2008, tuvo entre sus objetivos, determinar los patrones de uso de las áreas efectivamente ocupadas por cada comunidad indígena y la ocupación efectiva de las comunidades indígenas del territorio. Esto para establecer las líneas de trabajo para los programas de regularización de tierras.

Con este trabajo, se identificaron sitios y áreas con valor patrimonial, cultural, de uso agrícola o turístico, sitios de interés arqueológico y otros sitios de interés para las comunidades. Estos lugares, en su mayoría fueron georreferenciados y su relación con el área de intervención del proyecto se puede apreciar en la Figura 4.3.4-1

Específicamente, en lo referido al área en que se encuentran emplazadas las diferentes alternativas del proyecto, se encuentran los sitios que se presentan en el Cuadro 4.3.4-2.

CUADRO 4.3.4-2.
TERRITORIOS PATRIMONIALES EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

NOMBRE SITIO	USO
Caserío y campos de cultivo de San Bartolo	Campo de cultivos/estancias/vegas
Petroglifos de San Bartolo	Protección patrimonio histórico-cultural
Paneles de petroglifos del río Salado	Protección patrimonio histórico-cultural

Campo de cultivo de Ayabire	Campo de cultivos/estancias/vegas
Vega de Cuchabrache	Pastoreo transhumante
Sector Iglesia de Catarpe	Protección patrimonio histórico-cultural
Cementerios gentiles de Catarpe	Protección patrimonio histórico-cultural
Petroglifos de Catarpe	Protección patrimonio histórico-cultural
Sector Cerro Chileno Muerto	Tierras susceptibles de cultivos agrícolas
Quebrada del Diablo	Atractivo Turístico
Túnel de Catarpe	Protección patrimonio histórico-cultural- Atractivo Turístico
Cantera de Liparita Sector Los Achos	Extracción de Recursos Minerales
Altos de Chulacao o Cerro Calvarlo	Atractivo Turístico

Fuente: Elaboración propia con base en informe Oficina Asuntos Indígenas San Pedro de Atacama, 2008.

FIGURA 4.3.4-1
TERRITORIOS PATRIMONIALES DE COMUNIDADES ATACAMEÑAS

Fuente: Elaboración propia

Sectores de interés identificados Comunidad de Catarpe

Del recorrido en terreno de la parte alta del área de estudio, específicamente del área propuesta para la ubicación de los túneles y el embalse de riego, se identificaron estructuras correspondientes a estancias y terrazas de cultivo abandonadas, las cuales se presentan en la Figura 4.3.4-2.

**FIGURA 4.3.4-2
ESTANCIAS OBSERVADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO**



Fuente: Elaboración propia.

Se entrevistó a representantes de la comunidad de Catarpe -quienes hacen uso ancestralmente de estas tierras- sobre el uso actual de las estructuras identificadas, para conocer si existe actualmente se desarrollan actividades relacionadas con las mismas. En la entrevista se menciona la existencia de diversos sitios de valor patrimonial, que son coincidentes con los del estudio de CONADI del año 2008 y respecto a los sitios identificados en la visita a terreno, se indica que estas

estancias se encuentran sin uso aproximadamente desde los años '70; anteriormente a ello fueron terrenos de producción agrícola y pastoreo de ganado.

Sectores de interés identificados Comunidad de Río Grande

En el área de estudio no existen sitios de interés cultural o ancestral pertenecientes a la Comunidad de Río Grande, aunque los dirigentes indican que los terrenos en los que se emplazaría el embalse son de propiedad de esta comunidad.

4.3.4.3. Conclusiones y Definición de Sensibilidad del componente Asentamientos Humanos.

Con base en la información recopilada, se puede confirmar que la única componente que sería afectada con la implementación del proyecto es la *Ocupación Ancestral del Territorio*, ya que no existe - en el área de implementación de las obras- infraestructura contemporánea ni que cumpla con las características señaladas en el componente *Infraestructura y Población*.

El valor que posee el territorio que ha reconocido CONADI como de uso tradicional de las comunidades atacameñas, es un punto relevante que se debe considerar al momento de seleccionar los trazados definitivos de las obras planteadas.

Sin considerar la información pendiente de recopilar de la Comunidad de Río Grande, se presenta una estimación preliminar de la Sensibilidad de este componente, el cual se presenta en el Cuadro 4.3.4-3.

- **OA1: Cantidad de usos.** Se identifican al menos 4 usos diferentes en este territorio, de un total de 13 señalados por CONADI.
- **OA2: Periodicidad del uso.** Los puntos identificados con uso ancestral tienen un uso permanente ya que corresponden en su mayoría a construcciones.
- **OA3: Cantidad de personas que participan del uso.** A la fecha de entrega de este informe no ha sido posible establecer una estimación de personas que hacen uso de estos sitios, por lo cual este parámetro no será considerado hasta completar la información.
- **OA4: Tiempo de uso.** Los puntos identificados, en su mayoría son de uso muy antiguo por parte de las comunidades originarias del lugar.

CUADRO 4.3.4-3
SENSIBILIDAD COMPONENTE OCUPACION ANCESTRAL

OA1	OA2	OA3	OA4	S
3	5	-	5	4.33

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 4.3.4-4
SENSIBILIDAD COMPONENTE ASENTAMIENTOS HUMANOS

INFRAESTRUCTURA Y POBLACIÓN	OCUPACIÓN ANCESTRAL DEL TERRITORIO	SENSIBILIDAD
1	4.33	2.7

Fuente: Elaboración propia.

4.3.5. Patrimonio arqueológico y cultural

4.3.5.1. Antecedentes generales

La implementación de obras de inversión pública y privada, tiene como efecto colateral inevitable la interferencia con el Patrimonio Cultural y específicamente con los sitios arqueológicos. Estos últimos, raramente son ruinas, sino más bien estructuras o restos materiales en apariencia insignificantes y que se encuentran sobre o bajo el suelo. Sin embargo, estos sitios tienen un valor cultural y científico muy elevado.

El presente componente fue descrito en terreno por la arqueóloga Nuriluz Hermosilla los días 26 al 28 de febrero de 2013. A continuación, basados en los objetivos de este capítulo, se presenta un extracto del informe entregado, al cual se puede acceder en su versión original revisando el Anexo EAA-5.

4.3.5.2. Antecedentes Generales de la Arqueología en la Zona.

Aunque el catastro del MOP (1995) no registra sitios arqueológicos en el área inmediata al Proyecto, existen algunos antecedentes para la zona de la presencia de petroglifos a partir del período formativo (300 a.C. – 500 d.C.), así como estructuras viales incaicas (1350 a 1500 d.C.).

Los petroglifos corresponden al estilo naturalista llamado Taira Tulán característico del período Formativo, o alfarero temprano. Se representan camélidos domésticos, así como pastores ataviados (Agüero y Uribe 2011; Gallardo 2009; Gallardo y de Souza 2007; Gallardo y Yacobaccio 2007; Le Paige 1977, Montt 2007).

El *capakñam* o camino del Inca correspondía a una extensa red vial que abarcaba todo el Tawantinsuyo. Castro (1992: 146) describe las características de este camino en otro tramo de Atacama, como: “..un camino de aproximadamente 2 m de ancho, despejado de piedras con tramos empedrados y obras de retención..”. Nuestro recorrido de un tramo de este camino conservado entre Río Grande y Machuca (Hermosilla, 2005), confirma esta descripción. Según Llagostera (2004: 179) “Los ramales más importantes del camino incaico conectaban San Pedro de Atacama con la cuenca alta del río Loa...; otro ramal, hacía lo mismo con la alta puna... Un tercer ramal rodeaba el Salar de Atacama por el flanco oriental, hasta Peine y, desde allí, continuaba en dirección a Copiapó”.

4.3.5.3. Área de Influencia

El Área de Influencia Directa (AID) definida para este componente está dada por la zona de inundación de las alternativas en estudio, las zonas de las obras (muro principalmente) y las zonas

de empréstito (ubicada dentro de la misma zona de inundación). No se define área de influencia indirecta.

4.3.5.4. Metodología

El área general de estudio fue recorrida de manera no exhaustiva, dado que se trataba de un estudio a nivel de prefactibilidad. El trabajo se realizó con énfasis en el recorrido por sectores con estructuras, aleros y bloques rocosos. Las áreas de Proyecto fueron objeto de una prospección arqueológica superficial desde el 26 al 28 de febrero de 2013. Los puntos de interés fueron registrados y fotografiados. La ubicación espacial de los puntos se realizó mediante GPS, coordenadas en datum WGS 84.

4.3.5.5. Resultados

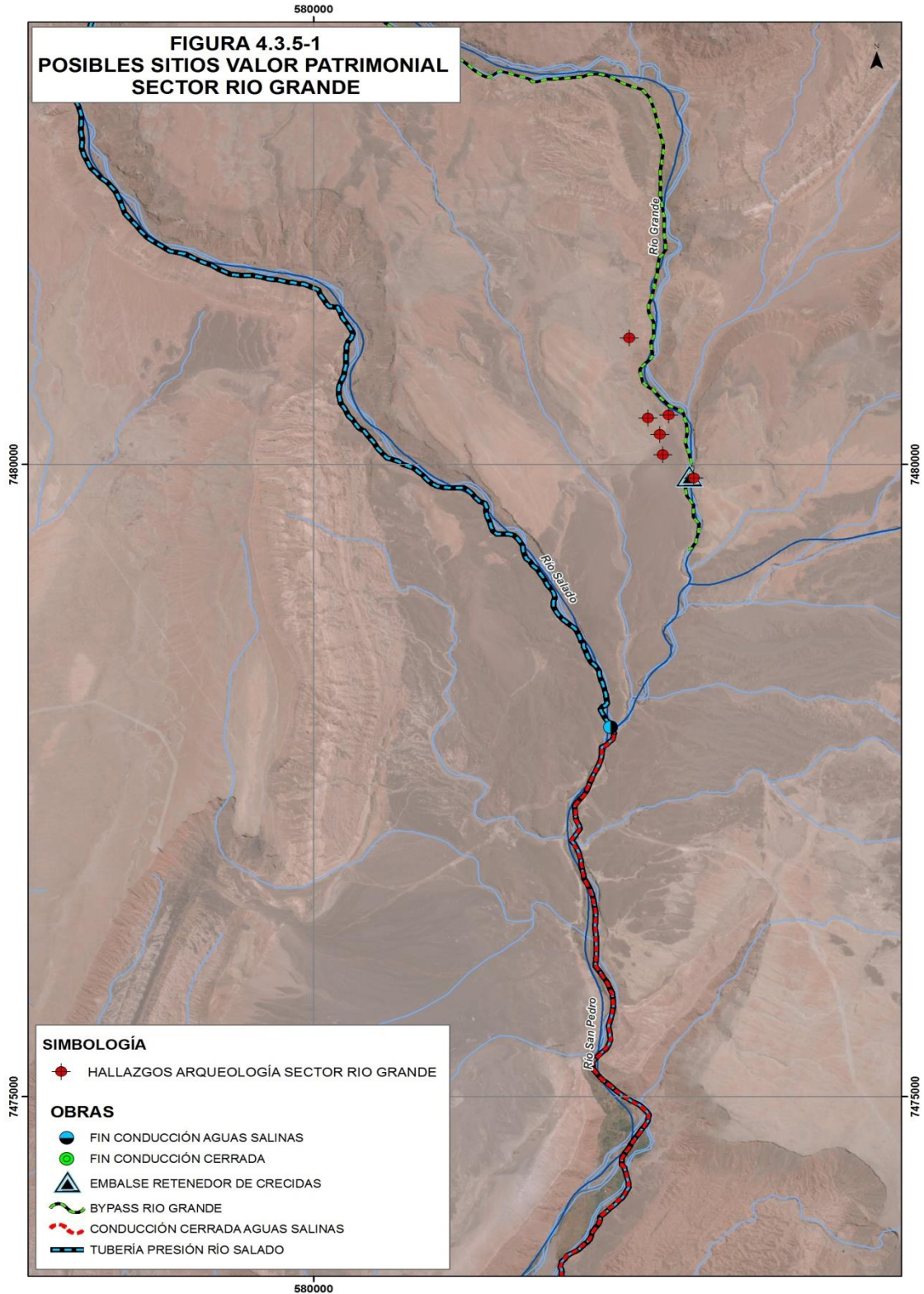
El Cuadro 4.3.5-1 muestra el resumen de los sitios encontrados, y la Figura 4.3.5-1 muestra la ubicación de los mismos respecto de la zona de inundación proyectada en las alternativas preliminares en el Río Grande.

