



Comisión Nacional de Riego



# **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO EN RÍO ACHIBUENO, REGIÓN DEL MAULE”**

**INFORME FINAL  
RESUMEN EJECUTIVO**

***SANTIAGO, MAYO DE 2014***



# ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD “MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO EN RÍO ACHIBUENO, REGIÓN DEL MAULE”

## INFORME FINAL RESUMEN EJECUTIVO

Estudio Elaborado por:



**TECNICA Y PROYECTOS S.A. - AGENCIA EN CHILE**  
Dirección: Av. Don Carlos 2939 Oficina 904, LAS CONDES - SANTIAGO  
Fono: +56 02 23352289  
[www.grupotyypsa.cl](http://www.grupotyypsa.cl)

**SANTIAGO, MAYO DE 2014**

## ÍNDICE DE TOMOS

### TOMO I: ESTUDIOS PRELIMINARES

1. ASPECTOS GENERALES
2. REVISIÓN GENERAL DE ANTECEDENTES
3. PRIMERAS VISITAS SOBRE EL TERRENO
4. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR
5. IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS
6. DEFINICIÓN PRELIMINAR DE CARACTERÍSTICAS DE LAS ALTERNATIVAS
7. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

ANEXOS

### TOMO II ESTUDIO AGROECONÓMICO

1. DESCRIPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL ÁREA DE LOS ESTUDIOS AGRONÓMICOS
2. CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS PRODUCTIVOS BÁSICOS
3. INFRAESTRUCTURAS DE RIEGO
4. SITUACIÓN ACTUAL AGROPECUARIA
5. SITUACIÓN SIN PROYECTO
6. SITUACIÓN CON PROYECTO
7. BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS DEL PROYECTO

ANEXOS

### TOMO III ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

1. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS – HIDRÁULICOS
2. MODELOS DE GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

ANEXOS

TOMO IV - GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

1. ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS
2. SISMICIDAD

ANEXOS

TOMO V - ESTUDIO AMBIENTAL

1. CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL
2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL
3. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

ANEXOS

TOMO VI - PARTICIPACIÓN CIUDADANA

1. PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA PARA EL ESTUDIO
2. CONTEXTUALIZACIÓN SOCIAL Y TERRITORIAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO
3. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ACTORES RELEVANTES
4. DIFUSIÓN DE LOS OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO A LOS ACTORES
5. OPINIONES, INQUIETUDES, CONOCIMIENTOS Y SUGERENCIAS DE LOS ACTORES SOCIALES
6. PLAN DE TRABAJO DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA
7. COMPONENTE GÉNERO

ANEXOS

TOMO VII - TRABAJOS TOPOGRÁFICOS

1. INTRODUCCIÓN
2. CARTOGRAFÍA GENERAL DE LA ZONA Y TRABAJOS PRELIMINARES
3. CARTOGRAFÍA GENERAL DE LA ZONA DEL ESTUDIO
4. CARTOGRAFÍAS DE LOS EMBALSES

ANEXOS

---

TOMO VIII - DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS

1. INTRODUCCIÓN Y MARCO NORMATIVO LEGAL
2. ORGANIZACIONES DE USUARIOS EN LA ZONA DE RIEGO DEL ESTUDIO
3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL
4. ASESORÍA LEGAL Y TÉCNICA SOBRE DERECHOS DE AGUA

ANEXOS

TOMO IX - DISEÑO DE LAS OBRAS Y VALORACIÓN ECONÓMICA

1. INTRODUCCIÓN Y DATOS DE PARTIDA
2. TIPOLOGÍA DE PRESA
3. EVACUADOR DE CRECIDAS
4. ALTURA DE PRESA
5. OBRAS DE DESVÍO DEL RÍO Y DESAGUES DEL EMBALSE
6. OBRAS COMPLEMENTARIAS
7. ESTUDIO DEL POTENCIAL HIDROELÉTRICO
8. PRESUPUESTOS DE CONSTRUCCIÓN
9. EVALUACIÓN DE LOS EMBALSES COMO CONTROL DE CRECIDAS
10. ESTUDIO DE TENENCIA DE LA TIERRA
11. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA
12. CONCLUSIONES SOBRE LAS SOLUCIONES DE EMBALSE

ANEXOS

TOMO X - PLANOS

HOJAS TOPOGRÁFICAS

ESTUDIO AGROECONÓMICO

ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

DISEÑO DE LAS OBRAS

---

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1. ANTECEDENTES.....  | 1         |
| 1.2. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO .....                               | 1         |
| 1.3. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR .....   | 2         |
| <b>2. ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS .....</b>                       | <b>2</b>  |
| 2.1. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES EMPLAZAMIENTOS .....                      | 2         |
| 2.2. SELECCIÓN DE SOLUCIONES A DESARROLLAR .....                          | 3         |
| <b>3. TRABAJOS DE TERRENO .....</b>                                       | <b>4</b>  |
| 3.1. CAMPAÑA GEOTÉCNICA.....  | 4         |
| 3.2. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS .....  | 4         |
| 3.3. ENCUESTAS AGROPECUARIAS.....   | 4         |
| 3.4. TRABAJOS AMBIENTALES DE TERRENO .....                                | 4         |
| <b>4. ESTUDIOS BÁSICOS.....</b>   | <b>5</b>  |
| 4.1. ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS .....                                 | 5         |
| 4.1.1. Caracterización de las zonas de los embalses seleccionados .....   | 5         |
| 4.1.2. Riesgos geológicos.....  | 5         |
| 4.1.3. Disponibilidad de materiales .....                                 | 6         |
| 4.2. ESTUDIO SÍSMICO .....  | 6         |
| 4.3. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS .....  | 7         |
| 4.3.1. Recursos hídricos.....   | 7         |
| 4.3.2. Cálculo de crecidas .....  | 7         |
| 4.3.3. Estudio sedimentológico .....                                      | 7         |
| 4.4. DERECHOS DE AGUAS .....  | 8         |
| 4.5. ESTUDIOS AGRONÓMICOS.....  | 9         |
| 4.5.1. Objetivos y alcances generales.....                                | 9         |
| 4.5.2. Caracterización agroclimática y agrológica de los suelos .....     | 10        |
| 4.5.3. Calidad del agua de riego .....                                    | 10        |
| 4.5.4. Infraestructura de riego .....                                     | 10        |
| 4.5.5. Situación actual agropecuaria .....                                | 11        |
| 4.5.6. Situación sin proyecto .....                                       | 11        |
| 4.5.7. Situación con proyecto. Programa de transferencia tecnológica..... | 11        |
| 4.5.8. Demanda de agua .....  | 14        |
| 4.5.9. Beneficios agrícolas netos del proyecto .....                      | 15        |
| <b>5. ESCENARIOS Y MODELO DE REGULACIÓN .....</b>                         | <b>18</b> |
| 5.1. ESCENARIOS DE RIEGO .....  | 18        |
| 5.2. MODELO DE REGULACIÓN .....   | 19        |
| <b>6. DISEÑO DE LAS OBRAS .....</b>                                       | <b>19</b> |

|         |  |           |
|---------|--|-----------|
| 6.1.    | MURO DE PRESA .....  | 19        |
| 6.2.    | EVACUADOR DE CRECIDAS .....  | 20        |
| 6.3.    | OBRAS DE DESVÍO DEL RÍO. TOMA Y DESAGÜE DE FONDO .....               | 20        |
| 6.4.    | OBRAS COMPLEMENTARIAS.....   | 21        |
| 6.4.1.  | Variantes de interferencia .....                                     | 21        |
| 6.4.2.  | Mejora de las infraestructuras de riego.....                         | 21        |
| 6.4.3.  | Sistema remoto de aforo de caudales .....                            | 21        |
| 6.5.    | POSIBLE CENTRAL HIDROELÉCTRICA.....                                  | 21        |
| 7.      | ESTUDIO DE TENENCIA DE LA TIERRA .....                               | <b>22</b> |
| 8.      | ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL.....                                   | <b>22</b> |
| 9.      | ACTIVIDADES DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA.....                          | <b>24</b> |
| 10.     | ASESORÍA LEGAL Y TÉCNICA SOBRE DERECHOS DE AGUA.....                 | <b>25</b> |
| 11.     | EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA .....                              | <b>25</b> |
| 11.1.   | COSTES <b>25</b>   |           |
| 11.1.1. | Coste inicial del proyecto .....                                     | 25        |
| 11.1.2. | Costes de operación y mantención.....                                | 26        |
| 11.1.3. | Coste de la central hidroeléctrica .....                             | 27        |
| 11.2.   | BENEFICIOS .....   | 27        |
| 11.2.1. | Beneficios derivados del riego.....                                  | 27        |
| 11.2.2. | Beneficio asociado al Valor Incremental de la Tierra .....           | 33        |
| 11.2.3. | Beneficio asociado a las transacciones de los derechos de aguas..... | 33        |
| 11.2.4. | Beneficio asociado a la generación hidroeléctrica.....               | 33        |
| 11.2.5. | Beneficio asociado al control de crecidas.....                       | 34        |
| 11.2.6. | Beneficios por turismo .....   | 34        |
| 11.2.7. | Beneficio asociado al agua potable .....                             | 35        |
| 11.3.   | EVALUACIÓN ECONÓMICA .....   | 35        |
| 11.3.1. | Escenarios .....   | 35        |
| 11.3.2. | Resultados .....   | 35        |
| 11.4.   | ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....                                       | 37        |
| 11.4.1. | Indicadores Adicionales .....  | 38        |
| 11.4.2. | Ingreso per cápita asignable al sector agropecuario .....            | 39        |
| 11.5.   | EXTERNALIDADES.....  | 39        |
| 11.6.   | MOMENTO ÓPTIMO DE LA INVERSIÓN .....                                 | 39        |
| 11.7.   | ANÁLISIS FINANCIERO .....  | 39        |
| 11.8.   | RECOMENDACIÓN DEL PROYECTO DE EMBALSE .....                          | 40        |
| 12.     | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                 | <b>41</b> |
| 12.1.   | DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES .....                                  | 41        |
| 12.2.   | VALORACIÓN ECONÓMICA.....  | 42        |

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

El presente Estudio de Prefactibilidad del Proyecto “Mejoramiento del sistema de riego en río Achibueno, Región del Maule”, fue contratado por la Comisión Nacional de Riego (CNR) del Ministerio de Agricultura a la empresa consultora de ingeniería TYP SA-Agencia en Chile, con el fin de establecer la mejor solución para regular las aguas del río Achibueno con fines de riego, mediante la construcción de un embalse.

La Región del Maule cuenta con dos sistemas hidrográficos principales: el río Mataquito al norte y el río Maule en el centro. El río Achibueno nace en el lugar denominado Montaña, en las estribaciones de la cordillera de Los Andes, cerca de la Laguna Achibueno, y desemboca en la ribera derecha del río Loncomilla al poniente de Linares, que es afluente del río Maule.

La zona de riego objeto del Estudio es una extensa y fértil superficie de la Región del Maule, situada al sureste de la población de Linares, que se extiende alrededor de los ríos Achibueno y Ancoa. Por el norte se encuadra aproximadamente entre el río Putagán y el río Achibueno, y hacia el sur abarca hasta los ríos Longaví y Liguay. Por el oriente queda limitado por la vertiente occidental del Cordón del Melado (que separa las cuencas del Achibueno y del Melado), y por el poniente llega hasta el río Loncomilla.

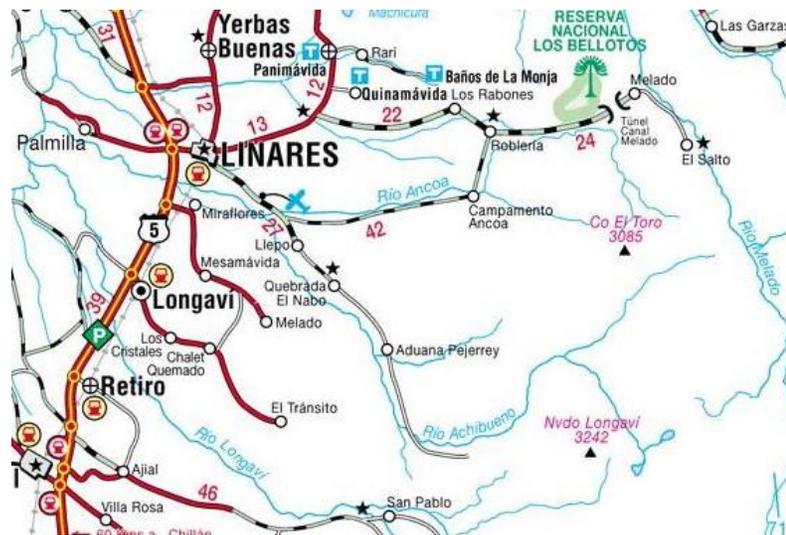


Figura 1-1. Situación geográfica

El sistema Melado es un conjunto de infraestructuras integrado por el canal Melado Fiscal, que incorpora caudales desde el río Melado hacia el río Ancoa, y la red de canales que captan sus aguas de los ríos Ancoa y Achibueno. Antes de la construcción del canal Melado, el valle del río Achibueno contaba con abundancia de recursos de primavera, pero acusaba una gran escasez en verano debido a la falta de una hoya alta, de carácter nival. El canal Melado permitió suplir el déficit existente, al combinar los recursos de primavera de los ríos Ancoa y Achibueno con los recursos del deshielo que dispone el valle del río Melado.