CUADRO 4.3.5-1
SÍNTESIS DE HALLAZGOS CON POSIBLE VALOR PATRIMONIAL

SITIO	UTM E	UTM N
Terraplén	582.705	7.479.893
Sector Cerro Isla	582.248	7.480.999
Aldea Rio Grande	582.465	7.480.238
	582.380	7.480.367
Alero	582.528	7.480.391
Estructura circular de piedra	582.485	7.480.078

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.3.5-1
UBICACION DE HALLAZGOS CON POSIBLE VALOR PATRIMONIAL



Fuente: Elaboración propia con base en Google Earth.

A continuación se presenta una caracterización de los sitios identificados que presentan un posible valor patrimonial:

Terraplén: (desde abajo se ve como pirca), realizado para reforzar una bajada vertical en zigzag, por el lado nororiente del río. Se presenta una imagen del sitio en la Figura 4.3.5-2.

**FIGURA 4.3.5-2
TERRAPLÉN**



Fuente: Elaboración propia

Existe un gran corral y alero ubicado en nacientes de misma quebradita vertical, pero fuera del AID del Proyecto. Se trata de un corral de unos 40 m de diámetro, con casita y chiquero en lado poniente, arrimado a roca. Cerámica San Pedro Rojo Violáceo, con borde ligeramente en coma. También tiene algunos restos de origen reciente.

FIGURA 4.3.5-3
CORRALES Y CERÁMICA FUERA DEL AID.



Fuente: Elaboración propia

Sector de cerro isla entre Río Grande y quebrada Coyil (o Abrapampa): En la ladera poniente del Río Grande, aproximadamente a media altura de cerro, se encuentra una roca con dos paneles con personajes ataviados y camélidos, además de otros signos geométricos. En la Figura 4.3.5-3 se aprecian imágenes de los petroglifos señalados.

FIGURA 4.3.5-3
SECTOR CERRO ISLA



Fuente: Elaboración propia

Aldea Río Grande: Este sitio (denominado así para identificarlo en el presente estudio), se ubica fuera del AID del Proyecto, pero en las cercanías y es cruzada por el camino de acceso. Nódulo de obsidiana, cerámica marrón y negra. Apparently, no presenta intervenciones recientes, a excepción del camino de acceso al río. En el sector poniente de la aldea, se ubica un asentamiento de pastores al parecer más tardío, en una situación de asociación a alero, corral, casa, y afloramiento de humedad. En superficie se observa vidrio de varios tipos y cerámica roja.(Figura 4.3.5-4)

FIGURA 4.3.5-4
FOTOGRAFÍAS HALLAZGOS SITIO ALDEA RIO GRANDE.



Fuente: Elaboración propia

Alero: que mira a confluencia (área de impacto), con depósito. Algunos líticos dudosos y dos fragmentos de cerámica café rojizo probablemente un puco englobado. Presenta posibilidades de protección y excelente vista. Ver detalle en Figura 4.3.5-5.

FIGURA 4.3.5-5
SITIO ALERO.



Fuente: Elaboración propia

Estructura circular de piedra: Esta se encuentra ubicada sobre montículo prominente que tiene vista en 360°, y donde culmina la pirca que cerraría el poblado (Aldea Río Grande). Lascas y microlascas de obsidiana y basalto. Un fragmento de cerámica negra pulida muy erosionada. Este sitio tiene aproximadamente unos 30 m de diámetro. (Ver Figura 4.3.5-6)

FIGURA 4.3.5-6
SITIO ESTRUCTURA CIRCULAR DE PIEDRA



Fuente: Elaboración propia

4.3.5.6. Conclusiones y definición de la Sensibilidad del Patrimonio arqueológico y cultural

En síntesis, podemos decir que la prospección del área de Proyecto arrojó la presencia de sitios arqueológicos, algunos de alta relevancia en el contexto local, como sitios habitacionales y petroglifos. Algunas de las estructuras asociadas pudieron asociarse a redes viales, de tipo pastoril o incluso como parte del Camino del Inca en dirección al tambo de Catarpe. Es por ello que se recomienda la prospección exhaustiva del área si se seleccionan estas alternativas de instalación del Proyecto. En este sentido, debe decirse que no hay diferencias significativas entre ambas alternativas de muro para el embalse.

CUADRO 4.3. 5-1

SENSIBILIDAD AMBIENTAL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO Y CULTURAL

Sensibilidad Ambiental	Justificación
4	Existe presencia de elementos de carácter patrimonial, manifestaciones de sistemas de vida tradicional.

Fuente: Elaboración propia

4.3.6. Otras iniciativas relacionadas con el proyecto en el área de estudio

Con el fin de identificar proyectos o estudios que se encuentren actualmente en desarrollo o en proceso de planificación para ser ejecutados en el área de estudio, se revisaron los antecedentes disponibles en diferentes servicios públicos.

4.3.6.1. Proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

Según información obtenida del Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental, en el área contemplada a intervenir por las diferentes alternativas propuestas en el estudio no existen proyectos aprobados susceptibles de ser afectados por cualquiera de estas, o presentarse como interferencias al desarrollo de las obras. En general, no existen proyectos en calificación en el área de influencia directa del estudio y los proyectos que se encuentran aprobados y dentro de esta zona corresponden a la construcción o ampliación de hoteles, cuyas obras se encuentran finalizadas.

4.3.6.2. Estudios de interés

En la comuna de San Pedro de Atacama, se está desarrollando el proyecto ProEcoServ (Proyecto de Servicios Ecosistémicos), financiado por el Banco Mundial a través del Global Environment Facility (GEF), con participación de otras instituciones, y que ejecuta el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, en conjunto con la Secretaria Ministerial de Medio Ambiente de la Región de Antofagasta.

Este proyecto tiene como principal objetivo contribuir al manejo sustentable de los servicios que prestan los ecosistemas, avanzando en la implementación de medidas y herramientas concretas. Los temas principales en los que se concentra el ProEcoServ en San Pedro de Atacama son el agua y la biodiversidad; este último especialmente en su relación con el turismo y la actividad agrícola. Los resultados que aporte este estudio (que finaliza en el 2014) serán de gran utilidad para reconocer un ámbito diferente de la valoración ambiental del área de estudio, entregando datos nuevos a considerar en los análisis de las etapas de factibilidad y diseño.

5. Identificación y evaluación de Impactos Ambientales

5.1. *Agresividad de Actividades*

A continuación, se presenta el Cuadro 5.1-1, el cual expone el conjunto de actividades principales que son comunes a los embalses de riego, y que fueron agrupadas y sistematizadas por Barros (2008). Además se utilizaron datos de Aguas Andinas (2009) respecto a los impactos asociados a las actividades de construcción de túneles y tuberías.

**CUADRO 5.1-1
ACTIVIDADES CONSIDERADAS PARA LAS ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN**

ETAPA	ACTIVIDAD	OBRA					Código
		BYPASS RIO GRANDE	TUBERIA RIO SALADO	TUNEL 1/ TUNEL2	EMBALSE CRECIDAS	EMBALSE RIEGO	
CONSTRUCCIÓN	INSTALACIÓN DE FAENAS	X	X	X	X	X	C-1
	HABILITACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS DE ACCESO	X	X	X	X	X	C-2
	MOVIMIENTO DE TIERRA, CONSTRUCCIÓN/INSTALACIÓN DE LA OBRA	X	X	X	X	X	C-3
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN DE LA PRESA				X	X	C-4
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN O DESCARGA					X	C-5
	OPERACIÓN Y TRANSPORTE DE MAQUINARIAS, EQUIPOS, PERSONAL, MATERIALES PELIGROSOS, EMPRÉSTITOS, INSUMOS, DESECHOS NO PELIGROSOS, ETC	X	X	X	X	X	C-6
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DESVÍO, DESVIACIÓN DE CAUCES, CONSTRUCCIÓN DE TÚNEL DE DESVIACIÓN	X	X	X	X	X	C-7
	EXPROPIACIÓN DE TERRENOS	X	X	X	X	X	C-8
	OPERACIÓN DE BOTADEROS	X	X	X	X	X	C-9
	PERFORACIONES Y TRONADURAS	X	X	X	X	X	C-10
	ACTIVIDADES DE TÉRMINO DE FAENAS	X	X	X	X	X	C-11
	CONTRATACION DE MANO DE OBRA TEMPORAL	X	X	X	X	X	C-12
	NIVELACIÓN DEL TERRENO	X	X				C-13
	COMPACTACIÓN DE SUELOS	X	X	X			C-14
	CONSTRUCCIÓN DE OBRA DE CAPTACIÓN	X	X	X			C-15
	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE ENTREGA A SISTEMA DE RIEGO	X	X				C-16
	INSTALACIÓN DE CIERRES PERIMETRALES	X	X	X	X	X	C-17
OPERACIÓN	LLENADO EMBALSE DE RIEGO					X	O-1
	OPERACIÓN SISTEMA	X	X	X	X	X	O-2

Fuente: Elaboración propia a partir de Barros (2008) y Aguas Andinas (2009)

A cada una de las actividades expuestas, se calculó la Agresividad asociada a cada actividad para cada una de las obras propuestas, de acuerdo a la metodología planteada en el apartado 3 del presente informe. El Cuadro 5.1-2 detalla el cálculo de la Agresividad a partir de los criterios utilizados