La zona regable alcanza una extensión de algo más de 35.000 ha, de las cuales actualmente se riegan unas 20.000 ha netas. Sin embargo, la seguridad de riego es muy baja, y más de la mitad se riega precariamente.

### 1.2. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

El principal objetivo del Estudio es definir un embalse en la zona de influencia del Sistema Melado, que permita regular los recursos hídricos del río Achibueno para alcanzar la seguridad mínima del 85% en la superficie actualmente regada (cerca de 20.000 ha), a la que se pretende también incorporar una superficie de 8.500 ha adicionales de riego, con la misma seguridad de riego.

Los trabajos que integran el estudio consisten en realizar un análisis previo de alternativas entre las posibles ubicaciones del embalse, para encontrar la mejor solución, y definir las infraestructuras necesarias a nivel de prefactibilidad. Estos trabajos incluyen estudios técnicos de diferentes disciplinas, así como campañas de terreno, para asegurar que la solución final del Estudio considera fielmente las condiciones reales existentes y las aspiraciones de los interesados.

Las actividades que componen el Estudio han consistido en el análisis de los antecedentes existentes, el examen de las características del entorno que condicionan la viabilidad y rentabilidad de la infraestructura, la cuantificación de las demandas y de los recursos hídricos disponibles, el desarrollo de los diseños, y por último la evaluación de la inversión y de los beneficios que justifican la solución finalmente propuesta.

### 1.3. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

Tras analizar los abundantes antecedentes disponibles y realizar las primeras visitas al terreno, se elaboró una primera caracterización de la zona desde el punto de vista fisiográfico, hidrológico, agronómico, geológico y ambiental, que permitió hacer el siguiente diagnóstico preliminar antes de plantear los posibles embalses:

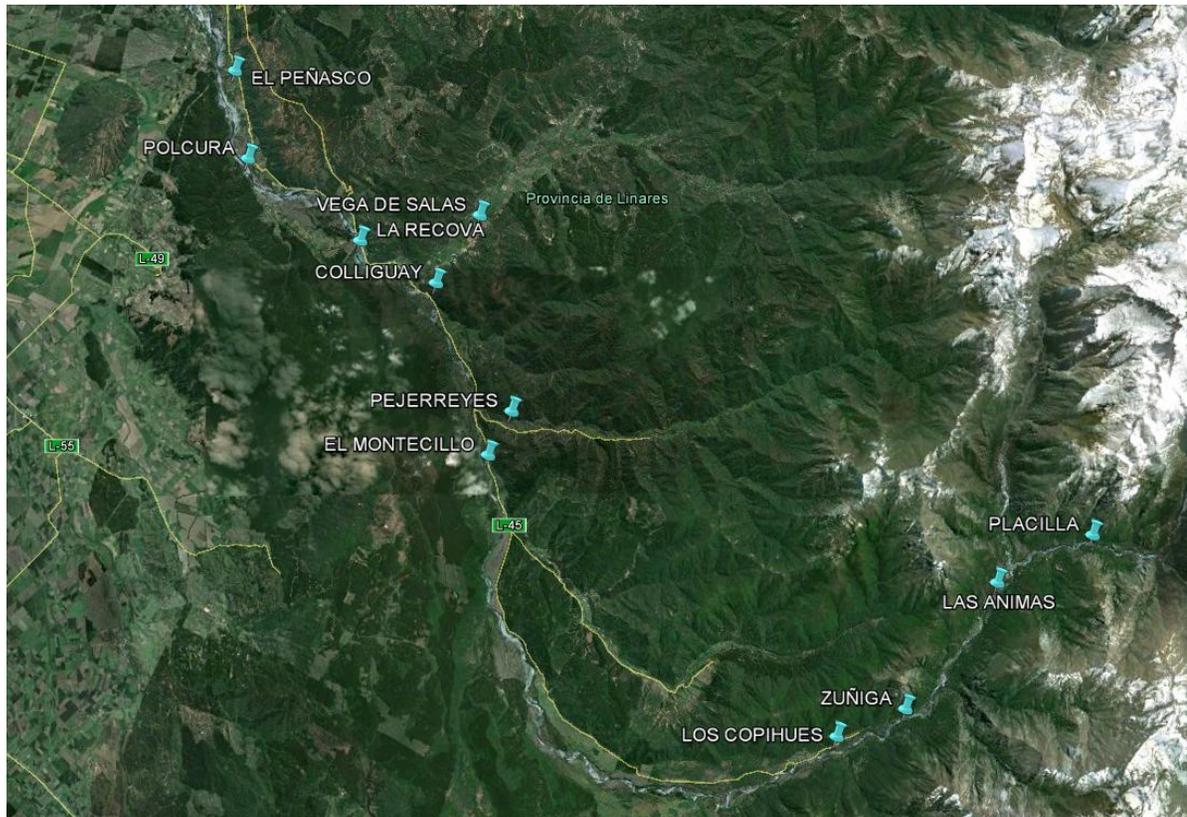
- ✓ La naturaleza de los suelos de la zona regable admite una gran mejora de la explotación agrícola, si se dispone de la suficiente seguridad de riego.
- ✓ Existen recursos hídricos suficientes en el valle para aumentar la seguridad de riego a niveles normales (85%), e incluso aumentar la zona regable mediante la construcción de un embalse de regulación. Las infraestructuras de comunicación, las obras de riego y las técnicas de riego necesitan ser mejoradas.
- ✓ Las organizaciones de regantes y los pobladores de la zona, en general, son favorables a la iniciativa de construir un embalse de regulación en la zona, aunque esa intención teórica ha sobrevolado siempre, y muchos de ellos son escépticos.
- ✓ Existen soluciones técnicamente viables para el emplazamiento de un embalse en el río Achibueno, incluso a pesar de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas No Consuntivos para el aprovechamiento hidroeléctrico en el tramo medio y alto del río Achibueno, que afectan más de 40 km del cauce.
- ✓ Los valores ambientales del valle del Achibueno son muy notables, y exigen adoptar las medidas más respetuosas con el entorno natural.

## 2. ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

### 2.1. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES EMPLAZAMIENTOS

Después de estudiar los antecedentes, se realizó un detallado reconocimiento del río Achibueno, desde la afluencia del Ancoa hasta las inmediaciones del Nevado Longaví, identificando los posibles emplazamientos de embalse, estudiando tanto el propio cauce del río Achibueno como sus principales afluentes por la margen derecha. En total, se identificaron 11 posibles alternativas de embalse, algunas con variantes:

|                               |                      |                                 |               |
|-------------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------|
| ✓ EL PEÑASCO                  | Río Achibueno        | ✓ EL MONTECILLO-1 (2 variantes) | Río Achibueno |
| ✓ POLCURA                     | Río Achibueno        | ✓ LOS COPIHUES                  | Río Achibueno |
| ✓ LA RECOVA                   | Río Achibueno        | ✓ ZUÑIGA                        | Río Achibueno |
| ✓ VEGA DE SALAS (2 variantes) | Estero Vega de Salas | ✓ LAS ANIMAS (2 variantes)      | Río Achibueno |
| ✓ COLLIGUAY                   | Río Achibueno        | ✓ PLACILLA                      | Río Achibueno |
| ✓ PEJERREYES (3 variantes)    | Estero Pejerreyes    |                                 |               |



*Figura 2-1 - Alternativas de embalse identificadas.*

## 2.2. SELECCIÓN DE SOLUCIONES A DESARROLLAR

Una vez estimadas las magnitudes principales de cada alternativa sobre la cartografía general, se realizó un primer análisis comparativo de los aspectos fundamentales que pueden condicionar su viabilidad técnico-económica, descartando aquellas que no cumplieron los requerimientos mínimos (tamaño de embalse, recurso hídrico, características geológico-geotécnicas, vulnerabilidad ambiental del entorno, etc.).

Atendiendo a los recursos hídricos disponibles y a las potenciales afecciones de carácter ambiental, se descartaron las alternativas en cabecera (Los Copihues, Zúñipga, Las Ánimas y Placilla), así como aquellas situadas en los esteros Vega de Salas y Pejerreyes, por los mismos motivos. Entre las alternativas restantes, la más atractiva es La Recova, que dispone de un recurso hídrico muy abundante, no está lejos de la zona regable y aparentemente no presenta problemas geológicos graves, aunque por estar en el curso bajo del tramo de río estudiado, el espesor del aluvial en el centro del cauce se prevé elevado.

Las cerradas Colliguay, Polcura, El Peñasco y El Montecillo 2, situadas todas ellas en el curso bajo y medio del tramo del río Achibueno estudiado, presentan también altos espesores del aluvial en el lecho. Colliguay y El Peñasco, además podrían tener también algunos problemas de permeabilidad de la margen izquierda, por la proximidad de la salida al Valle Central (El Peñasco) y por la proximidad del Estero Las Minas en el caso de Colliguay, que además carece de empotramiento en roca en su margen izquierda. Polcura presenta desprendimientos en la margen izquierda. El Montecillo 1 presenta afloramientos rocosos en su zona central y en el estribo derecho; sin embargo, presenta depósitos no consolidados de gran extensión en la margen izquierda, con ciertas incertidumbres para la fundación del muro y sobre su impermeabilidad.

Tras el análisis comparativo efectuado, se proponen como mejores soluciones a desarrollar, las alternativas:

- ✓ La Recova
- ✓ El Montecillo 1

### 3. TRABAJOS DE TERRENO

#### 3.1. CAMPAÑA GEOTÉCNICA

Se realizaron diversos reconocimientos geológicos de superficie, primero sobre todas las alternativas identificadas y después más detallados en los emplazamientos seleccionados de La Recova y El Montecillo-1, para obtener información sobre las condiciones litológicas generales, estructura del substrato rocoso, y la naturaleza y espesor de los recubrimientos cuaternarios en fondo de valle y laderas. Se cartografiaron los afloramientos rocosos existentes en ambas márgenes del valle, y en ellos se han tomado datos litológicos y de estructura del macizo rocoso en numerosas estaciones geomecánicas, identificando las eventuales fallas locales y la disposición de los sistemas de diaclasas dominantes en el entorno de los emplazamientos. También se realizó la cartografía geológica de los recubrimientos cuaternarios en zonas de vaguada, los niveles de terrazas fluviales, y la delimitación de los rellenos aluviales del fondo del valle.

Paralelamente a los reconocimientos geológicos, se realizó una campaña de investigación geotécnica de terreno, integrada por un total de 7 sondajes, 35 calicatas y 15 extendimientos de geofísica (sísmica de refracción, tomografía eléctrica y sísmica de reflexión). Todos los sondajes se perforaron a rotación, con recuperación continua de testigo y sistema de perforación *wire-line*. Sobre los testigos seleccionados de los sondajes y las muestras de las calicatas, se han realizado los ensayos de laboratorio pertinentes, para definir sus características. La gestión de permisos de particulares y de vialidad, la creación de los accesos, y la naturaleza de los terrenos (gravas, bolones y bloques) dificultaron enormemente estos trabajos, muy por encima de cualquier previsión. Sin embargo, la campaña logró finalmente alcanzar todos sus objetivos.

#### 3.2. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS

Los trabajos topográficos desarrollados han consistido en la obtención de las cartografías de la zona de riego y de los embalses a diversas escalas, para sustentar los diferentes estudios y diseños a desarrollar.

- 1) Zona del estudio a escala 1:10.000 con equidistancia de 10 m, por restitución de imágenes satelitales, complementando la información con un vuelo fotogramétrico de archivo a escala 1:20.000 del Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea de Chile (SAF).
- 2) Zona inundable de los embalses La Recova y El Montecillo-1, a escala 1:5.000 y equidistancias de 5 m, por restitución fotogramétrica del vuelo de archivo del SAF a escala 1:20.000.
- 3) Zonas del sitio de presa de La Recova y El Montecillo-1, a escala 1:2.000 con equidistancias de 2 m, mediante levantamiento taquimétrico tradicional.
- 4) Poligonales y nivelación, para materialización de una red Básica
- 5) Materialización de 2 puntos de referencia en terreno (PRs) en cada presa.

#### 3.3. ENCUESTAS AGROPECUARIAS

Se han realizado 2 campañas de toma de datos agropecuarios en terreno. La primera mediante encuestas simples de tipo cuantitativo, con la captura de 429 explotaciones agrarias, que significan una cobertura general del 22,1% y un total de 479 de roles, repartidos proporcionalmente entre todos los sectores y estratos. Tras su análisis, se realizó una segunda campaña de encuestas de caso, de tipo cuantitativo y cualitativo, que permitió profundizar la información obtenida durante la primera campaña.

#### 3.4. TRABAJOS AMBIENTALES DE TERRENO

Para el diagnóstico ambiental de las presas seleccionadas y sus correspondientes áreas de inundación, se efectuaron reconocimientos de terreno por parte de expertos en medioambiente y arqueología, con el objetivo de caracterizar los aspectos ambientales y tomar las muestras para los análisis de calidad de aguas.