**CUADRO 5.1-2
AGRESIVIDAD AMBIENTAL DE ACTIVIDADES PARA CADA UNA DE LAS OBRAS**

ETAPA	ACTIVIDAD	CÓDIGO	OBRA
-------	-----------	--------	------

			BYPASS RIO GRANDE					TUBERIA RIO SALADO					TUNEL 1 / TUNEL 2					EMBALSE CRECIDAS					EMBALSE RIEGO				
			E	AI	D	R	A	E	AI	D	R	A	E	AI	D	R	A	E	AI	D	R	A	E	AI	D	R	A
CONSTRUCCIÓN	INSTALACIÓN DE FAENAS	C-1	1	2	1	1	1,3	1	2	1	1	1,3	1	3	1	1	1,5	1	2	1	1	1,3	1	2	1	1	1,3
	HABILITACIÓN O CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS DE ACCESO	C-2	2	3	3	3	2,8	2	3	3	3	2,8	2	4	4	3	3,3	3	4	5	3	3,8	2	4	5	3	3,5
	MOVIMIENTO DE TIERRA, CONSTRUCCIÓN/INSTALACIÓN DE LA OBRA	C-3	2	3	5	5	3,8	2	3	5	5	3,8	4	5	5	5	4,8	4	5	5	5	4,8	4	5	5	5	4,8
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN DE LA PRESA	C-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	4	5	5	4	2	4	5	5	4
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN O DESCARGA	C-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	5	5	4,5	5	3	5	5	4,5
	OPERACIÓN Y TRANSPORTE DE MAQUINARIAS, EQUIPOS, PERSONAL, MATERIALES PELIGROSOS, EMPRÉSTITOS, INSUMOS, DESECHOS NO PELIGROSOS, ETC	C-6	4	3	2	1	2,5	4	3	2	1	2,5	5	3	2	1	2,8	5	3	2	1	2,8	5	3	2	1	2,8
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE DESVÍO, DESVIACIÓN DE CAUCES, CONSTRUCCIÓN DE TÚNEL DE DESVIACIÓN	C-7	2	5	5	2	3,5	2	5	5	2	3,5	2	5	5	3	3,8	2	5	5	3	3,8	2	5	5	3	3,8
	EXPROPIACIÓN DE TERRENOS	C-8	2	5	5	5	4,3	3	5	5	5	4,5	3	5	5	5	4,5	4	5	5	5	4,8	4	5	5	5	4,8
	OPERACIÓN DE BOTADEROS	C-9	1	5	2	2	2,5	1	5	2	2	2,5	3	5	3	2	3,3	3	5	3	2	3,3	3	5	3	2	3,3
	PERFORACIONES Y TRONADURAS	C-10	1	2	1	1	1,3	1	2	1	1	1,3	1	5	1	1	2	1	5	1	1	2	1	5	1	1	2
	ACTIVIDADES DE TÉRMINO DE FAENAS	C-11	1	2	2	1	1,5	1	2	2	1	1,5	1	2	2	1	1,5	1	2	2	1	1,5	1	2	2	1	1,5
	CONTRATACION DE MANO DE OBRA TEMPORAL	C-12	2	2	1	1	1,5	2	2	1	1	1,5	4	4	1	1	2,5	4	4	1	1	2,5	4	4	1	1	2,5
	NIVELACIÓN DEL TERRENO	C-13	1	4	5	5	3,8	1	4	5	5	3,8	1	5	5	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	COMPACTACIÓN DE SUELOS	C-14	1	3	4	4	3	1	3	4	4	3	1	3	4	4	3	1	3	4	4	3	1	3	4	4	3
	CONSTRUCCIÓN DE OBRA DE CAPTACIÓN	C-15	1	4	5	4	3,5	1	4	5	4	3,5	1	4	5	5	3,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE ENTREGA A SISTEMA DE RIEGO	C-16	1	4	5	4	3,5	1	4	5	4	3,5	1	4	5	4	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	INSTALACIÓN DE CIERRES PERIMETRALES	C-17	1	3	1	1	1,5	1	3	1	1	1,5	1	3	1	1	1,5	1	3	1	1	1,5	1	3	1	1	1,5
OPERACIÓN	LLENADO EMBALSE DE RIEGO	O-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5	5	
	OPERACIÓN SISTEMA	O-2	2	3	5	5	3,8	2	3	5	5	3,8	2	5	5	5	4,3	2	5	5	5	4,3	2	5	5	5	4,3

Fuente: Elaboración propia

Simbología: E: Extensión; AI: Alteración; D: Duración; R: Reversibilidad; A: Agresividad.

Tal como puede apreciarse, las actividades de mayor Agresividad Ambiental para todo tipo de obra en su etapa de construcción corresponden a C-3 y C-8, estas son "Movimiento de tierras y Construcción/Instalación de la Obra" y "Expropiación de terrenos" respectivamente, seguido de "Obras de conducción y distribución/descarga" (C-5) en el caso de los embalses y en el caso de Túneles y Tuberías, son las actividades (C-7) y (C-15), que están referidas a las obras de desvío del cauce y las obras de captación. Por su parte las 2 actividades de la Etapa de Operación poseen un valor de Alto y Muy Alto.

5.2. *Intensidad de Impactos potenciales*

Tal como se indica en la metodología, las distintas actividades generan distintos impactos en los distintos componentes, cuya intensidad está dada por el promedio entre la Sensibilidad Ambiental y la Agresividad de la Actividad. El Cuadro 5.2-1 muestra los impactos identificados en cada componente, mientras que el Cuadro 5.2-2 muestra las intensidades de dichos impactos.

CUADRO 5.2-1
IMPACTOS AMBIENTALES

Componente	Impacto Ambiental
Flora y Vegetación Terrestre (FVt)	Alteración y/o destrucción de hábitat de especies de flora
	Pérdida de Vegetación
Fauna Terrestre (FAt)	Alteración y/o destrucción de hábitat de especies de fauna
	Pérdida de ejemplares de fauna terrestre con problemas de conservación
Flora y Fauna Acuática (FFa)	Alteración y/o destrucción de hábitat de especies de flora y fauna acuática
	Pérdida de ejemplares de fauna acuática con problemas de conservación
Hidrología (Hi)	Alteración del régimen hidrológico y sedimentológico del río
Asentamientos Humanos (AH)	Alteración del sistema de vida, tradiciones y costumbres
	Alteración de sitios de interés comunitario ancestral
Patrimonio Arqueológico (PAr)	Pérdida de patrimonio arqueológico
Calidad de Aguas (Ca)	Alteración de la calidad de las aguas

Fuente: Elaboración propia

La determinación de la intensidad de impactos potenciales, se realizó considerando cada una de las obras que componen cada una de las alternativas presentadas en el apartado 2.6.3. No se incluyen en el análisis las obras propuestas en el apartado 2.6.4, esto porque sus impactos serían equivalentes para todas las alternativas presentadas. La intensidad de impacto promedio por obra sobre cada componente, presenta en el Cuadro 5.2-2.³

³ Las planillas de cálculo se presentan en el Anexo EAA-6.

CUADRO 5.2-2
INTENSIDAD DE IMPACTO AMBIENTAL PROMEDIO DE OBRA POR COMPONENTE

OBRA	COMPONENTES						
	FVt	FAt	FFa	Hi	AH	PAr	Ca
BYPASS RIO GRANDE	3,37	3,37	3,12	3,62	2,72	3,37	3,12
TUBERIA RIO SALADO	3,38	3,38	3,13	3,63	2,73	3,38	3,13
TUNEL 1 / TUNEL 2	3,55	3,55	3,3	3,8	2,9	3,55	3,3
EMBALSE CRECIDAS	3,58	3,58	3,33	3,83	2,93	3,58	3,33
EMBALSE RIEGO	3,63	3,63	3,38	3,88	2,98	3,63	3,38
CONDUCCIÓN AGUAS SALINAS	3,53	3,53	3,28	3,78	2,88	3,53	3,28

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 5.2-3, se presenta un resumen de los impactos identificados por alternativa (combinación de obras) por componente y sus intensidades.

CUADRO 5.2-3
INTENSIDAD DE IMPACTOS POR ALTERNATIVA Y COMPONENTES

ALTERNATIVA	COMPONENTES						
ALTERNATIVA 1A	FVt	FAt	FFa	Hi	AH	PAr	Ca
TUBERIA RIO SALADO	3,38	3,38	3,13	3,63	2,73	3,38	3,13
TUNEL 2	3,55	3,55	3,30	3,80	2,90	3,55	3,30
CONDUCCIÓN AGUAS SALINAS	3,53	3,53	3,28	3,78	2,88	3,53	3,28
INTENSIDAD DE IMPACTO	3,49	3,49	3,24	3,74	2,84	3,49	3,24
ALTERNATIVA 1B	FVt	FAt	FFa	Hi	AH	PAr	Ca
TUBERIA RIO SALADO	3,38	3,38	3,13	3,63	2,73	3,38	3,13
TUNEL 2	3,55	3,55	3,30	3,80	2,90	3,55	3,30
BYPASS RIO GRANDE	3,37	3,37	3,12	3,62	2,72	3,37	3,12
EMBALSE CRECIDAS	3,58	3,58	3,33	3,83	2,93	3,58	3,33
CONDUCCIÓN AGUAS SALINAS	3,53	3,53	3,28	3,78	2,88	3,53	3,28
INTENSIDAD DE IMPACTO	3,48	3,48	3,23	3,73	2,83	3,48	3,23
ALTERNATIVA 2A	FVt	FAt	FFa	Hi	AH	PAr	Ca
TUBERIA RIO SALADO	3,38	3,38	3,13	3,63	2,73	3,38	3,13
CONDUCCIÓN AGUAS SALINAS	3,53	3,53	3,28	3,78	2,88	3,53	3,28
INTENSIDAD DE IMPACTO	3,45	3,45	3,20	3,70	2,80	3,45	3,20

CUADRO 5.2-3

INTENSIDAD DE IMPACTOS POR ALTERNATIVA Y COMPONENTES

ALTERNATIVA 2B	FVt	FAt	FFa	Hi	AH	PAr	Ca
TUBERIA RIO SALADO	3,38	3,38	3,13	3,63	2,73	3,38	3,13
EMBALSE CRECIDAS	3,58	3,58	3,33	3,83	2,93	3,58	3,33
CONDUCCIÓN AGUAS SALINAS	3,53	3,53	3,28	3,78	2,88	3,53	3,28
INTENSIDAD DE IMPACTO	3,50	3,50	3,25	3,75	2,85	3,50	3,25
ALTERNATIVA 3-0A							
ALTERNATIVA 3-0A	FVt	FAt	FFa	Hi	AH	PAr	Ca
TUBERIA RIO SALADO	3,38	3,38	3,13	3,63	2,73	3,38	3,13
TUNEL 1	3,55	3,55	3,30	3,80	2,90	3,55	3,30
CONDUCCIÓN AGUAS SALINAS	3,53	3,53	3,28	3,78	2,88	3,53	3,28
INTENSIDAD DE IMPACTO	3,49	3,49	3,24	3,74	2,84	3,49	3,24
ALTERNATIVA 3-0B							
ALTERNATIVA 3-0B	FVt	FAt	FFa	Hi	AH	PAr	Ca
TUBERIA RIO SALADO	3,38	3,38	3,13	3,63	2,73	3,38	3,13
TUNEL 1	3,55	3,55	3,30	3,80	2,90	3,55	3,30
EMBALSE CRECIDAS	3,58	3,58	3,33	3,83	2,93	3,58	3,33
CONDUCCIÓN AGUAS SALINAS	3,53	3,53	3,28	3,78	2,88	3,53	3,28
INTENSIDAD DE IMPACTO	3,51	3,51	3,26	3,76	2,86	3,51	3,26
ALTERNATIVA 3A							
ALTERNATIVA 3A	FVt	FAt	FFa	Hi	AH	PAr	Ca
TUBERIA RIO SALADO	3,38	3,38	3,13	3,63	2,73	3,38	3,13
TUNEL 1	3,55	3,55	3,30	3,80	2,90	3,55	3,30
EMBALSE RIEGO	3,63	3,63	3,38	3,88	2,98	3,63	3,38
CONDUCCIÓN AGUAS SALINAS	3,53	3,53	3,28	3,78	2,88	3,53	3,28
INTENSIDAD DE IMPACTO	3,52	3,52	3,27	3,77	2,87	3,52	3,27
ALTERNATIVA 3B							
ALTERNATIVA 3B	FVt	FAt	FFa	Hi	AH	PAr	Ca
TUBERIA RIO SALADO	3,38	3,38	3,13	3,63	2,73	3,38	3,13
TUNEL 1	3,55	3,55	3,30	3,80	2,90	3,55	3,30
EMBALSE RIEGO	3,63	3,63	3,38	3,88	2,98	3,63	3,38
EMBALSE CRECIDAS	3,58	3,58	3,33	3,83	2,93	3,58	3,33
CONDUCCIÓN AGUAS SALINAS	3,53	3,53	3,28	3,78	2,88	3,53	3,28

CUADRO 5.2-3

INTENSIDAD DE IMPACTOS POR ALTERNATIVA Y COMPONENTES

INTENSIDAD DE IMPACTO	3,54	3,54	3,29	3,79	2,89	3,54	3,29
ALTERNATIVA 4A							
	FVt	FAt	FFa	Hi	AH	PAr	Ca
TUNEL 1	3,55	3,55	3,30	3,80	2,90	3,55	3,30
TUNEL 2	3,55	3,55	3,30	3,80	2,90	3,55	3,30
EMBALSE RIEGO	3,63	3,63	3,38	3,88	2,98	3,63	3,38
CONDUCCIÓN AGUAS SALINAS	3,53	3,53	3,28	3,78	2,88	3,53	3,28
INTENSIDAD DE IMPACTO	3,57	3,57	3,32	3,82	2,92	3,57	3,32
ALTERNATIVA 4B							
	FVt	FAt	FFa	Hi	AH	PAr	Ca
TUNEL 1	3,55	3,55	3,30	3,80	2,90	3,55	3,30
TUNEL 2	3,55	3,55	3,30	3,80	2,90	3,55	3,30
EMBALSE RIEGO	3,63	3,63	3,38	3,88	2,98	3,63	3,38
EMBALSE CRECIDAS	3,58	3,58	3,33	3,83	2,93	3,58	3,33
CONDUCCIÓN AGUAS SALINAS	3,53	3,53	3,28	3,78	2,88	3,53	3,28
INTENSIDAD DE IMPACTO	3,57	3,57	3,32	3,82	2,92	3,57	3,32

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en el Cuadro 5.2-4 se indican los valores del impacto promedio de cada una de las alternativas.

CUADRO 5.2-4. RESUMEN INTENSIDAD DE IMPACTO POR ALTERNATIVA

ALTERNATIVA	INTENSIDAD DE IMPACTO
ALTERNATIVA 1A	3,36
ALTERNATIVA 1B	3,35
ALTERNATIVA 2A	3,32
ALTERNATIVA 2B	3,37
ALTERNATIVA 3-0A	3,36
ALTERNATIVA 3-0B	3,38
ALTERNATIVA 3A	3,39
ALTERNATIVA 3B	3,41
ALTERNATIVA 4A	3,44
ALTERNATIVA 4B	3,44

Fuente: Elaboración propia

5.3. Conclusiones

Tal como es habitual en un proyecto de mejoramiento del sistema de riego que implican grandes obras como son los embalses, los impactos de mayor significancia se encuentran asociados al componente hídrico. Es posible apreciar, que aquellas alternativas que contemplan embalses y túneles en conjunto son las con mayores impactos promedio, aunque las diferencias en los impactos de las diferentes alternativas son menores.

Así, la alternativa 4 (en sus versiones a y b) es la de mayor impacto, ya que además de tener entre sus obras el embalse de riego, está compuesta por dos túneles, los que generan un alto impacto en su construcción. En magnitud de impacto le sigue la alternativa 3 (en sus versiones a y b), con similares características pero solamente con un túnel de trasvase.

Considerando estos antecedentes la alternativa de menor impacto es la alternativa 2, dado que solamente considera tuberías para el transporte de agua, y aunque se considere la opción con embalse controlador de crecidas, este no tiene la misma magnitud de impactos que el embalse de riego principalmente porque no genera un área de inundación permanente. Algo similar sucede con la alternativa 3-0, aunque sus impactos son levemente mayores que los de la alternativa 2.

6. Zonas de restricción ambiental

Sobre la base de los resultados presentados en el acápite de Biodiversidad, las obras que tienen impacto directo sobre áreas que se encuentran bajo protección corresponden al Embalse de riego Río Salado y a la salida del Túnel 2.

Considerando que estas obras se encuentran sobre las vegas de Cocha y San Bartolo, es insuficiente indicar una zona de restricción ambiental; lo necesario en este caso es recomendar la evaluación de otra ubicación de estas obras de modo que no afecten a los acuíferos ni a las vegas que los alimentan.

Se recomienda además, que en caso de seleccionar estas obras como parte de la alternativa definitiva a evaluar en las próximas etapas del estudio, realizar estudios de detalle sobre el funcionamiento de estos sistemas que permitan conocer los reales impactos que tendría una intervención de esta magnitud.

7. Análisis de la legislación ambiental

El presente marco legal analiza la normativa ambiental general y específica aplicable al proyecto. Estas normas se asocian a las obras y acciones que se definen para el proyecto, de forma que, se conozcan los aspectos específicos que esta normativa conlleva, para el desarrollo futuro de las mismas.

7.1. Normativa Ambiental General

7.1.1. Constitución Política de la República de Chile. Decreto Nº 100/05

- a) Identificación de cuerpo legal: Constitución Política de la República de Chile. Decreto Nº 100/05
- b) Materia Regulada: Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Constitución Política de la República de Chile
- c) Relación con el Proyecto: En el Artículo 19, Número 8, de la Constitución Política queda establecido el derecho de todas las personas a vivir en un medio ambiente libre de contaminación y se indica que es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza, protegiendo el medio ambiente. Tiene relación con el proyecto en el sentido que éste debe ser concebido teniendo en consideración que es deber del Estado, promotor de estas obras, resguardar la preservación de la naturaleza y asegurar que se cumpla el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.
- d) Forma de Cumplimiento: El cumplimiento de la Constitución Política se realiza en tanto el proyecto es concebido dentro de este marco normativo, no incluyendo la proposición de acciones que atente contra la preservación de la naturaleza y el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.
- f) Organismo fiscalizador: Los organismos del Estado con competencia ambiental (Municipal, Servicio Salud, CONAF, SAG, Consejo de Monumentos Nacionales, entre otros).

7.1.2. Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y sus modificaciones

- a) Identificación del cuerpo legal: Ley 19.300. Ley de Bases del Medio Ambiente, modificada por ley 20.417
- b) Materia Regulada: Ley Marco que establece la Bases Generales del Medio Ambiente
- c) Relación con el Proyecto: En virtud de profundizar lo estipulado en la Constitución, y de darle un marco jurídico apropiado, se promulgó en 1994 la Ley 19.300. En su Artículo 1º establece que el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación, la protección de medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia. En relación con el proyecto que se analiza en esta Consultoría, cabe destacar que esta Ley establece

el deber del Estado de resguardar la preservación de la naturaleza y asegurar el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación.

Otro aspecto al que hace mención esta Ley, tiene relación con el contenido de la Declaración de Impacto Ambiental, el que es definido por la ley como el documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Dicho estudio debe proporcionar los antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos.

La Ley N° 20.417, introduce importantes modificaciones a la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, entre otras cosas, creando el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia de Medio Ambiente.

Otros aspectos incorporados dicen relación con la forma en que el proyecto o actividad se relaciona con las políticas, planes o programas de desarrollo regional.

De esta manera, sin perjuicio de los permisos o pronunciamientos sectoriales, siempre se requerirá el informe del Gobierno Regional, del Municipio respectivo sobre la compatibilidad territorial del proyecto cuando éste se encuentre en el área de influencia.

d) Forma de Cumplimiento: El cumplimiento de la Ley 19.300 y sus modificaciones, se realiza tanto en cuanto el proyecto es concebido dentro de este marco normativo, no incluyendo la proposición de acciones que atente contra la preservación de la naturaleza y el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Por otro lado, los proponentes no podrán, a sabiendas, fraccionar sus proyectos o actividades con el objeto de variar el instrumento de evaluación o de eludir el ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Será competencia de la Superintendencia del Medio Ambiente determinar la infracción a esta obligación y requerir al proponente, previo informe del Servicio de Evaluación Ambiental, para ingresar adecuadamente al sistema. No se aplicará lo señalado en el inciso anterior cuando el proponente acredite que el proyecto o actividad corresponde a uno cuya ejecución se realizará por fases.

e) Organismo Fiscalizador: Los organismos del Estado con competencia ambiental (Municipal, Servicio Salud, CONAF, SAG, Consejo de Monumentos Nacionales, entre otros).

7.1.3. DS N° 40/13 Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

a) Identificación del cuerpo legal: D. S. N° 40/12. Reglamento del SEIA Ministerio Secretaría General de la República.

b) Materia Regulada: Establece el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), actualizando el reglamento establecido en el DS 95/01.

c) Relación con el Proyecto: El DS N° 40/13 En relación con la pertinencia, el Reglamento del Sistema de Evaluación Ambiental en su artículo 3, indica qué proyectos o actividades son susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases y por lo tanto deberán someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). En particular, el artículo N° 4°, señala, que el titular de un proyecto o actividad que se someta al Sistema de Evaluación de Impacto

Ambiental, lo hará presentando una Declaración de Impacto Ambiental, salvo que dicho proyecto o actividad genere o presente alguno de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley y en los artículos siguientes de este Título, en cuyo caso deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental.

d) Forma de Cumplimiento: El cumplimiento de la norma se produce por la vía del ingreso al SEIA de acuerdo a lo tipificado en el al Art. 3º.

e) Organismo Fiscalizador: Corresponderá a la SEA.

7.2. Análisis de Pertinencia de Ingreso al seia

7.2.1. Análisis de Legislación pertinente

En esta sección se presenta el análisis de pertinencia ambiental del proyecto de acuerdo con la Ley N° 19.300/94, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, y la Ley N° 20.417, que la complementa y modifica; y el Decreto N° 95/01 del MINSEGPRES, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. El análisis incluye la justificación de someter el proyecto a evaluación en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y la necesidad de presentar o no un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

7.2.1.1. Ley N° 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente

El Artículo N° 10 de la Ley N° 19.300/94, en sus letras a) a q), establece la tipología de proyectos o actividades que son susceptibles de causar impacto ambiental y que por lo tanto, están obligados a someterse al SEIA para su evaluación ambiental, cuyo encabezado es el que sigue y donde interesa destacar lo dispuesto en la letra a):

“Art. 10. Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental, son los siguientes:”

“a) **Acueductos, embalses** o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas, presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas”;

7.2.1.1. Decreto Supremo N° 40 de 2013, Aprueba el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Ministerio del Medio Ambiente.