## 4. ESTUDIOS BÁSICOS

### 4.1. ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

#### 4.1.1. Caracterización de las zonas de los embalses seleccionados

El substrato rocoso en La Recova está constituido por rocas andesíticas en el entorno del cauce y zona inferior de ambas márgenes; por encima, el substrato está formado por rocas de tipo tobáceo. Las andesitas son duras, sanas o débilmente meteorizadas en los afloramientos reconocidos, con resistencias a compresión de 50 a 150 MPa y velocidad sísmica de 3300 m/s, que aseguran condiciones favorables para cualquier tipología de presa. Por el contrario, el substrato tobáceo de la zona superior corresponde a un tipo de roca blanda de características muy inferiores, con resistencia a compresión del orden de 20 a 40 MPa y velocidad sísmica inferior a 2400 m/s para el estado sano del macizo. Además aparecen intensamente meteorizadas en superficie (grado IV-V) y hasta profundidades importantes, que disminuyen su resistencia (velocidad sísmica <2000 m/s a 30 m de profundidad).

Los suelos aluviales reconocidos (gravas de clastos rodados y bolones) presentan espesor máximo en torno a 15 m en la zona de apoyo de la presa, desarrollados sobre el substrato andesítico sano. La terraza de la margen derecha tiene >7,5 m de depósito aluvial, con los 4 m superiores de composición areno-limosa, y el resto de gravas y bolones.

En El Montecillo-1, la roca está presente en la margen derecha, en el cauce y en la zona baja-media de la margen izquierda. También está presente en la extensa zona llana de la margen izquierda, de unos 500 m de anchura, bajo un espesor variable y reducido de terraza, así como en afloramientos de la zona inferior de ladera en ambas márgenes. En la zona superior de la margen izquierda, y afectando previsiblemente al estribo izquierdo de la presa, aparecen depósitos poco consolidados de limos, arenas, gravas, bolones y bloques, que se extienden hacia aguas arriba por la margen izquierda, hasta coronación del relieve del sector del Alto del Latiguillo. El substrato rocoso es de tipo andesítico-basáltico, aunque intercala otros litotipos aglomeráticos o tobáceo-andesíticos. Localmente se detectan niveles bandeados en la zona superior de los afloramientos, interpretados como base de la serie sedimentaria que aflora aguas arriba del emplazamiento.

Los afloramientos presentes en el entorno del cauce, en la margen derecha del mismo y bajo la escasa terraza de la margen izquierda, se presentan con roca poco meteorizada y buenas características resistentes. Su grado de fracturación es muy variable, desde zonas con lajamiento decimétrico bien marcado, a tramos masivos con espaciados métricos de los sistemas de diaclasas dominantes. Además, en las zonas altas de ambas márgenes, especialmente en la margen derecha, la ausencia de afloramientos combinada con formas morfológicas relativamente suaves, pueden indicar la presencia de un substrato tobáceo más débil y con mayor profundidad de alteración, o de rocas sedimentarias menos resistentes, que afectarían al apoyo del estribo derecho de la presa.

La terraza fluvial de la margen izquierda presenta escaso espesor sobre el substrato rocoso en la zona de cauce (unos 4 m), sin embargo su espesor aumenta a medida que nos acercamos al relieve de la margen izquierda, especialmente cuando se añade su tramo superior de mayor predominio limoso (posiblemente debido a un recubrimiento de cenizas volcánicas edafizadas), presentando en conjunto un espesor de 21 m. A partir de 27-30 m de profundidad, la roca presentará buenas condiciones de impermeabilidad.

#### 4.1.2. Riesgos geológicos

En el embalse de La Recova, aparte de algún pequeño deslizamiento muy superficial en las tobas alteradas de ladera con pendientes muy verticalizadas, no se observan deslizamientos reseñables, ni acumulaciones de suelo de entidad suficiente para suponer riesgo de estabilidad de laderas en las oscilaciones de nivel de agua correspondientes al llenado y explotación del embalse.

En los materiales tobáceos no se espera gran espesor de alteración, difícilmente compatible con laderas tan verticales, y el riesgo de inestabilidades parece limitado a deslizamientos superficiales paralelos de pequeño espesor, que no deben comprometer la seguridad del conjunto presa-embalse.

Los materiales de la Fm Montaña, más sensibles a la inestabilidad por el contenido en finos de su matriz, quedan generalmente por encima de la cota de inundación. En el vaso no se evidencian problemas graves ligados a la permeabilidad. En la zona de mayor riesgo, por la proximidad del profundo estero Las Minas, en los primeros 2 km de la margen izquierda del vaso, parece aflorar el substrato tobáceo alterado hasta cotas equivalentes a las de coronación de la presa. Aguas arriba, hacia la zona de Los Copihues, no se evidencian riesgos de fuga del agua hacia otras cuencas. En todo caso, los riesgos de falta de estanqueidad podrían aparecer en cotas altas, de unos 100 m por encima del nivel del cauce, en la ladera izquierda.

Respecto al embalse El Montecillo-1, hay que señalar la presencia de materiales no consolidados en algunos tramos de la margen izquierda del embalse, que serán sometidos a saturación en el llenado del embalse. Dada la fuerte pendiente que presenta generalmente este relieve, no puede descartarse cierto riesgo de inestabilidad de laderas en las oscilaciones de nivel de agua correspondientes al llenado y explotación del embalse, especialmente en situación de desembalse rápido, y en el caso más desfavorable si se combina la concurrencia de desembalse rápido y sismo.

En fase de Factibilidad debería realizarse una evaluación más concreta de este riesgo, determinando espesores de suelos y pendientes dentro de la zona inundable del embalse. La presencia de algún escarpe de derrumbe importante indica la posibilidad de ocurrencia de remociones en masa de cierta entidad, que resultarían más probables en la hipotética situación de presencia de zonas saturadas en la matriz limo-arcillosa de la Fm Montaña, que pudieran quedar colgadas sobre el nivel de embalse con condiciones estabilidad muy críticas. La minoración de este posible riesgo puede requerir actuaciones de perfilado de taludes o drenaje en algún tramo de ladera.

El peligro volcánico viene dado por la presencia del Nevado Longaví, aproximadamente a 33 y 24 km al sureste de las presas de la Recova y Montecillo-1 respectivamente. Su altura alcanza la cota 3.242. No presenta registros de actividad eruptiva reciente, aunque muestra evidencias de actividad explosiva en un periodo de miles de años. Los antecedentes analizados, indican que el valle del Achibueno corresponde a un sector de muy baja o nula recurrencia de flujos de detritos volcánicos distales de origen lahárico. Solamente una erupción catastrófica y muy compleja, que solo ha ocurrido en un lapso de miles de años, podría tener alguna consecuencia.

#### 4.1.3. Disponibilidad de materiales

Las condiciones del entorno inmediato tanto a lo largo del valle del río Achibueno, como de los esteros Vega de Salas y Pejerreyes, presentan materiales de muy buena calidad, que constituyen los depósitos fluviales y fluvio-glaciares, gravas, bolones y bloques de composición andesítica y granodiorítica, siempre en estado fresco y de elevada dureza, que a priori son favorables para los requerimientos de las distintas tipologías de presas, de materiales sueltos, CFGD, de escollera o de hormigón (las gravas aluviales son idóneas para el suministro, mediante chancado, de los agregados necesarios para la fabricación del hormigón).

La única incertidumbre respecto a la posible procedencia de materiales, la constituyen las arcillas y limos que pudieran requerirse para la construcción de núcleos impermeables. Se ha observado la presencia de arcillas y limos de cierta plasticidad en la matriz que envuelve las arenas, gravas y bolones de la formación La Montaña, en la margen izquierda del valle del río Achibueno, en los sectores de Loma Membrillo y Alto de Latiguillo.

## 4.2. ESTUDIO SÍSMICO

Primero se realizó un marco sismogénico general de la zona de estudio, incluyendo información histórica sobre la localización, magnitud y mecanismo focal de la sismicidad, para definir y caracterizar las fuentes sismogénicas presentes en la zona. A continuación, se definió una ley de atenuación, considerando la pérdida de energía de las ondas sísmicas al atravesar distintas estructuras geológicas. Una vez definidos estos antecedentes, se realizó una estimación del peligro sísmico mediante el método probabilístico y un análisis determinístico considerando el escenario más desfavorable, de acuerdo con la información disponible, permitiendo determinar una aceleración horizontal máxima de 0,41 g para el sismo de diseño (100 años). Se estima que la aceleración vertical, podría ser 2/3 de la horizontal.

## 4.3. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

### 4.3.1. Recursos hídricos

El río Achibueno nace en la precordillera andina, en la zona denominada La Montaña, al pie del Nevado Longaví. De los afluentes de su curso superior destacan los esteros Los Guayes, Pejerreyes y Vega de Salas. Aguas abajo de la confluencia con el Ancoa, el río Achibueno cruza la depresión intermedia, orientado hacia el poniente, hasta desembocar por su ribera derecha en el río Loncomilla, en el sector conocido como Bodega. La longitud de su cauce es de unos 105 km, con una pendiente media del 1,59%.

La cuenca del río Achibueno se caracteriza por encontrarse en régimen natural y sólo en su último tramo, antes de su confluencia con el río Ancoa, su régimen se altera tras recibir las aguas del sistema Melado a través del Canal Lleo. La superficie de la cuenca ocupa aproximadamente 993 km<sup>2</sup>. El régimen hidrológico es de tipo mixto, nivopluvial. La aportación específica de la cuenca del Achibueno varía de 55 l/s/km<sup>2</sup> en mayo hasta 75 l/s/km<sup>2</sup> en agosto; después de una disminución en septiembre y octubre, se vuelve a elevar en noviembre con un máximo relativo de 70 l/s/km<sup>2</sup>; el promedio anual es de 48 l/s/km<sup>2</sup>.

La información utilizada corresponde a las series históricas de precipitación y temperatura a escala diaria en las estaciones meteorológicas y fluviométricas en la zona de estudio, proporcionadas por la DGA. Sobre esta información, se realizó el correspondiente análisis estadístico y estocástico, previamente a la elaboración del modelo hidrológico de transformación precipitaciones-escorrentía HEC-HMS. Este modelo, una vez calibrado y validado, proporcionó series de caudales medios mensuales muy próximos a las series históricas de caudales medios mensuales aforados en las estaciones fluviométricas de La Recova y El Peñasco. El ajuste del proceso hidrológico fue óptimo, destacando la gran cantidad de parámetros involucrados en el mismo. Entre los meses de enero y abril están los valores menores (estiaje). Los hidrogramas mayores corresponden a los meses de mayo a septiembre, con máximos en el mes de junio.

En La Recova se obtiene un caudal medio mensual de 42,91 m<sup>3</sup>/s, con máximo de 210,07 m<sup>3</sup>/s y mínimo de 1,16 m<sup>3</sup>/s. El caudal medio diario es 43,08 m<sup>3</sup>/s, con máximo de 498 m<sup>3</sup>/s. La aportación media al embalse es de 1.386 hm<sup>3</sup>/año, y desde el embalse hasta la zona de riego es de 140 hm<sup>3</sup>/año. En El Montecillo-1 el caudal medio mensual es 30,86 m<sup>3</sup>/s, con máximo de 70,52 m<sup>3</sup>/s y mínimo de 0,79 m<sup>3</sup>/s. El caudal medio diario es 30,99 m<sup>3</sup>/s, con máximo de 309 m<sup>3</sup>/s. La aportación media al embalse es de 1.027 hm<sup>3</sup>/año, y desde el embalse hasta la zona de riego es de 499 hm<sup>3</sup>/año.

### 4.3.2. Cálculo de crecidas

Los modelos hidrometeorológicos desarrollados para evaluación de las crecidas máximas en los puntos de los posibles embalses, a partir de las series meteorológicas y fluviométricas, han servido para obtener los hidrogramas de crecida correspondientes a los diversos periodos de retorno. Así, para La Recova se obtiene un caudal máximo de 2.709 m<sup>3</sup>/s para T=1.000 años, con un volumen de 151,3 hm<sup>3</sup>. En El Montecillo-1, se obtiene un caudal máximo de 2.059 m<sup>3</sup>/s para T=1.000 años, con un volumen de 117,73 hm<sup>3</sup>.

### 4.3.3. Estudio sedimentológico

Se han calculado las tasas medias esperadas de arrastre de sedimento en suspensión y de fondo, para obtener posteriormente el volumen de sedimento que quedará retenido en cada embalse durante su vida útil, prevista de 50 años, y que constituirá el llamado volumen muerto.

El río Achibueno no dispone de registros de muestreos de concentraciones en ningún punto de su trazado, habiendo sido necesario utilizar como información base la del río Teno, afluente del río Mataquito. Los antecedentes bibliográficos considerados son otros estudios similares realizados en cuencas hidrográficas cercanas a zona en que se centra el presente estudio. En La Recova los valores promedio del arrastre de sedimentos en suspensión es de 89.590 t/año y de fondo 22.400 t/año. Con estos valores, el volumen muerto se sitúa sobre 4 hm<sup>3</sup>. En El Montecillo-1, el arrastre de sedimentos en suspensión es de 73.720 t/año como promedio, y de fondo 18.430 t/año, obteniendo un volumen muerto de 3,4 hm<sup>3</sup>.