Este Reglamento en su Art. 3 presenta la tipología de proyectos a considerar con un mayor grado de detalle que lo indicado por la Ley 19.300 y sus modificaciones. De éste, interesa destacar la letra a.4):

Artículo 3: “Los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualesquiera de sus fases, que deberán someterse al Servicio de Evaluación Ambiental, son los siguientes:

a) Acueductos, embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas”.

Presa, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de agua. Se entenderá que estos proyectos o actividades son significativos cuando se trate de:

a.1. Presas cuyo muro tenga una altura igual o superior a cinco metros o que generen un embalse con una capacidad igual o superior a cincuenta mil metros cúbicos (50.000m³)

En primer lugar proyecto en análisis, califica en lo señalado en el art. 3º letra a.1.- dado que las obras de intervención en el cauce implican defensa o alteración de un cuerpo o curso de aguas terrestres, no obstante aún no se han determinado las dimensiones del muro y la capacidad del embalse.

Por otra parte, si se considera la presencia de dos acuíferos protegidos por el Código de Aguas (DFL N°1.122 de 1981, MOP) en la zona de obras propuesta en las alternativas en estudio, el proyecto califica en lo indicado en la letra p, del mismo art. 3º sobre la ejecución de obras o actividades en áreas colocadas bajo protección oficial.

7.2.1.2. Minuta Técnica Sobre los Conceptos de “Áreas colocadas bajo protección oficial” y “Áreas Protegidas” en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEA, 2013)

Esta minuta uniforma criterios y exigencias técnicas sobre áreas colocadas bajo protección oficial y áreas protegidas para efectos del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, e instruye sobre la materia. En particular, se refiere al artículo 10 letra p) y 11 letra d) de la Ley 19.300.

7.2.2. Conclusiones Análisis de Pertinencia de Ingreso del EAA

Dado lo antes expuesto se concluye que el proyecto debe ingresar al SEIA. El modo de ingreso al SEIA de acuerdo a los análisis realizados en conformidad a la Ley y las posibles consecuencias a los componentes ambientales, se detallan a continuación.

Los impactos identificados y valorados, presentan a lo menos uno de los efectos, características o circunstancias de acuerdo al artículo 11 de la Ley 19.300 y su modificación establecida en la Ley 20.417 y en el Artículo 6 del Reglamento del SEIA.

Artículo 11º. Los proyectos o actividades enumerados en el artículo precedente requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, si generan o presentan a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias:

b) Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire;

El proyecto deberá someterse al SEIA como un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), por cuanto el emplazamiento de las alternativa propuesta generaría impactos ambientales relevantes y que determinan el modo de ingreso como un EIA de acuerdo al Artículo 11 de la Ley 19.300, sus modificaciones (Ley 20.417) y sus especificaciones en el Artículo 6 (letras a y c) del Reglamento del SEIA.

8. Plan de Manejo Ambiental

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) es un instrumento que busca definir las medidas que permiten evitar, atenuar, reparar y/o compensar los impactos ambientales ocasionados en el medio ambiente producto de la intervención por la construcción y operación del embalse.

El Plan de Manejo Ambiental, tiene como objetivo cumplir con lo establecido en el artículo 12, párrafo 2º, título II (letra f) de la Ley 19.300, en el cual se indica que deberá formar parte de los Estudios de Impacto Ambiental, el conjunto de “medidas que se adoptarán para eliminar o minimizar los efectos adversos del proyecto o actividad y las acciones de reparación que se realizarán cuando ello sea procedente” (letra e), y “un plan de seguimiento de las variables ambientales relevantes que dan origen al Estudio de Impacto Ambiental”

El Plan de Manejo Ambiental, en su estructura se encuentra compuesto por subplanes, que se pueden considerar como etapas del mismo Plan, estos son:

- Plan de Medidas de Mitigación (PMM)
- Plan de Medidas de Restauración o Reparación (PMR)
- Plan de Medidas de Compensación (PMC)

En el Cuadro 8-1, se presenta un resumen de impactos considerados en este estudio y las medidas aplicables. En general, las medidas propuestas son de carácter general dado que estos aspectos deben ser abordados en el Estudio de Impacto Ambiental y no pueden ser resueltos a nivel de prefactibilidad, dado el nivel de información con que se cuenta. Respecto a las medidas de Compensación, estas requieren de una definición conjunta con la comunidad afectada y son resultado esencial del trabajo realizado en el proceso de participación ciudadana del SEIA.

CUADRO 8-1

RESUMEN DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS Y MEDIDAS PROPUESTAS

Componente	Impacto	Etapas	Medidas
Hidrología	Alteración del régimen hidrológico y sedimentológico del río	Construcción	Mitigación
		Operación	Mitigación
Calidad de aguas	Alteración de la calidad del agua	Construcción	Mitigación
Flora y Vegetación Terrestre	Alteración y/o destrucción de hábitat de especies de flora	Construcción	Mitigación - Reparación
	Pérdida de Vegetación		Mitigación - Reparación
Fauna Terrestre	Alteración y/o destrucción de hábitat de especies de fauna	Construcción	Mitigación - Reparación
		Operación	Mitigación - Reparación

CUADRO 8-1
RESUMEN DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS Y MEDIDAS PROPUESTAS

Componente	Impacto	Etapa	Medidas
	Pérdida de ejemplares de fauna terrestre con problemas de conservación	Construcción	Mitigación
Flora y Fauna Acuática	Pérdida de ejemplares de fauna acuática con problemas de conservación	Construcción	Mitigación
	Alteración y/o destrucción de hábitat de especies de flora y fauna acuática	Construcción	Mitigación - Reparación
		Operación	Mitigación
Asentamientos humanos	Alteración del sistema de vida, tradiciones y costumbres	Construcción	Mitigación - Reparación

Fuente: Elaboración Propia

8.1. Plan de Medidas de Mitigación (PMM)

El PMM es un conjunto de medidas de mitigación, compuestas por diferentes tipos de acciones, que tienen como objetivo disminuir el efecto de los impactos ambientales negativos o directamente evitarlos.

En este documento, se presenta una lista de medidas de mitigación de carácter general, sin embargo una vez aprobado el proyecto y previo a su puesta en marcha, éstas deberán ser revisadas y complementadas en la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, además de adicionar medidas para nuevos impactos que sean identificados. Todo esto con la finalidad de cumplir con la normativa vigente.

Las medidas de mitigación se presentan agrupadas por componente: Medio físico, Medio Biótico y Medio Social y Cultural.

8.1.1. Medio Físico

8.1.1.1. Hidrología

El impacto sobre este componente, se produce por las actividades que implican intervención del cauce, que corresponden en sí mismas a la construcción del muro, las obras de desviación, la extracción de materiales, etc. En el Cuadro 8.1.1-1 se presentan las medidas de mitigación para estos impactos.

CUADRO 8.1.1-1
MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE LA HIDROLOGÍA

Impacto	Etapa	Medida
---------	-------	--------

Alteración del régimen hidrológico y sedimentológico del río	Construcción	Reducir el periodo de intervención de cauces naturales Ejecución de las obras de intervención de cauces menores y quebradas en época de menor caudal.
	Operación	Establecimiento de Caudal Ecológico para asegurar la conservación de la flora y fauna aguas abajo del embalse.

Fuente: Elaboración Propia

8.1.1.2. Calidad de Agua

Este componente se ve afectado en diversas formas durante la ejecución del proyecto, por una parte, las aguas superficiales sufren los efectos de la remoción de materiales y una vez en funcionamiento aparece el efecto de eutrofización producto de la acumulación del agua en el embalse. Por otra parte, se deben evaluar los efectos del embalsamiento de las aguas del cauce sobre el sistema hídrico subterráneo.

Durante la construcción, los impactos sobre la calidad del agua son producto principalmente de: las intervenciones en el cauce requeridas para la edificación del muro, la explotación potencial de yacimientos de áridos en la zona de inundación y las emisiones asociadas a las instalaciones de faenas.

En cuanto a los impactos generados en la etapa de operación, éstos se encuentran asociados al efecto barrera que provoca el embalsamiento. Las medidas de mitigación para estos efectos deben ser consideradas en el diseño y aplicadas en la etapa de construcción del embalse. Las medidas propuestas para este componente se presentan en el Cuadro 8.1.1-2.

CUADRO 8.1.1-2

MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA CALIDAD DEL AGUA

Impacto	Etapa	Medida
Alteración de la calidad del agua	Construcción	Programa de intervención del cauce

Fuente: Elaboración Propia

8.1.2. Medio Biótico

8.1.2.1. Flora y vegetación terrestre

Este componente se ve afectado específicamente en la Etapa de Construcción, puesto que las actividades correspondientes a la construcción de caminos, establecimiento de faenas y obras requiere de un trabajo de corte de las especies presentes en el área a utilizar, lo que conlleva desde

la alteración de la calidad del componente hasta una pérdida de vegetación. Las medidas necesarias para mitigar estos impactos se presentan en el Cuadro 8.1.2-1.

CUADRO 8.1.2-1

MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS SOBRE FLORA Y VEGETACIÓN TERRESTRE

Impacto	Etapas	Medida
Alteración y/o destrucción de hábitat de especies de flora	Construcción	Rescate de especies con estado de conservación ubicadas en el área de la obra
Pérdida de Vegetación		Definición de un Plan de Manejo de la vegetación, en caso de ser necesario.
		Prohibición de corte y quema de vegetación nativa

Fuente: Elaboración Propia

8.1.2.2. Fauna Terrestre

Las actividades anteriormente mencionadas durante la etapa de construcción, no sólo tienen impactos sobre la vegetación terrestre, sino que como consecuencia de esto y del tránsito de personas y vehículos y de la intervención del terreno, altera el hábitat de la fauna terrestre produciendo llegar a producir incluso la desaparición de una especie en el espacio aledaño a las obras de embalse. Las medidas de mitigación propuestas para estos impactos, se presentan en el Cuadro 8.1.2-2

CUADRO 8.1.2-2

MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA IMPACTOS SOBRE LA FAUNA TERRESTRE

Impacto	Etapas	Medida
Alteración y/o destrucción de hábitat de especies de fauna	Construcción y Operación	Prohibición de caza y captura de especies
		Implementación de señalética en sectores identificados como hábitat de especies de interés
Pérdida de ejemplares de fauna terrestre con problemas de conservación	Construcción	Rescate de ejemplares de especies con categoría de conservación

Fuente: Elaboración Propia

Para que las medidas propuestas tengan la efectividad deseada, deben ser implementadas previamente al inicio de las actividades relacionadas con la etapa de construcción del proyecto, con el fin de internalizar en todo el equipo de trabajo lo importante de este componente y de cumplir con las medidas anteriormente señaladas.