#### 4.4. DERECHOS DE AGUAS

Las aguas del río Achibueno están distribuidas entre los usuarios o regantes que están mayoritariamente organizados en dos secciones: desde el nacimiento del río hasta el puente ferroviario de Ferrocarriles del Estado (1ª Sección) y desde ese puente hasta la afluencia del Achibueno en el Loncomilla (2ª Sección).

La Junta de Vigilancia de la 1ª Sección del Río Achibueno distribuye 13.309 acciones, correspondientes a derechos de aguas de uso consuntivo, ejercicio permanente y continuo, que se distribuye entre 29 canales, agrupados en 23 Comunidades de Aguas. La recientemente constituida Junta de Vigilancia de la 2ª Sección del Río Achibueno reúne 2.391 acciones del río Achibueno, de uso consuntivo, ejercicio permanente y continuo, que se distribuye entre 6 Comunidades de Aguas. Los derechos acumulados por las dos Juntas de Vigilancia suman 15.700 acciones. Cada acción del río Achibueno equivale a 1,5 l/s, aunque durante el verano se reduce en la práctica hasta 0,5 l/s por acción, y la equivalencia definitiva sólo será legalmente válida una vez perfeccionados los derechos de aprovechamiento de los usuarios. Con esta equivalencia, el caudal total administrado por ambas Juntas de Vigilancia sumaría 23,55 m<sup>3</sup>/s, y un volumen anual de 742,7 hm<sup>3</sup>/año.

Además de los derechos de riego constituidos indicados anteriormente, en la zona de estudio se localizan una serie de derechos eventuales y permanentes, consuntivos y no consuntivos, para otros usos que no forman parte del proyecto de embalse, pero que también se han considerado con objeto de analizar su repercusión en los recursos hídricos naturales.

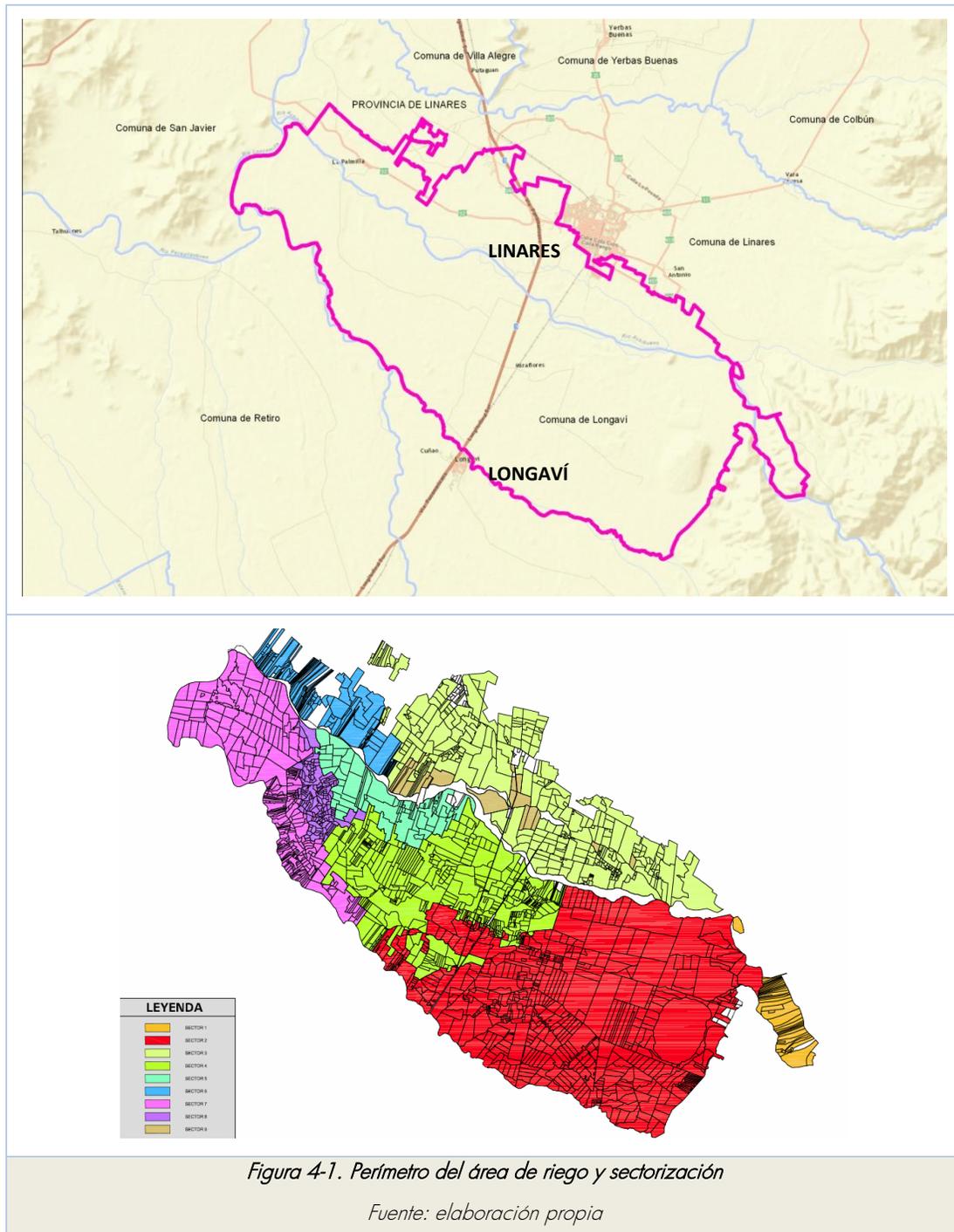
De todos los derechos no consuntivos existentes en la zona, tiene relevancia el correspondiente a la Central El Centinela para generación hidroeléctrica. La bocatoma se localiza en la margen derecha del río Achibueno inmediatamente aguas abajo del estero de Las Ánimas, y tiene concedido un caudal permanente y continuo de hasta 60 m<sup>3</sup>/s, con un caudal ecológico mínimo en el río de 3 m<sup>3</sup>/s. El caudal turbinado es devuelto al río entre los sitios de embalse El Montecillo-1 y La Recova. El caudal de estos derechos es una alta proporción de los recursos que corresponderían a la solución de Montecillo-1.

Adicionalmente, existen algunos derechos consuntivos de otros particulares, no agrupados en las mencionadas Juntas de Vigilancia, que han sido identificados (con carácter eventual y/o permanente) y cuantificados. También existen derechos de aprovechamiento de aguas del río Achibueno otorgados al Fisco, por un volumen de 480 hm<sup>3</sup> anuales de carácter consuntivo, continuo y eventual, para ser captados 1 km aguas abajo de la confluencia del río Achibueno con el Estero Vega de Salas, según consta en la inscripción del Conservador de Bienes Raíces de Linares.

## 4.5. ESTUDIOS AGRONÓMICOS

### 4.5.1. Objetivos y alcances generales

El objetivo del estudio agroeconómico es evaluar los beneficios económicos del proyecto en diferentes escenarios: Situación Actual, Situación Actual Optimizada y Situación Futura. Al analizar las características climáticas, geográficas y productivas de la zona regable, se establecieron 9 sectores de riego. Las figuras siguientes representan el perímetro del área de riego y su sectorización.



#### 4.5.2. Caracterización agroclimática y agrológica de los suelos

Para determinar el potencial productivo de los terrenos que se beneficiarían por el riego, se caracterizaron los suelos del área de estudio, con los siguientes resultados principales:

- Capacidad de uso: el 63% de los suelos tienen capacidad I a III (sin limitaciones a limitaciones moderadas), que restringen la elección de cultivos, pero buenos para determinadas especies.
- Categorías de riego: el 48% de los suelos tiene categoría 1 y 2 (muy bien adaptados-moderadamente adaptados).
- Aptitud frutal: el 47% de los suelos corresponde a clases A, B y C (sin limitaciones a moderadas).
- Aptitud agrícola: el 63% de los suelos corresponde a las clases 1, 2 y 3 (sin limitaciones o limitaciones moderadas).
- Erosión de suelos: el 96% de los suelos no tiene ningún problema de erosión.

Teniendo en cuenta los parámetros agroclimáticos de la zona y los requerimientos de los cultivos, se concluye que el área de estudio tiene condiciones muy favorables para el cultivo de la mayoría de las especies cultivables que se desarrollan en climas templados, bajo régimen hídrico de riego:

- Frutales de hoja caduca (manzano, cerezo, nogal, arándano, frambuesa, vid, kiwi y olivo).
- Cultivos anuales y hortalizas (remolacha, maíz, papa, poroto, melón, sandía, tomate, cebolla, coliflor, frutillas, tabaco y espárragos).
- Amplia gama de especies de praderas y forrajeras.

Las áreas cubiertas por estos distritos son propicias para el cultivo en secano de trigo, arroz, avena, cebada, habas, vicias y ballicas anuales, entre otras.

#### 4.5.3. Calidad del agua de riego

Su aptitud para riego se determinó mediante muestreos y análisis físico-químicos y bacteriológicos según NCh-1333 en 8 puntos, aguas arriba y aguas abajo de todas las alternativas de embalse. No existe peligro de problemas de sal, ni de sodio; para el resto de parámetros, todos los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites permitidos. Ausencia de problemas en lo referente a permeabilidad (RAS y PSI), toxicidad iónica específica (Na, Cl, B) y efectos diversos (pH). El valor del pH está entre 6,0 y 7,1 (dentro del rango 5,5-9,0 establecido en la NCh-1333). Puede concluirse que el agua del río Achibueno es de buena calidad y apta para riego en todos los emplazamientos estudiados.

#### 4.5.4. Infraestructura de riego

De los antecedentes recopilados, el reconocimiento en terreno y los conocimientos aportados por los dirigentes y/o celadores de los canales, con quienes se ha mantenido mucho contacto, se obtuvo importante información de la infraestructura básica de la red de riego. El sistema de riego del río Achibueno está conformado por una vasta red de canales matrices y derivados y subderivados, con más de 20 bocatomas. Algunos de los canales, hasta hace un tiempo con bocatomas independientes, se han unificado disponiendo de una única compuerta de captación, para posteriormente separarse mediante un marco partidior. La mayoría de los canales pertenecen a la Junta de Vigilancia del Río Achibueno 1ª Sección. Las comunidades pertenecientes a la 2ª Sección del Río Achibueno se incluyeron en el *“Programa de Transferencia para la Constitución de Juntas de Vigilancia, Zona Sur”*, que impulsó la Comisión Nacional de Riego (CNR) del Ministerio de Agricultura, que tenía el objetivo apoyar la conformación de juntas de vigilancia en las regiones del Maule y Bío-Bío.

#### 4.5.5. Situación actual agropecuaria

Para caracterizar la zona de riego se ha dividido el área en 9 sectores homogéneos, que junto con la clasificación de niveles tecnológicos de los agricultores y los estratos productivos (dados por los tamaños prediales), definen las unidades para la caracterización productiva y económica agropecuaria. Para conocer otros aspectos físicos, productivos, legales y económicos, asociados a los agricultores del área, se realizó una campaña de encuestas simples de tipo cuantitativa (429 encuestas a propietarios, que representaron >9.800 ha).

Del análisis de resultados, se realizaron 35 estudios de caso, para ahondar en los aspectos técnicos de los distintos rubros productivos del área, identificando todas las labores, insumos y productos que se obtienen en la agricultura y ganadería, y sus costos asociados, para evaluar después los beneficios del proyecto.

*Tabla 4-1. Estructura de la propiedad*

| Estructura agraria |                 | Propiedades |             | Superficie    |             | Encuestas realizadas |            |
|--------------------|-----------------|-------------|-------------|---------------|-------------|----------------------|------------|
| Estrato            | Superficie (ha) | Nº          | %           | Ha            | %           | Sup. (ha)            | Nº         |
| 1                  | 0,00 a 2,00     | 428         | 22%         | 455           | 1%          | 90                   | 81         |
| 2                  | 2,01 a 5,00     | 369         | 19%         | 1.222         | 3%          | 249                  | 71         |
| 3                  | 5,01 a 15,00    | 449         | 23%         | 4.044         | 12%         | 888                  | 99         |
| 4                  | 15,01 a 30,00   | 371         | 19%         | 8.050         | 23%         | 1.906                | 87         |
| 5                  | 30,01 a 50,00   | 160         | 8%          | 5.805         | 17%         | 1.348                | 39         |
| 6                  | 50,01 a 100,00  | 113         | 6%          | 7.389         | 21%         | 2.021                | 32         |
| 7                  | Más de 100,01   | 53          | 3%          | 8.084         | 23%         | 3.336                | 20         |
| <b>TOTAL</b>       |                 | <b>1943</b> | <b>100%</b> | <b>35.049</b> | <b>100%</b> | <b>9.838</b>         | <b>429</b> |

El uso del suelo de la Situación Actual se obtiene de la expansión de los resultados de la encuesta simple. Sus resultados se presentan más adelante, en la misma tabla de la *Situación Con Proyecto*.

#### 4.5.6. Situación sin proyecto

La situación sin proyecto corresponde a un escenario futuro sin embalse, pero incorporando ciertas mejoras en las infraestructuras de riego y en los procesos productivos, con el 5% del valor de las inversiones que se realizarían con el proyecto del embalse. Esto se realizaría en el marco de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica, orientado principalmente a producir cambios de conducta por parte de los agricultores, con una mayor repercusión en los agricultores de nivel tecnológico y empresarial bajo y medio. El uso del suelo, en estructura productiva, es el mismo que en la Situación Actual, si bien se produce una moderada inversión en tecnificación de los rubros más productivos, como es el caso de los frutales.

#### 4.5.7. Situación con proyecto. Programa de transferencia tecnológica

Las Situaciones Con Proyecto (SCP), corresponden al mejoramiento de las condiciones actuales, mediante la construcción del embalse y otras obras civiles complementarias, para aumentar la eficiencia de uso del agua y satisfacer la demanda de los cultivos. Los principales cambios entre la situación actual y la situación con proyecto, han sido:

- Incorporación a riego de hasta el 80-90% de la superficies que son arables no cultivada y sin uso potencialmente cultivables.
- Aumento significativo de la superficie de frutales con riego tecnificado, sobre todo cerezo, manzano, y en menor medida, kiwi, uva vinícola, frambuesa y arándano. Aumentan también los cultivos industriales (remolacha, tomate industrial) y disminuye la superficie de praderas y forrajeras.
- Incorporación de una superficie importante de riego tecnificado, aproximadamente 8.000 ha de riego de baja presión (goteo, micro-aspersión y cinta), y unas 550 ha de riego por aspersión y/o pivote.

Además, se plantea un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica, con el objetivo de que los usuarios de los sectores de influencia del proyecto adopten las mejores decisiones en torno a los cultivos a introducir en el nuevo sistema y a los métodos de riego por implementar.

En el presente proyecto se contempla un programa de aplicación tecnológica en sistemas de riego y cultivos, por un periodo de cuatro a seis años, dependiendo del estrato de tamaño predial. Este programa no considera la participación de propiedades calificadas con nivel técnico y empresarial alto, por cuanto éstas alcanzan mayores rendimientos y eficiencia en los procesos en forma autónoma. El programa se diseña para el 80% de los agricultores de niveles tecnológicos bajos y medios, siendo 1.444 los usuarios beneficiados. El costo previsto para este programa el 1<sup>er</sup> año sería de \$240.571/predio en la comuna de Linares y \$157.149/predio en la comuna de Longaví. El resto de los años, el coste sería de \$170.863/predio en Linares y \$112.414/predio en Longaví.

Debido al cambio de estructura productiva, al aumento de superficie regada y a las mejoras en el manejo y nivel tecnológico de los cultivos, los volúmenes de producción también aumentan. En la siguiente tabla se muestra el uso futuro del suelo en situación con proyecto (SCP) con 85% de seguridad del área máxima de riego, y los valores homólogos en las situaciones actual y sin proyecto.

Tabla 4-2. Uso del suelo en SA, SSP y SCP del área de estudio

| Rubro productivo                                    | Método de riego   | Situación Actual |              | Situación Sin Proyecto |              | Situación Con Proyecto |              |
|---|-------------------|------------------|--------------|------------------------|--------------|------------------------|--------------|
|   |                   | Sup. (ha)        | %            | Sup. (ha)              | %            | Sup. (ha)              | %            |
| <b>Cereales-Leguminosas y Tubérculos</b>            |                   | <b>12.492</b>    | <b>49,8</b>  | <b>12.492</b>          | <b>49,81</b> | <b>11.298</b>          | <b>39,33</b> |
| Arroz   | Pretiles          | 5.061            | 20,18        | 5.061                  | 20,18        | 5.902                  | 20,55        |
| Cebada y Avena                                      | Tendido           | 19               | 0,08         | 19                     | 0,08         | 0                      | 0            |
| Maíz (grano seco)                                   | Surco-ten.-asp.   | 2.735            | 10,91        | 2.735                  | 10,91        | 4.165                  | 14,5         |
| Papa  | Surco-tendido     | 98               | 0,39         | 98                     | 0,39         | 142                    | 0,49         |
| Poroto  | Surco-ten.-asp.   | 430              | 1,72         | 430                    | 1,71         | 613                    | 2,13         |
| Trigo   | Tendido           | 1.563            | 6,23         | 1.563                  | 6,23         | 264                    | 0,92         |
| Trigo y Avena                                       | S/r               | 1003             | 3,99         | 1003                   | 3,99         | 0                      | 0            |
| Barbecho cereales                                   | S/r               | 1.582            | 6,31         | 1.582                  | 6,31         | 214                    | 0,74         |
| <b>Frutales y vides</b>                             |                   | <b>4.948</b>     | <b>19,73</b> | <b>4.947</b>           | <b>19,72</b> | <b>12.399</b>          | <b>43,17</b> |
| Arándano  | goteo-surco       | 1.187            | 4,73         | 1.188                  | 4,73         | 1.767                  | 6,15         |
| Avellano  | goteo-surco       | 1.449            | 5,78         | 1.449                  | 5,78         | 2.443                  | 8,51         |
| Cerezo  | Goteo             | 123              | 0,49         | 123                    | 0,49         | 863                    | 3,01         |
| Frambuesa   | goteo-surco       | 398              | 1,59         | 396                    | 1,58         | 1.543                  | 5,37         |
| Kiwi  | goteo-microasp    | 155              | 0,62         | 155                    | 0,62         | 750                    | 2,62         |
| Manzano   | goteo-micro-surco | 1374             | 5,47         | 1374                   | 5,47         | 3.852                  | 13,41        |
| Nogal   | Goteo             | 0                | 0            | 0                      | 0            | 489                    | 1,7          |
| Peral   | goteo-micro-surco | 130              | 0,51         | 130                    | 0,51         | 126                    | 0,44         |
| Uva de mesa   | goteo-surco       | 63               | 0,25         | 62                     | 0,24         | 496                    | 1,72         |
| Vivero frutales                                     | Goteo             | 72               | 0,29         | 72                     | 0,29         | 72                     | 0,25         |
| <b>Hortícolas y Semilleros</b>                      |                   | <b>1.982</b>     | <b>7,9</b>   | <b>1.982</b>           | <b>7,9</b>   | <b>2.427</b>           | <b>8,45</b>  |
| Arveja verde  | surco-tend        | 33               | 0,13         | 33                     | 0,13         | 81                     | 0,29         |
| Choclo  | surco             | 66               | 0,26         | 66                     | 0,26         | 115                    | 0,4          |
| Huerta casera                                       | surco-tend-goteo  | 274              | 1,09         | 274                    | 1,09         | 239                    | 0,83         |
| Maíz (semillero)                                    | pivote-surco      | 1150             | 4,58         | 1150                   | 4,58         | 1243                   | 4,32         |
| Maravilla (semillero)                               | surco             | 26               | 0,1          | 26                     | 0,1          | 27                     | 0,09         |
| Melón y Sandía                                      | surco             | 145              | 0,58         | 145                    | 0,58         | 335                    | 1,16         |
| Semillero de hortalizas                             | surco             | 85               | 0,34         | 85                     | 0,34         | 85                     | 0,3          |
| Tomate consumo fresco                               | surco-cinta       | 82               | 0,33         | 82                     | 0,33         | 161                    | 0,56         |
| Otros hortalizas                                    | surco-tend-goteo  | 123              | 0,5          | 123                    | 0,5          | 140                    | 0,5          |
| <b>Cultivos Industriales</b>                        |                   | <b>256</b>       | <b>1,02</b>  | <b>256</b>             | <b>1,02</b>  | <b>754</b>             | <b>2,63</b>  |
| Maravilla   | surco             | 19               | 0,08         | 19                     | 0,08         | 33                     | 0,12         |
| Remolacha azucarera                                 | aspersión         | 64               | 0,26         | 64                     | 0,26         | 225                    | 0,78         |
| Tabaco  | tendido           | 29               | 0,12         | 29                     | 0,12         | 31                     | 0,11         |
| Tomate industrial                                   | goteo             | 144              | 0,58         | 144                    | 0,58         | 466                    | 1,62         |
| <b>Praderas y Forrajeras</b>                        |                   | <b>4.907</b>     | <b>19,56</b> | <b>4.907</b>           | <b>19,56</b> | <b>1.845</b>           | <b>6,42</b>  |
| Alfalfa   | tendido-pivote    | 95               | 0,38         | 95                     | 0,38         | 690                    | 2,4          |
| Maíz silo   | surco             | 31               | 0,12         | 31                     | 0,12         | 190                    | 0,66         |
| Pradera Mixta                                       | tendido-pivote    | 1144             | 4,56         | 1144                   | 4,56         | 965                    | 3,36         |
| Pradera Natural                                     | tendido           | 1.527            | 6,09         | 1.527                  | 6,09         | 0                      | 0            |
| Pradera Natural                                     | S/R               | 2.110            | 8,41         | 2.110                  | 8,41         | 0                      | 0            |
| <b>Cultivos forestales</b>                          |                   | <b>497</b>       | <b>1,98</b>  | <b>497</b>             | <b>1,98</b>  | <b>0</b>               | <b>0</b>     |
| Álamo   | tendido           | 121              | 0,48         | 121                    | 0,48         | 0                      | 0            |
| Eucalipto, pino                                     | tendido           | 321              | 1,27         | 321                    | 1,27         | 0                      | 0            |
| Eucalipto   | S/R               | 55               | 0,22         | 55                     | 0,22         | 0                      | 0            |
| <b>Total arable cultivada</b>                       |                   | <b>25.082</b>    | <b>100</b>   | <b>25.081</b>          | <b>100</b>   | <b>28.724</b>          | <b>100</b>   |
| <b>Arable cultivada con riego</b>                   |                   | <b>20.332</b>    | <b>58,01</b> | <b>20.331</b>          | <b>58,01</b> | <b>28.510</b>          | <b>81,34</b> |
| <b>Arable cultivada sin riego</b>                   |                   | <b>4.750</b>     | <b>13,55</b> | <b>4.750</b>           | <b>13,55</b> | <b>214</b>             | <b>0,61</b>  |
| <b>Arable no cultivada</b>                          |                   | <b>2.695</b>     | <b>7,69</b>  | <b>2.695</b>           | <b>7,69</b>  | <b>269</b>             | <b>0,77</b>  |
| <b>Sin uso, potencialmente cultivable con riego</b> |                   | <b>1.523</b>     | <b>4,35</b>  | <b>1.525</b>           | <b>4,35</b>  | <b>307</b>             | <b>0,87</b>  |
| <b>Sin uso, potencialmente cultivable en secano</b> |                   | <b>913</b>       | <b>2,61</b>  | <b>913</b>             | <b>2,61</b>  | <b>913</b>             | <b>2,61</b>  |
| <b>Forestal, bosque nativo, matorral</b>            |                   | <b>2.059</b>     | <b>5,87</b>  | <b>2.059</b>           | <b>5,87</b>  | <b>2.059</b>           | <b>5,87</b>  |
| <b>Improductivo e infraestructuras</b>              |                   | <b>2.777</b>     | <b>7,92</b>  | <b>2.777</b>           | <b>7,92</b>  | <b>2.777</b>           | <b>7,92</b>  |
| <b>Total</b>  |                   | <b>35.049</b>    | <b>100</b>   | <b>35.049</b>          | <b>100</b>   | <b>35.049</b>          | <b>100</b>   |

En la siguiente tabla se comparan los márgenes brutos por hectárea de los rubros productivos de las distintas situaciones: actual, sin proyecto y con proyecto. En el caso de frutales se considera la plena producción.