8.1.2.3. Flora y Fauna Acuática

Dada la naturaleza de las obras, directamente relacionadas con la alteración del cauce, los impactos sobre estos componentes son permanentes tanto en la etapa de construcción como en la etapa de operación, teniendo como efectos la pérdida de biodiversidad acuática. Las medidas de mitigación se presentan en el Cuadro 8.1.2-3

CUADRO 8.1.2-3

MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA IMPACTOS SOBRE LA FLORA Y FAUNA ACUÁTICA

Impacto	Etapa	Medida
Pérdida de ejemplares de fauna acuática con problemas de conservación	Construcción	Rescate de ejemplares con categorías de conservación
Alteración y/o destrucción de hábitat de especies de flora y fauna acuática	Construcción	Programa de intervención adecuada del río
	Operación	Establecimiento de caudal ecológico

Fuente: Elaboración Propia

8.1.3. Medio Social y Cultural

8.1.3.1. Asentamientos Humanos

Con la construcción de una obra de las proporciones de un embalse, es casi inevitable el impacto sobre la calidad de vida de la población ubicada en sectores cercanos a la ubicación de las obras o vecinos a los caminos que conducen a estas, lo que se debe al incremento de la circulación de vehículos y maquinaria pesada desde y hacia el lugar de las faenas. Las medidas propuestas para mitigar estos impactos se presentan en el Cuadro 8.1.3-1.

CUADRO 8.1.3-1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA IMPACTOS SOBRE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

Impacto	Etapa	Medida
Alteración del sistema de vida, tradiciones y costumbres	Construcción	Riego de superficie de tránsito de vehículos
		Mantenimiento periódico de la maquinaria.
		Restricción velocidad de circulación
		Disposición de señalética

Fuente: Elaboración Propia

8.2. *Plan de Medidas de Restauración o Reparación*

Este Plan, tiene como objetivo principal lograr reponer los componentes ambientales que han sido afectados por las actividades desarrolladas en alguna de las etapas del proyecto, para devolverlos

a una calidad o estado similar al que tenían previamente al desarrollo del proyecto. Para esto se deben implementar medidas de restauración (acciones) a las áreas intervenidas temporalmente por la construcción del proyecto, así como a las áreas aledañas a las obras.

A continuación se presenta un listado medidas de Restauración o Compensación genéricas para este tipo de proyectos, las cuales al igual que las medidas de mitigación del PMM deberán ser revisadas y complementadas durante la realización del Estudio de Impacto Ambiental correspondiente.

- Programa de restauración de vegetación, en los lugares que hayan sido intervenidos temporalmente para las actividades de construcción.
- En la etapa de construcción se debe establecer un plan de limpieza con el fin de eliminar cualquier material residual de construcción.
- Medidas de prevención y control de la erosión: esto incluye un Programa de restauración de cauces, para aquellos cursos superficiales intervenidos por las obras del proyecto, y las acciones necesarias de realizar en áreas intervenidas cuya pendiente pueda favorecer el desarrollo de procesos erosivos.
- Plan de cierre de las faenas, que contiene todas las medidas necesarias para volver a las condiciones originales las áreas intervenidas temporalmente para la instalación de campamentos y patios de maquinarias.

8.3. Plan de Compensación

El Plan de Compensación es una herramienta utilizada para generar un impacto positivo equivalente al efecto de los impactos producidos por el proyecto. Este Plan puede incluir diversas medidas entre las cuales se pueden mencionar de forma general restauración del medio natural, mejora en infraestructura, etc. En general, las medidas de compensación además consideran las demandas de la población afectada por las obras del proyecto y deben ser definidas por las partes de forma conjunta. Dado lo anterior, y considerando que habitualmente las medidas de compensación son propuestas en los procesos de PAC propios de un EIA, para efectos del presente informe no serán propuestas medidas de compensación de forma explícita.

9. Plan de Seguimiento Ambiental (PSA)

Tal como lo indica su nombre, el PSA tiene como objetivo controlar, vigilar y lógicamente hacer seguimiento, del cumplimiento de las medidas de mitigación que se establecen en el Plan de Monitoreo Ambiental.

Esta herramienta debe asegurar que todas las variables ambientales que han sido catalogadas como de importancia y/o que implican su ingreso al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental a través de un Estudio de Impacto Ambiental, mantengan las características que fueron identificadas previo a la ejecución del estudio; todo esto a través de la aplicación de las medidas de mitigación en todas las etapas del Proyecto.

El PSA en su diseño, debe considerar todos los impactos que fueron declarados como relevantes, y dependiendo de su naturaleza y etapa de aparición, definir las variables e indicadores para realizar el seguimiento, plazos, etc. La construcción del PSA se realiza a partir del Estudio de Impacto Ambiental asociado al Proyecto.

En el presente capítulo, se indica en qué consiste el PSA, sus instrumentos y se presenta un PSA a nivel general para la el estudio de la presente consultoría.

9.1. Instrumentos del Plan de Seguimiento

El PSA tiene dos instrumentos para cumplir con el objetivo que plantea y estos son los Informes de Inspección Ambiental y los Informes de Monitoreo Ambiental. A continuación se detalla en qué consiste cada uno de estos informes.

9.1.1. Informes de Inspección Ambiental

Corresponde a un conjunto de procedimientos cuya finalidad es asegurar que las acciones ejecutadas durante las diferentes etapas del proyecto se encuentran en concordancia con lo que se plantearía en el Estudio de Impacto Ambiental y en la respectiva Resolución de Calificación Ambiental. De este modo, el Informe de Inspección Ambiental se constituirá en el instrumento del Plan de Seguimiento durante la etapa de construcción y operación.

Tal como lo indica su nombre, cada informe debe contener los resultados de las inspecciones realizadas por cada factor ambiental que recibe impactos y por ende se le aplican medidas de mitigación, reparación o compensación.

En el Cuadro 9.1.1-1, se presenta lo que correspondería a los contenidos a incorporar al Informe de Seguimiento Ambiental, con base en las medidas de mitigación propuestas en el PMA.

CUADRO 9.1.1-1
EJEMPLO DE CONTENIDOS Y MEDIDAS DEL INFORME DE INSPECCIÓN
AMBIENTAL

Informe de Inspección Ambiental	
Contenido	Medida
Hidrología	<u>Mitigación</u> Reducir la intervención de cauces naturales Prevención y Control de derrames Establecimiento del Caudal Ecológico
Calidad del Agua	<u>Mitigación</u> Programa de intervención adecuada de los ríos Salado, Grande y San Pedro
Flora y Vegetación Terrestre	<u>Mitigación</u> Rescate de especies con estado de conservación Prohibición de corta y quema de vegetación nativa Implementación de señalética en sectores identificados como hábitat de especies de interés
Fauna Terrestre	<u>Mitigación</u> Prohibición de caza y captura de especies Implementación de señalética
Flora y Fauna Acuática	<u>Mitigación</u> Traslado de ejemplares con estado de conservación Programa de intervención adecuada de los ríos Salado, Grande y San Pedro Establecer régimen de Caudal Ecológico
Asentamiento Humanos	<u>Mitigación</u> Riego de superficies como caminos y patios Mantenimiento periódico de maquinaria Restricción velocidad de circulación

Fuente: Elaboración propia

9.1.2. Informes de Monitoreo Ambiental

En el caso de los Informes de Monitoreo Ambiental, estos buscan dar cuenta de los resultados de las mediciones periódicas realizadas para controlar que cada una de las variables ambientales relevantes identificadas, se mantengan en un estado similar al levantado en la línea de base durante las diferentes etapas del proyecto.

En el Cuadro 9.1.2-1, se presentan los contenidos potenciales del Informe de Monitoreo Ambiental, considerando las medidas de control y las variables necesarias de evaluar en el Proyecto.

CUADRO 9.1.2-1

CONTENIDOS POTENCIALES DEL INFORME DE MONITOREO AMBIENTAL

Informe de Monitoreo Ambiental	
Variable	Medida de Control
Hidrología	Monitoreo de regímenes de caudales ecológicos
Calidad de aguas	Monitoreo de calidad del agua
Flora y Vegetación Terrestre	Monitoreo de la sobrevivencia, colonización y desarrollo de la vegetación
Fauna Terrestre	Monitoreo de micromamíferos, reptiles y aves
Flora y Fauna acuática	Monitoreo de calidad de agua y biota

Fuente: Elaboración propia

10. Permisos Sectoriales

Dado que se ha establecido que el presente proyecto debe ingresar al SEIA mediante un EIA (ver apartado 7.2 del presente informe), los permisos sectoriales asociados a la ejecución de las obras consideradas, serán otorgados al titular junto con la Resolución de Calificación Ambiental (o RCA, en caso de resultar favorable), obedeciendo así a la figura de “ventanilla única” que caracteriza al SEIA. De este modo, y en conformidad con lo establecido en las Bases Técnicas de la presente consultoría, no se hace necesario individualizar cada uno de estos permisos, quedando estos condicionados al otorgamiento de la RCA favorable.

11. Identificación de Estudios ambientales Recomendados

Respecto de los estudios recomendados para las etapas posteriores, si bien ya se ha establecido que el proyecto debe ingresar al SEIA mediante la realización de un EIA (con todo lo que ello involucra), debe ponerse especial énfasis a aquellos componentes del medio biótico en que existe evidencia sobre existencia de especies con problemas de conservación. Otro aspecto de importancia debe ser el establecimiento de un caudal ecológico acorde con las características del medio biótico asociado a los cauces involucrados en el proyecto.

A continuación se enlistan aquellos estudios que, se propone, deben profundizarse y/o agregarse para la etapa de Factibilidad.

- Actualización de la línea de base del medio biótico en todos sus componentes, con el fin de complementar la información levantada en este estudio y extender el área de muestreo a toda la zona intervenida por las obras de la alternativa que sea seleccionada.
- Es necesario realizar un estudio hidrogeológico y ecosistémico que permita identificar los efectos de la modificación del sistema hídrico sobre el Oasis de San Pedro de Atacama y el Salar de Atacama.
- Realizar estudios relacionados con los efectos específicos que podría tener este tipo de intervención en el régimen normal del cauce sobre las especies que conforman este ecosistema
- Estudio para la determinación de un caudal ecológico, idealmente basado en criterios tanto biológicos, físicos (geomorfología fluvial) y químicos como hidrológicos y no sólo en el porcentaje del caudal establecido por la normativa vigente.
- Levantamiento arqueológico de toda el área de estudio, para complementar los resultados obtenidos en esta etapa y verificar la posible existencia de otros sitios con potencial valor arqueológico o cultural presentes en la zona.
- Línea de base de la Calidad del Aire. Debe incluir monitoreos/mediciones de la calidad del aire en puntos estratégicos que se deberán definir en conjunto con la inspección fiscal del futuro estudio.

- Línea de base de Ruido y Vibraciones. Debe incluir monitoreos/mediciones de los niveles sonoros y de vibraciones en puntos estratégicos que se deberán definir en conjunto con la inspección fiscal del futuro estudio.