Tabla 4-3. Márgenes brutos agronómicos en SA-SSP-SCP

| Cultivo               | Tipo riego      | Año    | Nivel Tecnológico |            |             | Márgenes a precios de mercado (\$) |           |           | Márgenes a precios de sociales (\$) |           |           |
|-----------------------|-----------------|--------|-------------------|------------|-------------|------------------------------------|-----------|-----------|-------------------------------------|-----------|-----------|
|                       |                 |        | SA                | SSP        | SCP         | SA                                 | SSP       | SCP       | SA                                  | SSP       | SCP       |
| Arándano              | Goteo           | 6 a 20 | Medio-alto        | Medio-alto | Medio-alto  | 5.496.698                          | 5.413.825 | 9.201.105 | 6.921.400                           | 6.837.699 | 9.201.105 |
| Avellano              | Goteo           | 7 a 20 | Medio-alto        | Medio-alto | Alto        | 2.663.269                          | 2.848.627 | 3.290.324 | 2.831.873                           | 3.020.310 | 3.290.324 |
| Cerezo                | Goteo           | 8 a 35 | Alto              | Alto       | Alto        | 6.352.548                          | 6.932.339 | 9.204.324 | 7.561.671                           | 8.211.907 | 9.204.324 |
| Frambuesa             | Goteo           | 5 a 12 | Medio-alto        | Medio-alto | Alto        | 3.236.317                          | 3.589.011 | 6.068.906 | 5.077.790                           | 5.581.147 | 6.068.906 |
| Frambuesa             | Surco           | 3 a 12 | Medio-bajo        | Medio-bajo | Medio       | 2.290.857                          | 2.404.057 | 4.441.881 | 3.834.667                           | 3.995.685 | 4.441.881 |
| Kiwi                  | Micro-aspersión | 8 a 25 | Alto              | Alto       | Alto        | 4.196.343                          | 4.589.332 | 5.700.852 | 4.972.622                           | 5.412.983 | 5.700.852 |
| Manzano verde ó rojo  | Goteo           | 9 a 40 | Medio-alto        | Medio-alto | Alto        | 2.885.263                          | 2.885.263 | 5.282.572 | 3.537.020                           | 3.537.020 | 5.282.572 |
| Manzano verde ó rojo  | Micro-aspersión | 9 a 40 | Alto              | Alto       | Alto        | 2.337.798                          | 2.337.798 | 4.941.451 | 3.099.185                           | 3.099.185 | 4.941.451 |
| Peral                 | Goteo           | 9 a 40 | Medio-alto        | Medio-alto | Alto        | 3.625.578                          | 3.625.578 | 4.630.598 | 4.263.237                           | 4.263.237 | 4.630.598 |
| Uva vinícola          | Surco           | 8 a 40 | Medio             | Medio      | Medio       | 287.372                            | 409.969   | 976.302   | 451.529                             | 573.873   | 976.302   |
| Uva vinícola          | Goteo           | 8 a 40 | -                 | Medio      | Alto        | -                                  | 1.046.095 | 1.783.721 | -                                   | 1.500.983 | 1.783.721 |
| Arroz                 | Pretilles       | -      | Bajo              | Bajo       | Medio       | 107.802                            | 196.985   | 301.216   | 179.885                             | 268.617   | 301.216   |
| Arroz                 | Pretilles       | -      | Medio-alto        | Medio-alto | Alto        | 384.724                            | 607.249   | 667.040   | 479.771                             | 702.241   | 667.040   |
| Maíz (grano seco)     | Surco           | -      | Bajo              | Bajo       | Medio       | 162.548                            | 201.806   | 429.324   | 244.216                             | 289.929   | 429.324   |
| Maíz (grano seco)     | Surco           | -      | Medio-alto        | Medio-alto | Alto        | 553.954                            | 673.543   | 960.762   | 646.287                             | 775.088   | 960.762   |
| Trigo                 | Tendido         | -      | Bajo              | Bajo       | Medio       | 70.963                             | 72.581    | 225.655   | 114.423                             | 115.419   | 225.655   |
| Trigo                 | Tendido         | -      | Medio-alto        | Medio-alto | Alto        | 99.409                             | 135.502   | 191.980   | 130.232                             | 167.602   | 191.980   |
| Trigo                 | Sin riego       | -      | Bajo              | Bajo       | -           | 51.968                             | 55.658    | -         | 67.225                              | 70.542    | -         |
| Trigo                 | Sin riego       | -      | Medio-alto        | Medio-alto | -           | 41.595                             | 77.688    | -         | 44.412                              | 81.782    | -         |
| Papa                  | Surco           | -      | Medio-bajo        | Medio-bajo | Medio       | 506.950                            | 631.820   | 862.194   | 627.011                             | 799.828   | 862.194   |
| Poroto                | Surco           | -      | Bajo              | Bajo       | Medio, bajo | 513.618                            | 557.617   | 707.004   | 605.180                             | 661.721   | 707.004   |
| Poroto                | Aspersión       | -      | Medio-alto        | Medio-alto | Alto        | 674.481                            | 776.945   | 1.057.924 | 764.009                             | 865.928   | 1.057.924 |
| Choclo                | Surco           | -      | Bajo              | Bajo       | Bajo        | 336.022                            | 392.922   | 729.123   | 528.281                             | 591.166   | 729.123   |
| Choclo                | Surco           | -      | Medio             | Medio      | Medio       | 644.757                            | 701.657   | 1.154.447 | 893.851                             | 956.736   | 1.154.447 |
| Melón                 | Surco           | -      | Medio-bajo        | Medio-bajo | Medio       | 1.132.839                          | 1.132.839 | 1.757.677 | 1.364.319                           | 1.364.319 | 1.757.677 |
| Sandía                | Surco           | -      | Medio-bajo        | Medio-bajo | Medio-Alto  | 1.318.539                          | 1.318.539 | 1.784.067 | 1.584.904                           | 1.584.904 | 1.784.067 |
| Cebolla               | Surco           | -      | Medio-bajo        | Medio-bajo | Medio       | 1.282.931                          | 1.327.656 | 2.151.620 | 1.706.181                           | 1.766.356 | 2.151.620 |
| Zapallo               | Surco           | -      | Medio-bajo        | Medio-bajo | Medio       | 1.206.121                          | 1.206.121 | 1.717.739 | 1.323.038                           | 1.323.038 | 1.717.739 |
| Maíz (semillero)      | Surco           | -      | Medio-alto        | Medio-alto | Medio-alto  | 616.114                            | 569.624   | 897.769   | 657.769                             | 610.815   | 897.769   |
| Maravilla (semillero) | Surco           | -      | Medio             | Medio      | Medio       | 678.797                            | 632.307   | 1.063.090 | 703.090                             | 656.135   | 1.063.090 |
| Tabaco                | Tendido         | -      | Medio-bajo        | Medio-bajo | Medio-bajo  | 791.063                            | 791.063   | 1.240.070 | 1.240.070                           | 1.240.070 | 1.240.070 |
| Remolacha azucarera   | Aspersión       | -      | Alto              | Alto       | Alto        | 1.311.905                          | 1.305.152 | 1.676.234 | 1.317.416                           | 1.310.596 | 1.676.234 |
| Tomate industrial     | Surco           | -      | Medio-bajo        | Medio-bajo | Medio       | 855.767                            | 995.087   | 1.218.174 | 946.184                             | 1.094.122 | 1.218.174 |
| Tomate industrial     | Cinta           | -      | Alto              | Alto       | Alto        | 1.545.767                          | 1.545.767 | 1.979.341 | 1.625.506                           | 1.625.506 | 1.979.341 |
| Alfalfa               | Tendido         | -      | Medio-bajo        | Medio-bajo | Medio-alto  | 290.862                            | 383.713   | 531.602   | 309.306                             | 399.794   | 531.602   |
| Maíz silo             | Surco           | -      | Medio             | Medio      | -           | 313.943                            | 313.943   | -         | 326.858                             | 326.858   | -         |
| Maíz silo             | Surco           | -      | Alto              | Alto       | Alto        | 402.807                            | 402.807   | 638.679   | 415.722                             | 415.722   | 638.679   |
| Pradera Mixta         | Tendido         | -      | Bajo              | Bajo       | Bajo        | 36.281                             | 36.281    | 117.145   | 59.473                              | 59.473    | 117.145   |
| Pradera Mixta         | Tendido         | -      | Medio             | Medio      | Medio       | 100.928                            | 100.928   | 225.057   | 124.120                             | 124.120   | 225.057   |
| Pradera Mixta         | Tendido         | -      | Alto              | Alto       | Alto        | 149.888                            | 149.888   | 370.157   | 173.080                             | 173.080   | 370.157   |
| Pradera natural       | Tendido         | -      | Bajo              | Bajo       | -           | 22.921                             | 22.921    | -         | 39.080                              | 39.080    | -         |
| Pradera natural       | Tendido         | -      | Medio             | Medio      | -           | 61.948                             | 61.948    | -         | 78.108                              | 78.108    | -         |
| Pradera natural       | Tendido         | -      | Alto              | Alto       | -           | 112.219                            | 112.219   | -         | 128.378                             | 128.378   | -         |
| Pradera natural       | Sin riego       | -      | Bajo              | Bajo       | -           | 13.098                             | 13.098    | -         | 13.098                              | 13.098    | -         |
| Pradera natural       | Sin riego       | -      | Medio             | Medio      | -           | 38.718                             | 38.718    | -         | 38.718                              | 38.718    | -         |
| Pradera natural       | Sin riego       | -      | Alto              | Alto       | -           | 56.109                             | 56.109    | -         | 56.109                              | 56.109    | -         |

#### 4.5.8. Demanda de agua

Se han establecido 5 posibles escenarios agronómicos, que corresponden a diferentes tamaños de la zona regada y del correspondiente embalse necesario para asegurar el riego al 85%, cada escenario con sus correspondientes beneficios de producción agraria y costos de construcción de la infraestructura hidráulica. El primer escenario corresponde a la máxima zona regable considerada, los demás corresponden a superficies progresivamente menores.

En la siguiente tabla se resume la demanda bruta de agua para cada superficie de riego, según la estructura productiva de la Situación actual, y de la Situación con Proyecto en cada uno de los 5 escenarios. Estos valores de demanda no consideran las pérdidas en el sistema de conducción extrapredial (a lo largo del cauce, desde el embalse hasta las bocatomas), que se añaden en el modelo de regulación del embalse. Las superficies de riego que figuran al final de la tabla en los diferentes escenarios se refieren a las extensiones regadas desde el embalse; así, en el escenario de menor tamaño quedan fuera de la regulación del embalse algunas superficies regadas actualmente sin seguridad, y que continuarían en la misma situación en el futuro.

*Tabla 4-4. Demanda bruta de agua en SA, SSP y SCP (m<sup>3</sup>/mes)*

| Mes             | SA                 | SSP                | SCP-Esc. 1         | SCP-Esc. 2         | SCP-Esc. 3         | SCP-Esc. 4         | SCP-Esc. 5         |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| May             | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  |
| Jun             | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  |
| Jul             | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  |
| Ago             | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  | 0                  |
| Sep             | 63.890             | 63.890             | 92.495             | 92.515             | 85.596             | 72.599             | 63.277             |
| Oct             | 18.502.975         | 18.252.966         | 17.715.131         | 17.036.721         | 15.813.833         | 13.556.254         | 11.742.500         |
| Nov             | 46.210.356         | 44.537.282         | 48.837.845         | 46.923.880         | 43.554.141         | 37.701.793         | 33.093.447         |
| Dic             | 69.843.431         | 66.613.231         | 77.327.447         | 74.280.041         | 68.950.553         | 59.826.112         | 52.711.684         |
| Ene             | 72.365.960         | 68.821.218         | 85.360.814         | 82.308.006         | 76.394.621         | 66.261.182         | 58.376.130         |
| Feb             | 57.807.047         | 55.422.052         | 70.646.505         | 68.330.475         | 63.420.340         | 54.979.396         | 48.381.343         |
| Mar             | 34.798.857         | 33.953.046         | 42.118.679         | 40.961.944         | 38.013.901         | 32.816.178         | 28.713.059         |
| Abr             | 7.301.269          | 7.300.877          | 8.321.443          | 8.163.468          | 7.571.743          | 6.487.812          | 5.624.695          |
| <b>TOTAL</b>    | <b>306.893.786</b> | <b>294.964.562</b> | <b>350.420.357</b> | <b>338.097.050</b> | <b>313.804.728</b> | <b>271.701.326</b> | <b>238.706.136</b> |
| Sup regada (ha) | <b>20.332</b>      | <b>20.332</b>      | <b>28.509</b>      | <b>27.469</b>      | <b>25.493</b>      | <b>22.243</b>      | <b>19.694</b>      |

#### 4.5.9. Beneficios agrícolas netos del proyecto

El beneficio neto agronómico correspondiente a la construcción del embalse en el río Achibueno se obtiene como diferencia entre los flujos de las situaciones con proyecto y sin proyecto. Estos flujos contemplan tanto los márgenes agrícolas directos de los cultivos como los gastos indirectos generales, inversión en riego, asistencia técnica y habilitación de terrenos cuando corresponda. El resultado se presenta en las tablas de las páginas siguientes a precios de mercado y precios sociales.

En la siguiente tabla se muestra el balance de la generación de empleo agrícola permanente y temporal entre la Situación Actual y la Situación Con Proyecto, para cada solución y escenario. Destaca el crecimiento similar en el empleo femenino (F) y masculino (M).

*Tabla 4-5. Generación de empleo agrícola total del área*

| Tipo Empleo                  |   | SA       | SCP-Esc. 1 |        | SCP-Esc. 2 |        | SCP-Esc. 3 |        | SCP-Esc. 4 |        | SCP-Esc. 5 |        |
|------------------------------|---|----------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
|                              |   | Cantidad | Cantidad   | Var.   |
| Jornadas Anuales Totales     | M | 746.438  | 1.859.656  | 149,1% | 1.824.171  | 144,4% | 1.657.961  | 122,1% | 1.373.397  | 84,0%  | 1.169.945  | 56,7%  |
|                              | F | 274.079  | 968.004    | 253,2% | 946.002    | 245,2% | 847.889    | 209,4% | 678.784    | 147,7% | 556.803    | 103,2% |
| Jornadas Anuales Permanentes | M | 508.530  | 768.799    | 51,2%  | 754.257    | 48,3%  | 689.849    | 35,7%  | 581.473    | 14,3%  | 504.216    | -0,8%  |
|                              | F | 39.066   | 108.537    | 177,8% | 106.597    | 172,9% | 96.131     | 146,1% | 78.606     | 101,2% | 66.836     | 71,1%  |
| Mensuales Permanentes        | M | 1.766    | 2.669      | 51,2%  | 2.619      | 48,3%  | 2.395      | 35,7%  | 2.019      | 14,3%  | 1.751      | -0,8%  |
|                              | F | 136      | 377        | 177,8% | 370        | 172,9% | 334        | 146,1% | 273        | 101,2% | 232        | 71,1%  |
| Jornadas Anuales Temporales  | M | 237.908  | 1.090.857  | 358,5% | 1.069.915  | 349,7% | 968.111    | 306,9% | 791.924    | 232,9% | 665.729    | 179,8% |
|                              | F | 235.012  | 859.467    | 265,7% | 839.405    | 257,2% | 751.758    | 219,9% | 600.178    | 155,4% | 489.967    | 108,5% |

Tabla 4-6. Márgenes y flujos netos a precios de mercado (\$)

| Año        | Margen Neto    |                |                |                |                |                | Flujos Netos          |                       |                       |                       |                       |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|            | SSP            | SCP            |                |                |                |                | Esc. 1                | Esc. 2                | Esc. 3                | Esc. 4                | Esc. 5                |
|            |                | Esc. 1         | Esc. 2         | Esc. 3         | Esc. 4         | Esc. 5         |                       |                       |                       |                       |                       |
| 1          | 19.731.540.762 | 16.487.781.476 | 16.552.205.388 | 17.275.979.614 | 18.420.237.855 | 19.170.290.961 | -3.243.759.286        | -3.179.335.374        | -2.455.561.148        | -1.311.302.907        | -561.249.800          |
| 2          | 18.871.498.346 | 17.500.831.724 | 17.443.690.629 | 18.255.938.709 | 19.553.788.725 | 20.223.952.236 | -1.370.666.622        | -1.427.807.716        | -615.559.637          | 682.290.379           | 1.352.453.891         |
| 3          | 21.220.930.849 | 16.325.329.705 | 16.400.429.206 | 17.436.602.639 | 19.102.285.146 | 20.154.288.174 | -4.895.601.144        | -4.820.501.643        | -3.784.328.210        | -2.118.645.703        | -1.066.642.675        |
| 4          | 21.467.525.289 | 16.516.926.822 | 16.568.889.587 | 17.612.574.464 | 19.285.435.960 | 20.313.688.661 | -4.950.598.467        | -4.898.635.702        | -3.854.950.824        | -2.182.089.329        | -1.153.836.628        |
| 5          | 21.579.708.985 | 18.759.312.183 | 18.724.761.079 | 19.388.628.152 | 20.417.436.164 | 20.989.868.832 | -2.820.396.802        | -2.854.947.906        | -2.191.080.833        | -1.162.272.821        | -589.840.152          |
| 6          | 19.479.487.687 | 20.232.222.604 | 20.123.619.729 | 20.217.687.397 | 21.014.410.829 | 21.059.432.903 | 752.734.917           | 644.132.042           | 738.199.710           | 1.534.923.142         | 1.579.945.216         |
| 7          | 21.951.215.364 | 28.125.367.337 | 27.859.644.599 | 27.184.931.658 | 25.928.248.769 | 24.942.326.584 | 6.174.151.973         | 5.908.429.235         | 5.233.716.294         | 3.977.033.405         | 2.991.111.220         |
| 8          | 21.978.761.131 | 32.418.190.607 | 32.034.997.608 | 30.772.392.872 | 28.460.592.135 | 26.753.558.785 | 10.439.429.475        | 10.056.236.476        | 8.793.631.741         | 6.481.831.004         | 4.774.797.654         |
| 9          | 17.893.418.499 | 32.711.683.832 | 32.229.326.607 | 30.258.041.580 | 27.186.207.198 | 24.412.499.925 | 14.818.265.333        | 14.335.908.108        | 12.364.623.081        | 9.292.788.699         | 6.519.081.427         |
| 10         | 15.423.145.365 | 40.671.627.260 | 39.924.081.065 | 37.086.938.612 | 31.759.236.184 | 27.548.528.384 | 25.248.481.895        | 24.500.935.701        | 21.663.793.247        | 16.336.090.819        | 12.125.383.019        |
| 11         | 12.714.609.070 | 42.142.969.364 | 41.188.349.323 | 37.762.433.053 | 31.428.696.582 | 26.622.817.876 | 29.428.360.294        | 28.473.740.253        | 25.047.823.983        | 18.714.087.512        | 13.908.208.806        |
| 12         | 21.984.917.987 | 52.908.582.679 | 51.982.462.430 | 47.729.367.908 | 40.111.967.411 | 34.811.694.489 | 30.923.664.692        | 29.997.544.443        | 25.744.449.921        | 18.127.049.423        | 12.826.776.502        |
| 13         | 22.194.372.611 | 55.249.752.517 | 54.288.717.111 | 49.751.796.761 | 41.609.975.269 | 35.990.880.717 | 33.055.379.907        | 32.094.344.500        | 27.557.424.150        | 19.415.602.658        | 13.796.508.107        |
| 14         | 22.194.372.611 | 56.545.186.431 | 55.553.980.973 | 50.829.536.425 | 42.347.167.421 | 36.517.938.602 | 34.350.813.820        | 33.359.608.362        | 28.635.163.814        | 20.152.794.810        | 14.323.565.991        |
| 15         | 20.017.111.730 | 55.518.875.830 | 54.491.993.980 | 49.750.727.717 | 41.194.152.889 | 35.347.898.036 | 35.501.764.100        | 34.474.882.250        | 29.733.615.987        | 21.177.041.159        | 15.330.786.306        |
| 16         | -1.657.805.934 | 31.280.402.326 | 30.479.972.645 | 25.719.775.658 | 17.127.484.400 | 11.549.199.798 | 32.938.208.260        | 32.137.778.579        | 27.377.581.592        | 18.785.290.335        | 13.207.005.733        |
| 17         | 5.252.477.562  | 29.045.404.423 | 28.636.039.341 | 25.262.801.981 | 19.437.770.224 | 15.533.683.649 | 23.792.926.861        | 23.383.561.779        | 20.010.324.419        | 14.185.292.662        | 10.281.206.087        |
| 18         | 11.651.620.358 | 45.348.997.866 | 44.474.699.563 | 39.602.523.252 | 30.818.262.531 | 24.903.297.543 | 33.697.377.508        | 32.823.079.205        | 27.950.902.894        | 19.166.642.173        | 13.251.677.185        |
| 19         | 7.255.184.525  | 29.359.906.802 | 28.962.665.572 | 25.699.309.215 | 20.411.628.825 | 16.742.104.940 | 22.104.722.277        | 21.707.481.047        | 18.444.124.690        | 13.156.444.300        | 9.486.920.415         |
| 20         | 16.295.609.195 | 50.588.446.068 | 49.643.970.161 | 44.762.515.363 | 35.911.028.453 | 29.900.454.684 | 34.292.836.872        | 33.348.360.966        | 28.466.906.168        | 19.615.419.258        | 13.604.845.489        |
| 21         | 20.179.429.720 | 52.266.934.721 | 51.328.578.269 | 46.968.018.027 | 38.946.368.469 | 33.392.217.321 | 32.087.505.001        | 31.149.148.549        | 26.788.588.307        | 18.766.938.749        | 13.212.787.601        |
| 22         | 19.082.624.365 | 51.721.657.121 | 50.739.503.761 | 46.412.295.489 | 38.478.458.893 | 32.930.701.008 | 32.639.032.756        | 31.656.879.396        | 27.329.671.124        | 19.395.834.529        | 13.848.076.643        |
| 23         | 21.810.560.743 | 52.480.735.242 | 51.532.340.798 | 47.387.589.304 | 39.694.015.864 | 34.228.353.380 | 30.670.174.499        | 29.721.780.055        | 25.577.028.561        | 17.883.455.121        | 12.417.792.637        |
| 24         | 20.490.139.632 | 51.562.843.261 | 50.554.595.719 | 46.606.061.237 | 39.208.732.663 | 33.889.345.934 | 31.072.703.630        | 30.064.456.088        | 26.115.921.605        | 18.718.593.031        | 13.399.206.303        |
| 25         | 21.907.770.204 | 50.646.436.860 | 49.723.176.463 | 45.896.335.399 | 38.709.966.708 | 33.577.768.752 | 28.738.666.656        | 27.815.406.259        | 23.988.565.195        | 16.802.196.504        | 11.669.998.548        |
| 26         | 22.080.467.022 | 47.699.710.032 | 46.864.759.213 | 43.468.704.111 | 37.100.325.915 | 32.548.544.545 | 25.619.243.010        | 24.784.292.191        | 21.388.237.089        | 15.019.858.893        | 10.468.077.522        |
| 27         | 22.115.796.521 | 46.141.584.118 | 45.382.192.465 | 42.254.200.839 | 36.408.108.878 | 32.255.329.126 | 24.025.787.597        | 23.266.395.944        | 20.138.404.318        | 14.292.312.357        | 10.139.532.605        |
| 28         | 20.714.209.653 | 42.151.326.324 | 41.432.689.439 | 38.886.568.508 | 34.175.268.531 | 30.831.608.757 | 21.437.116.671        | 20.718.479.785        | 18.172.358.854        | 13.461.058.877        | 10.117.399.103        |
| 29         | 20.172.473.753 | 40.838.761.691 | 40.148.743.763 | 37.801.740.330 | 33.552.032.786 | 30.467.012.449 | 20.666.287.938        | 19.976.270.010        | 17.629.266.577        | 13.379.559.034        | 10.294.538.697        |
| 30         | 21.063.036.584 | 38.869.068.947 | 38.295.719.329 | 36.008.808.907 | 31.957.563.586 | 29.067.415.823 | 17.806.032.363        | 17.232.682.745        | 14.945.772.323        | 10.894.527.001        | 8.004.379.239         |
| <b>VAN</b> |                |                |                |                |                |                | <b>52.689.592.288</b> | <b>50.818.594.871</b> | <b>45.380.345.681</b> | <b>35.295.413.581</b> | <b>27.246.552.229</b> |

Tabla 4-7. Márgenes y flujos netos a precios de sociales (\$)