12. Aproximación de los costos ambientales asociados al proyecto

El presente apartado, busca estimar en términos generales, los costos de las medidas ambientales asociadas al proyecto en forma genérica, diferenciando el tipo de medida, el componente y año. Se ha optado por estimar también aquellos componentes no analizados en el presente EAA, Suelo, Aire y Ruido, ya que una adecuada cuantificación de los costos ambientales ante una eventual ejecución del proyecto, requiere considerar la totalidad de componentes ambientales principales que son atingentes a un EIA (tal como se concluye en el análisis de pertinencia del apartado 7 del presente informe). Además se ha incluido un margen del 30% de imprevistos y "otros", dentro de los cuales se pueden considerar medidas adicionales no consideradas explícitamente.

Es necesario tener en cuenta que las medidas costeadas corresponden a medidas "tipo" sugeridas a priori, y que las medidas de mitigación, reparación y/o compensación definitivas deben ser obtenidas como resultado de la realización del Estudio de Impacto Ambiental que es pertinente a este proyecto, en el cual se definirán con mayor exactitud los costos ambientales del proyecto.

Considerando que en el estudio existen 4 alternativas, cada una de ellas con 2 variantes (con y sin embalse de control de crecidas), exceptuando la alternativa 3 que suma dos versiones adicionales (ambas sin embalse de riego; con y sin embalse de control de crecidas), en el Cuadro 12-1, se presentan las medidas ambientales propuestas y los costos asociados a estas⁴, para el caso de los componentes no analizados se presenta un monto asociado a los estudios básicos de descripción de dichos componentes.

⁴ Se considera un nivel de precios a marzo 2013, el que queda dado por un dólar de \$ 472,96, y una UF de \$ 22.840,11, de modo de concordar con los valores utilizados en las otras áreas del Estudio de Prefactibilidad.

CUADRO 12-1. COSTOS UNITARIOS MEDIDAS AMBIENTALES

Etapa	Plan	Componente	Medida	Unidad	Precio Unitario (UF)	Precio Unitario (USD\$)
Construcción	PMM	Hidrología	Reducir el periodo de intervención de cauces naturales			
Construcción	PMM	Hidrología	Ejecución de las obras de intervención de cauces menores y quebradas en época de menor caudal			
Operación	PMM	Hidrología	Establecimiento de Caudal Ecológico (estudio)			
Construcción	PMM	Calidad de Aguas	Programa de intervención del cauce	gl	87,6	4.228,7
Construcción	PMM	Flora y Vegetación Terrestre	Rescate de especies con estado de conservación ubicadas en el área de la obra	gl	481,6	23.257,8
Construcción	PMM	Flora y Vegetación Terrestre	Definición de un Plan de Manejo de la vegetación	ha	63,0	3.044,7
Construcción	PMM	Flora y Vegetación Terrestre	Prohibición de corte y quema de vegetación nativa	gl	24,1	1.162,9
Ambas	PMM	Fauna Terrestre	Prohibición de caza y captura de especies	gl	24,1	1.162,9
Ambas	PMM	Fauna Terrestre	Implementación de señalética en sectores identificados como hábitat de especies de interés	unidad	5,9	285,4
Construcción	PMM	Fauna Terrestre	Rescate de ejemplares de especies con categoría de conservación	ha	26,3	1.268,6
Construcción	PMM	Flora y Fauna acuática	Rescate de ejemplares con categorías de conservación	ha	26,3	1.268,6
Construcción	PMM	Flora y Fauna acuática	Programa de intervención adecuada del río	gl	87,6	4.228,7
Operación	PMM	Flora y Fauna acuática	Establecimiento de caudal ecológico (estudio)	estudio	348,1	16.809,0
Construcción	PMM	Asentamientos Humanos	Riego de superficie de tránsito de vehículos	gl / mes	69,0	3.330,1
Construcción	PMM	Asentamientos Humanos	Mantenimiento periódico de la maquinaria	gl / mes	8,8	422,9
Construcción	PMM	Asentamientos Humanos	Restricción velocidad de circulación	gl / año	5,5	264,3

CUADRO 12-1. COSTOS UNITARIOS MEDIDAS AMBIENTALES

Etapa	Plan	Componente	Medida	Unidad	Precio Unitario (UF)	Precio Unitario (USD\$)
Construcción	PMM	Asentamientos Humanos	Disposición de señalética	unidad	5,9	285,4
Construcción	PMM	Asentamientos Humanos	Reuniones informativas con la comunidad	reunión	16,2	782,3
Construcción	PMR	Flora y Vegetación Terrestre	Programa de restauración de vegetación	ha	26,3	1.268,6
Construcción	PMR	Transversal	plan de limpieza con el fin de eliminar cualquier material residual de construcción	gl	80,6	3.890,4
Construcción	PMR	Transversal	Programa de restauración de cauces (prevención y control de la erosión)	profesional/mes	46,0	2.220,1
Construcción	PMR	Transversal	Plan de cierre de las faenas	profesional/mes	0	0,0
Ambas	PSA	Transversal	Plan de seguimiento ambiental	mes	137,9	6.660,2
Ambas	Monitoreo	Flora y Vegetación Terrestre	Monitoreo de la sobrevivencia, colonización y desarrollo de la vegetación	campana	328,4	15.857,6
Ambas	Monitoreo	Fauna Terrestre	Monitoreo de micromamíferos, reptiles y aves	campana	328,4	15.857,6
Ambas	Monitoreo	Flora y Fauna acuática	Monitoreo de biota acuática	campana	328,4	15.857,6
Ambas	Monitoreo	Calidad de Aguas	Monitoreo de calidad del agua	campana	12,0	581,4
Construcción	Monitoreo	Patrimonio Arqueológico y cultural	Monitoreo arqueológico de las obras	profesional/mes	91,9	4.440,1
Componentes no Analizados	Componentes no Analizados	Aire		gl	147,1	7.104,2
Componentes no Analizados	Componentes no Analizados	Ruido		gl	110,3	5.328,1

CUADRO 12-1. COSTOS UNITARIOS MEDIDAS AMBIENTALES

Etapa	Plan	Componente	Medida	Unidad	Precio Unitario (UF)	Precio Unitario (USD\$)
Componentes no Analizados	Componentes no Analizados	Suelo		gl	459,7	22.200,6

Fuente: Elaboración propia.

Simbología: gl: Global; ha: hectárea.

Nota: Los colores indican que dichas medidas se encuentran valoradas en forma conjunta, razón por la cual existen celdas vacías, de este modo no se duplican las estimaciones

En los Cuadros 12-2, 12-3 y 12-4 se puede apreciar el resumen de los costos ambientales máximos de cada una de las alternativas propuestas, que corresponden a las obras evaluadas en el acápite 5.2, presentados en pesos, UF y dólares (USD\$).

CUADRO 12-2

RESUMEN DE COSTOS AMBIENTALES POR ALTERNATIVA Y ETAPAS (PESOS)

ALTERNATIVA	COSTO DIRECTO	AÑO 1 (CONSTRUCCIÓN)	AÑO 2 (PRIMER AÑO DE OPERACIÓN)	IMPREVISTOS Y OTROS (30%)	COSTO TOTAL
1a	286.864.967	180.615.288	106.249.679	86.059.490	372.924.457
1b	843.614.566	531.154.744	312.459.823	253.084.370	1.096.698.936
2a	315.651.763	198.739.967	116.911.796	94.695.529	410.347.292
2b	872.401.363	549.279.423	323.121.940	261.720.409	1.134.121.772
3-0a	532.614.055	335.343.287	197.270.768	159.784.216	692.398.271
3-0b	1.089.363.654	685.882.743	403.480.912	326.809.096	1.416.172.751
3a	2.056.304.944	1.294.686.186	761.618.758	616.891.483	2.673.196.427
3b	2.613.054.543	1.645.225.641	967.828.902	783.916.363	3.396.970.906
4a	1.899.890.402	1.196.204.807	703.685.595	569.967.121	2.469.857.523
4b	2.456.640.002	1.546.744.263	909.895.739	736.992.001	3.193.632.002

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 12-3

RESUMEN DE COSTOS AMBIENTALES POR ALTERNATIVA Y ETAPAS (UF)

ALTERNATIVA	COSTO DIRECTO	AÑO 1 (CONSTRUCCIÓN)	AÑO 2 (PRIMER AÑO DE OPERACIÓN)	IMPREVISTOS Y OTROS (30%)	COSTO TOTAL
1a	12.559,70	7.907,81	4.651,89	3.767,91	16.327,61
1b	36.935,66	23.255,35	13.680,31	11.080,70	48.016,36
2a	13.820,06	8.701,36	5.118,71	4.146,02	17.966,08
2b	38.196,02	24.048,90	14.147,13	11.458,81	49.654,83
3-0a	23.319,24	14.682,21	8.637,03	6.995,77	30.315,01
3-0b	47.695,20	30.029,75	17.665,45	14.308,56	62.003,76
3a	90.030,43	56.684,76	33.345,67	27.009,13	117.039,56
3b	114.406,39	72.032,30	42.374,09	34.321,92	148.728,31
4a	83.182,19	52.372,99	30.809,20	24.954,66	108.136,85
4b	107.558,15	67.720,53	39.837,63	32.267,45	139.825,60

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 12-4

RESUMEN DE COSTOS AMBIENTALES POR ALTERNATIVA Y ETAPAS (USD\$)

ALTERNATIVA	COSTO DIRECTO	AÑO 1 (CONSTRUCCIÓN)	AÑO 2 (PRIMER AÑO DE OPERACIÓN)	IMPREVISTOS Y OTROS (30%)	COSTO TOTAL
1a	606.531,14	381.882,80	224.648,34	181.959,34	788.490,48
1b	1.783.691,15	1.123.043,69	660.647,46	535.107,35	2.318.798,50
2a	667.396,32	420.204,60	247.191,72	200.218,90	867.615,22
2b	1.844.556,33	1.161.365,49	683.190,84	553.366,90	2.397.923,23
3-0a	1.126.129,18	709.030,97	417.098,21	337.838,75	1.463.967,93
3-0b	2.303.289,19	1.450.191,86	853.097,33	690.986,76	2.994.275,94
3a	4.347.735,42	2.737.411,59	1.610.323,83	1.304.320,63	5.652.056,05
3b	5.524.895,43	3.478.572,48	2.046.322,95	1.657.468,63	7.182.364,06
4a	4.017.021,32	2.529.188,11	1.487.833,21	1.205.106,40	5.222.127,71
4b	5.194.181,33	3.270.349,00	1.923.832,33	1.558.254,40	6.752.435,73

Fuente: Elaboración propia

Tal como se indicó en el acápite 2.6.4, se consideran como posibles obras la minicentral hidroeléctrica y la planta de desalación. En estos casos y como los impactos preliminares previstos son aplicables a estas obras anexas, se realizó su valoración adicionando estos costos ambientales a los calculados para cada alternativa. Se debe señalar que al tratarse de obras complementarias las medidas de mitigación, compensación o restauración, no se duplican sino que extienden su alcance o duración por lo que se incrementa el costo ambiental final de cada alternativa que incorpora estas obras.

Los costos ambientales para las alternativas que incorporan la planta de desalinización (Alternativas 3 y 4) se presentan en los Cuadros 12-5, 12-6 y 12-7.

CUADRO 12-5

COSTOS AMBIENTALES ALTERNATIVAS CON INCORPORACIÓN DE PLANTA DESALINIZADORA (PESOS)

ALTERNATIVA	COSTO DIRECTO	AÑO 1 (CONSTRUCCIÓN)	AÑO 2 (PRIMER AÑO DE OPERACIÓN)	IMPREVISTOS Y OTROS (30%)	COSTO TOTAL
3a	2.264.981.680	1.426.072.772	838.908.907	679.494.504	2.944.476.184
3b	2.821.731.279	1.776.612.228	1.045.119.051	846.519.384	3.668.250.663
4a	2.108.567.138	1.327.591.394	780.975.745	632.570.142	2.741.137.280
4b	2.665.316.738	1.678.130.849	987.185.889	799.595.021	3.464.911.759

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 12-6

COSTOS AMBIENTALES ALTERNATIVAS CON INCORPORACIÓN DE PLANTA DESALINIZADORA (UF)

ALTERNATIVA	COSTO DIRECTO	AÑO 1 (CONSTRUCCIÓN)	AÑO 2 (PRIMER AÑO DE OPERACIÓN)	IMPREVISTOS Y OTROS (30%)	COSTO TOTAL
-------------	---------------	----------------------	---------------------------------	---------------------------	-------------

3a	99.167	62.437	36.730	29.750	128.917
3b	123.543	77.785	45.758	37.063	160.606
4a	92.319	58.125	34.193	27.696	120.014
4b	116.695	73.473	43.222	35.008	151.703

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 12-7
COSTOS AMBIENTALES ALTERNATIVAS CON INCORPORACIÓN DE PLANTA
DESALINIZADORA (USD\$)

ALTERNATIVA	COSTO DIRECTO	AÑO 1 (CONSTRUCCIÓN)	AÑO 2 (PRIMER AÑO DE OPERACIÓN)	IMPREVISTOS Y OTROS (30%)	COSTO TOTAL
3a	4.788.950	3.015.208	1.773.742	1.436.685	6.225.635
3b	5.966.110	3.756.369	2.209.741	1.789.833	7.755.943
4a	4.458.236	2.806.985	1.651.251	1.337.471	5.795.706
4b	5.635.396	3.548.145	2.087.250	1.690.619	7.326.014

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las alternativas que incorporan la minicentral hidroeléctrica, los costos ambientales totales se presentan en los Cuadros 12-8, 12-9 y 12-10.

CUADRO 12-11
COSTOS AMBIENTALES CON INCORPORACIÓN DE MINICENTRAL
HIDROELÉCTRICA

ALTERNATIVA	COSTO DIRECTO	AÑO 1 (CONSTRUCCIÓN)	AÑO 2 (PRIMER AÑO DE OPERACIÓN)	IMPREVISTOS Y OTROS (30%)	COSTO TOTAL
1a	301.421.347	189.780.244	111.641.103	90.426.404	391.847.751
1b	859.204.761	540.970.608	318.234.153	257.761.428	1.116.966.189
2a	344.767.574	217.071.800	127.695.774	103.430.272	448.197.846
2b	901.517.173	567.611.255	333.905.918	270.455.152	1.171.972.325
3-0b	999.483.135	629.292.368	370.190.767	299.844.941	1.299.328.076
3-0a	442.733.536	278.752.913	163.980.623	132.820.061	575.553.596
3b	2.672.410.583	1.682.597.260	989.813.323	801.723.175	3.474.133.758
3a	2.115.660.984	1.332.057.805	783.603.179	634.698.295	2.750.359.279
4a	1.936.961.234	1.219.545.263	717.415.972	581.088.370	2.518.049.605
4b	2.495.075.290	1.570.943.804	924.131.486	748.522.587	3.243.597.877

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 12-12
COSTOS AMBIENTALES CON INCORPORACIÓN DE MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
(UF)

ALTERNATIVA	COSTO DIRECTO	AÑO 1 (CONSTRUCCIÓN)	AÑO 2 (PRIMER AÑO DE OPERACIÓN)	IMPREVISTOS Y OTROS (30%)	COSTO TOTAL
1a	13.197	8.309	4.888	3.959	17.156
1b	37.618	23.685	13.933	11.285	48.904
2a	15.095	9.504	5.591	4.528	19.623
2b	39.471	24.852	14.619	11.841	51.312
3-0b	43.760	27.552	16.208	13.128	56.888
3-0a	19.384	12.205	7.180	5.815	25.199
3b	117.005	73.669	43.337	35.102	152.107
3a	92.629	58.321	34.308	27.789	120.418
4a	84.805	53.395	31.410	25.442	110.247
4b	109.241	68.780	40.461	32.772	142.013


Fuente: Elaboración propia

CUADRO 12-13
COSTOS AMBIENTALES CON INCORPORACIÓN DE MINICENTRAL
HIDROELÉCTRICA (USD\$)


ALTERNATIVA	COSTO DIRECTO	AÑO 1 (CONSTRUCCIÓN)	AÑO 2 (PRIMER AÑO DE OPERACIÓN)	IMPREVISTOS Y OTROS (30%)	COSTO TOTAL
1a	637.308	401.261	236.048	191.192	828.501
1b	1.816.654	1.143.798	672.856	544.996	2.361.650
2a	728.957	458.964	269.993	218.687	947.644
2b	1.906.117	1.200.125	705.992	571.835	2.477.952
3-0b	2.113.251	1.330.540	782.711	633.975	2.747.226
3-0a	936.091	589.379	346.711	280.827	1.216.918
3b	5.650.395	3.557.589	2.092.806	1.695.118	7.345.513
3a	4.473.234	2.816.428	1.656.806	1.341.970	5.815.205
4a	4.095.402	2.578.538	1.516.864	1.228.621	5.324.022
4b	5.275.447	3.321.515	1.953.932	1.582.634	6.858.081

Fuente: Elaboración propia

*Los costos ambientales presentados, fueron incorporados en la Evaluación Económica del Estudio, que corresponde a una evaluación multicriterio realizada en el Estudio de Ingeniería, que tiene como objetivo determinar la mejor alternativa de solución relacionando los costos involucrados y los beneficios esperados producto de las obras propuestas. En



dicha evaluación se obtuvo como resultado que la Alternativa 3a, se presenta como la mejor solución para el mejoramiento del sistema de riego del Río San Pedro.



13. Conclusiones


El proyecto analizado en el presente informe, debe someterse al SEIA mediante la elaboración de un EIA, dado que cumple con los requisitos estipulados con la Normativa Ambiental vigente en Chile (ver apartado 7 del presente informe).

De forma adicional, se ha realizado un análisis preliminar de impactos potenciales, en el cual se concluye inicialmente, que el componente más afectado sería la Hidrología, ya que como sucede en cualquier proyecto que incluye obras de gran envergadura y numerosas intervenciones en los cauces, se ve completamente alterado el régimen de caudales y sedimentos. En cuanto a impacto, le siguen los componentes de Flora y Vegetación, junto con Fauna terrestre, ya que se han encontrado especies con problemas de conservación, que aunque son de preocupación menor cobran relevancia en un ecosistema con las características del área de estudio.

Respecto a las obras a ejecutar, es conocido el impacto que tiene la construcción de embalses, sin embargo el embalse de control de crecidas por corresponder a un muro filtrante, es decir, que no genera un área de inundación permanente, se presenta como una buena respuesta para dicho problema específico. Sin embargo, las alternativas cuya configuración requiere trasvases de agua a través de acueductos son las menos favorables ambientalmente, dadas las dimensiones de estas obras y los impactos que generarán en su construcción. Complementario a esto, para todas las alternativas que tienen tuberías de conducción a través del cauce, con el fin de evitar la extrema salinización del agua producto de la conformación química de los suelos del lugar, se recomienda el desarrollo de estudios para la determinación del caudal ecológico efectivamente necesario desde un punto de vista biológico y los efectos del cambio en las condiciones del cauce sobre el ecosistema.

En relación al valor cultural y patrimonial, la prospección en la zona del Río Grande, donde se ubica el embalse de control de crecidas (inicialmente se encontraban allí las alternativas de embalse de riego), da cuenta de la presencia de sitios arqueológicos, algunos de alta relevancia en el contexto local, como sitios habitacionales y petroglifos. Algunas de las estructuras asociadas pudieron asociarse a redes viales, de tipo pastoril o incluso como parte del Camino del Inca en dirección al tambo de Catarpe. Es por ello que se recomienda la prospección exhaustiva del área en las futuras etapas, además de la realización de prospecciones en el sector del Río Salado, en donde se identificaron terrenos agrícolas actualmente sin uso, de los cuales se desconoce su antigüedad.

Se recomienda la realización de algunos estudios ambientales específicos, independiente de la alternativa seleccionada: actualización y seguimiento de la línea de base, con especial énfasis en el medio biótico, en el funcionamiento hidrogeológico y ecosistémico del Oasis y el Salar de Atacama, el caudal ecológico basado en criterios biológicos (no sólo hidrológicos), calidad del aire y ruido, con el fin de afinar el conocimiento referente a estos temas y aumentar así el nivel de claridad y seguridad al momento de evaluar el impacto ambiental correspondiente, con todo lo que esto involucra en términos de la toma de decisiones futuras, planificación y manejo. Estos estudios, se propone, debieran realizarse para el Estudio de Factibilidad de este mismo proyecto.



Respecto de los costos estimados para las medidas ambientales, se han estimado montos que alcanzan un máximo de aproximadamente 3.397 millones de pesos, que aumentan hasta 3.669 millones al incorporar planta desalinizadora o 3.475 si la obra anexa incorporada es una minicentral hidroeléctrica de pasada . Esto se debe a los diferentes niveles de intervención de cada una de las alternativas en función de la cantidad de obras comprometidas en ellas (en algunos casos considerando dos muros de embalse), en conjunto con la lejanía y accesibilidad de la zona de estudio, además del tamaño de las obras. Queda claro, al observar las diferencias en los montos obtenidos, que las alternativas que contemplan embalses de regadío y embalse de control de crecidas al mismo tiempo, constituyen las opciones de mayor costo ambiental debido a sus impactos, sin embargo estas son al mismo tiempo las que podrían otorgar los mayores beneficios desde el punto de vista productivo a los habitantes de la Comuna de San Pedro de Atacama, permitiendo un mejor desarrollo de la agricultura así como el aprovechamiento del potencial hidroeléctrico producido por este tipo de obras que podría mejorar el suministro en la zona, administrado por los mismos habitantes de la comuna.

Es necesario tener en cuenta que los impactos analizados son de nivel general, así como las medidas costeadas corresponden a medidas sugeridas a priori, y que las medidas de mitigación, reparación y/o compensación definitivas deben ser obtenidas como resultado de la realización del Estudio de Impacto Ambiental que es pertinente a este proyecto.

Al evaluar todos los criterios, considerando los resultados de todos los estudios realizados en esta etapa de Prefactibilidad y la relación costo-beneficio de las obras, en la Evaluación Económica, que es parte del Estudio de Ingeniería recomienda seleccionar la Alternativa 3a, que se presentaría como la mejor solución para el mejoramiento del sistema de riego del Río San Pedro. Desde el punto de vista del presente EAA, esta alternativa tiene un nivel de impactos intermedio entre todas las alternativas propuestas, sin embargo en próximas etapas se deben realizar los estudios anteriormente indicados y revisar la ubicación definitiva de las obras de embalse.