| Año        | Margen Neto    |                |                |                |                |                | Flujos Netos           |                        |                        |                        |                        |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|            | SSP            | SCP            |                |                |                |                | Esc. 1                 | Esc. 2                 | Esc. 3                 | Esc. 4                 | Esc. 5                 |
|            |                | Esc. 1         | Esc. 2         | Esc. 3         | Esc. 4         | Esc. 5         |                        |                        |                        |                        |                        |
| 1          | 24.812.439.723 | 21.730.959.790 | 21.784.344.796 | 22.491.954.405 | 23.606.849.897 | 24.328.807.138 | -3.081.479.933         | -3.028.094.927         | -2.320.485.318         | -1.205.589.827         | -483.632.585           |
| 2          | 24.122.101.337 | 23.553.782.740 | 23.461.319.735 | 24.160.416.251 | 25.270.586.152 | 25.808.839.903 | -568.318.597           | -660.781.602           | 38.314.914             | 1.148.484.815          | 1.686.738.566          |
| 3          | 26.524.955.586 | 22.481.175.704 | 22.510.044.905 | 23.428.944.163 | 24.908.517.031 | 25.814.616.272 | -4.043.779.882         | -4.014.910.681         | -3.096.011.423         | -1.616.438.555         | -710.339.314           |
| 4          | 26.885.801.203 | 23.151.763.731 | 23.136.801.775 | 24.005.021.747 | 25.403.893.814 | 26.213.832.150 | -3.734.037.472         | -3.748.999.428         | -2.880.779.456         | -1.481.907.389         | -671.969.053           |
| 5          | 27.086.209.452 | 26.527.210.610 | 26.385.228.275 | 26.705.283.702 | 27.177.587.647 | 27.338.658.208 | -558.998.842           | -700.981.177           | -380.925.750           | 91.378.195             | 252.448.756            |
| 6          | 25.095.596.144 | 28.813.341.782 | 28.565.959.217 | 28.188.257.502 | 28.232.417.163 | 27.725.444.616 | 3.717.745.638          | 3.470.363.072          | 3.092.661.358          | 3.136.821.018          | 2.629.848.471          |
| 7          | 27.692.562.724 | 36.834.206.890 | 36.420.191.411 | 35.255.072.862 | 33.211.960.102 | 31.626.686.813 | 9.141.644.166          | 8.727.628.687          | 7.562.510.138          | 5.519.397.378          | 3.934.124.089          |
| 8          | 27.720.610.452 | 41.732.673.950 | 41.170.562.901 | 39.321.784.980 | 36.058.198.932 | 33.630.962.096 | 14.012.063.498         | 13.449.952.449         | 11.601.174.528         | 8.337.588.480          | 5.910.351.643          |
| 9          | 23.202.281.579 | 40.710.889.749 | 40.052.909.593 | 37.603.825.194 | 33.772.504.436 | 30.392.540.835 | 17.508.608.170         | 16.850.628.015         | 14.401.543.615         | 10.570.222.857         | 7.190.259.257          |
| 10         | 20.492.328.797 | 49.130.682.309 | 48.175.117.653 | 44.752.080.573 | 38.517.164.040 | 33.596.470.290 | 28.638.353.512         | 27.682.788.856         | 24.259.751.776         | 18.024.835.243         | 13.104.141.493         |
| 11         | 17.967.419.566 | 51.859.529.298 | 50.665.827.820 | 46.491.412.501 | 38.958.177.755 | 33.246.165.210 | 33.892.109.733         | 32.698.408.255         | 28.523.992.935         | 20.990.758.189         | 15.278.745.644         |
| 12         | 27.641.371.926 | 63.713.091.384 | 62.528.925.301 | 57.403.908.841 | 48.394.244.822 | 42.059.245.086 | 36.071.719.459         | 34.887.553.375         | 29.762.536.916         | 20.752.872.896         | 14.417.873.160         |
| 13         | 27.937.227.375 | 66.744.956.170 | 65.524.367.398 | 60.049.163.570 | 50.365.594.658 | 43.613.678.679 | 38.807.728.796         | 37.587.140.023         | 32.111.936.195         | 22.428.367.283         | 15.676.451.304         |
| 14         | 27.937.227.375 | 68.707.615.770 | 67.447.930.762 | 61.695.076.255 | 51.498.706.022 | 44.432.442.867 | 40.770.388.395         | 39.510.703.388         | 33.757.848.880         | 23.561.478.648         | 16.495.215.492         |
| 15         | 25.656.928.820 | 67.749.074.820 | 66.451.942.978 | 60.657.776.500 | 50.364.115.056 | 43.284.894.476 | 42.092.145.999         | 40.795.014.157         | 35.000.847.680         | 24.707.186.236         | 17.627.965.656         |
| 16         | 2.179.168.057  | 41.532.893.795 | 40.492.434.059 | 34.674.394.901 | 24.320.446.023 | 17.527.689.503 | 39.353.725.738         | 38.313.266.001         | 32.495.226.844         | 22.141.277.966         | 15.348.521.445         |
| 17         | 9.221.411.035  | 39.917.159.063 | 39.249.572.738 | 34.747.901.680 | 27.043.469.536 | 21.847.916.941 | 30.695.748.028         | 30.028.161.703         | 25.526.490.645         | 17.822.058.501         | 12.626.505.907         |
| 18         | 16.123.143.085 | 57.081.782.760 | 55.934.761.172 | 49.884.854.371 | 39.133.744.699 | 31.860.158.781 | 40.958.639.676         | 39.811.618.088         | 33.761.711.286         | 23.010.601.614         | 15.737.015.696         |
| 19         | 12.006.843.056 | 41.349.634.394 | 40.672.349.288 | 36.241.043.151 | 29.019.615.082 | 24.009.113.654 | 29.342.791.338         | 28.665.506.232         | 24.234.200.095         | 17.012.772.026         | 12.002.270.598         |
| 20         | 21.147.556.848 | 62.802.003.123 | 61.573.124.296 | 55.501.843.584 | 44.619.054.921 | 37.197.142.655 | 41.654.446.275         | 40.425.567.448         | 34.354.286.736         | 23.471.498.073         | 16.049.585.806         |
| 21         | 25.473.110.728 | 65.008.764.944 | 63.777.442.066 | 58.239.269.622 | 48.197.409.092 | 41.222.975.651 | 39.535.654.216         | 38.304.331.338         | 32.766.158.894         | 22.724.298.365         | 15.749.864.923         |
| 22         | 24.283.072.538 | 64.554.425.775 | 63.277.062.851 | 57.759.543.448 | 47.790.715.492 | 40.796.772.976 | 40.271.353.237         | 38.993.990.314         | 33.476.470.911         | 23.507.642.955         | 16.513.700.438         |
| 23         | 27.274.325.214 | 65.679.659.332 | 64.428.924.782 | 59.082.519.163 | 49.335.847.242 | 42.392.078.093 | 38.405.334.118         | 37.154.599.568         | 31.808.193.949         | 22.061.522.029         | 15.117.752.879         |
| 24         | 26.217.493.090 | 65.056.874.860 | 63.742.181.644 | 58.591.622.942 | 49.135.635.584 | 42.319.527.358 | 38.839.381.770         | 37.524.688.554         | 32.374.129.852         | 22.918.142.494         | 16.102.034.268         |
| 25         | 27.642.621.063 | 63.989.534.883 | 62.766.662.996 | 57.762.175.437 | 48.557.371.102 | 41.958.880.778 | 36.346.913.821         | 35.124.041.934         | 30.119.554.374         | 20.914.750.039         | 14.316.259.715         |
| 26         | 27.816.080.854 | 60.599.815.566 | 59.478.398.690 | 54.969.190.192 | 46.702.719.340 | 40.773.787.884 | 32.783.734.713         | 31.662.317.836         | 27.153.109.338         | 18.886.638.486         | 12.957.707.030         |
| 27         | 27.853.170.087 | 58.480.690.952 | 57.452.991.724 | 53.299.380.764 | 45.710.053.772 | 40.296.682.531 | 30.627.520.865         | 29.599.821.637         | 25.446.210.677         | 17.856.883.685         | 12.443.512.444         |
| 28         | 26.447.759.780 | 53.847.339.874 | 52.879.158.557 | 49.404.619.611 | 43.127.285.811 | 38.653.104.886 | 27.399.580.094         | 26.431.398.777         | 22.956.859.831         | 16.679.526.031         | 12.205.345.106         |
| 29         | 25.904.191.241 | 52.141.609.233 | 51.211.989.401 | 47.991.409.272 | 42.283.317.443 | 38.143.206.287 | 26.237.417.992         | 25.307.798.160         | 22.087.218.031         | 16.379.126.202         | 12.239.015.046         |
| 30         | 26.657.367.365 | 49.851.504.764 | 49.042.725.942 | 45.902.594.308 | 40.432.367.356 | 36.516.113.258 | 23.194.137.399         | 22.385.358.576         | 19.245.226.943         | 13.774.999.991         | 9.858.745.892          |
| <b>VAN</b> |                |                |                |                |                |                | <b>265.880.228.993</b> | <b>256.859.640.998</b> | <b>221.899.946.098</b> | <b>159.867.011.970</b> | <b>114.564.725.255</b> |

## 5. ESCENARIOS Y MODELO DE REGULACIÓN

### 5.1. ESCENARIOS DE RIEGO

La zona regable tiene actualmente en riego una extensión de 20.332 ha con muy baja seguridad. Además, existe una superficie de 4.750 ha de cultivo en seco, unas 2.695 ha de superficie arable que no se cultiva, y 2.436 ha de superficie sin uso (de la cual podrían cultivarse con riego 1.523 ha, y en seco 913 ha). El objetivo del proyecto es asegurar el riego de la superficie actual (al 85%), incorporando otras 8.178 ha actualmente en seco, no cultivadas o sin uso, con la misma seguridad de riego.

La zona regable ha sido organizada en 9 sectores de riego, en correspondencia con unidades territoriales homogéneas (características agroclimáticas, uso del suelo, etc.). El estudio agronómico ha determinado las demandas de riego actuales y futuras en cada sector, considerando las superficies correspondientes y las eficiencias en cada tipo de riego.

Además de la Situación Actual (Escenario 0) y de la Situación Futura (Escenario 1), que corresponde a la máxima zona regable con el 85% de seguridad, se han considerado otros 4 escenarios posibles en situación futura con embalse, cada uno de ellos con su correspondiente coste de mejora de las infraestructuras hidráulicas y beneficios de la producción agraria. En cada caso, las diferencias entre los flujos de beneficios de la producción agrícola en esos escenarios y los beneficios de la producción en situación actual, obtendrán los márgenes que deben contrastarse con la inversión necesaria.

- Escenario 1: corresponde a la máxima zona regada con el 85% de seguridad (28.510 ha), y por tanto requiere el mayor volumen de embalse.
- Escenario 2: se excluye de la zona regada el sector 8 (que actualmente se riega precariamente con derrames y aguas ocasionales de pequeños esteros) y el sector 9 (que no se riega con aguas del río Achibueno, sino con acciones del río Ancoa).
- Escenario 3: se excluye toda la superficie actualmente sin uso, que era potencialmente cultivable con riego, y también se sustrae aproximadamente un 40% de la superficie actualmente arable no cultivada que había sido incorporada al riego.
- Escenario 4: se excluye adicionalmente la totalidad de la superficie actualmente arable no cultivada que había sido incorporada, y también aproximadamente el 40% de la superficie cultivada en seco que había sido incorporada.
- Escenario 5: se sustrae de la zona de riego casi la totalidad de la superficie actualmente cultivada en seco que había sido incorporada.

En la tabla siguiente se presenta un resumen comparativo de los usos del suelo para cada escenario considerado.

*Tabla 5-1 Comparación de superficies de los escenarios*

| Usos de la superficie                          | Situación actual (ha) | Superficies (ha) por escenarios |               |               |               |               |
|--|-----------------------|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|  |                       | Esc.1                           | Esc.2         | Esc.3         | Esc.4         | Esc.5         |
| Cultivada con riego                            | 20.332                | 28.510                          | 28.515        | 26.425        | 23.147        | 20.765        |
| (cultivada con riego, con agua del embalse)    | 0                     | 28.510                          | 27.469        | 25.493        | 22.243        | 19.694        |
| Cultivada en seco                              | 4.750                 | 214                             | 210           | 210           | 2.005         | 4.387         |
| Arable pero no cultivada                       | 2.695                 | 269                             | 269           | 1.212         | 2.695         | 2.695         |
| Sin uso, potencialmente cultivable con riego   | 1.523                 | 307                             | 307           | 1.454         | 1.454         | 1.454         |
| Sin uso, potencialmente cultivable en seco     | 913                   | 913                             | 913           | 913           | 913           | 913           |
| Forestal, bosque nativo, matorral              | 2.059                 | 2.059                           | 2.059         | 2.059         | 2.059         | 2.059         |
| Improductivo (infraestructuras, caminos, etc.) | 2.777                 | 2.777                           | 2.777         | 2.777         | 2.777         | 2.777         |
| <b>Total</b>                                   | <b>35.049</b>         | <b>35.049</b>                   | <b>35.049</b> | <b>35.049</b> | <b>35.049</b> | <b>35.049</b> |

## 5.2. MODELO DE REGULACIÓN

Con las demandas hídricas correspondientes a estos escenarios, se ha generado un modelo de regulación que ha permitido determinar las capacidades de embalse necesarias para obtener una seguridad de riego >85% a las superficies consideradas. Debe señalarse que algunas superficies de riego incluidas se abastecen actualmente de derrames de otros sectores o carecen de las infraestructuras de riego correspondientes, habiendo considerado en el escenario futuro la modernización, ampliación o construcción de estas infraestructuras, sumando el coste correspondiente al del embalse. En situación futura se contemplan dos soluciones de embalse, La Recova y El Montecillo-1. Los principales resultados del estudio de regulación proporcionan los siguientes volúmenes de embalse.

Tabla 5-2. Capacidades de embalse para seguridad de riego del 85%, según soluciones y escenarios

| SOLUCIÓN DE EMBALSE | Escenario | Volumen total (hm <sup>3</sup> ) | Volumen útil para riego (hm <sup>3</sup> ) | Volumen de demanda (hm <sup>3</sup> /año) | Superficie regada (ha) |
|---------------------|-----------|----------------------------------|--|---|------------------------|
| LA RECOVA           | 1         | 203                              | 198,90                                     | 350,42                                    | 28.509,12              |
|                     | 2         | 191                              | 186,95                                     | 338,10                                    | 27.469,35              |
|                     | 3         | 166                              | 162,00                                     | 313,80                                    | 25.493,36              |
|                     | 4         | 125                              | 121,08                                     | 271,70                                    | 22.242,96              |
|                     | 5         | 91                               | 87,23                                      | 238,71                                    | 19.694,36              |
| EL MONTECILLO 1     | 1         | 187                              | 183,58                                     | 350,42                                    | 28.509,12              |
|                     | 2         | 175                              | 171,59                                     | 338,10                                    | 27.469,35              |
|                     | 3         | 150                              | 146,63                                     | 313,80                                    | 25.493,36              |
|                     | 4         | 112                              | 108,72                                     | 271,70                                    | 22.242,96              |
|                     | 5         | 76                               | 72,80                                      | 238,71                                    | 19.694,36              |

## 6. DISEÑO DE LAS OBRAS

### 6.1. MURO DE PRESA

En base a las condiciones geotécnicas, la tipología adoptada para La Recova es de presa de gravedad de materiales locales tipo CFGD (*Concrete Faced Gravel Dam* gravas compactadas con pantalla de hormigón). Las proporciones de la angostura en El Montecillo-1 y sus condiciones geotécnicas hacen que la tipología adoptada sea también de tipo CFGD. En los dos casos, la sección tipo es semejante, mostrando sólo diferencias en la altura y en el sustrato de apoyo. En ambas soluciones, los depósitos aluviales de gravas rodadas y bolones en matriz arenosa existentes dentro de la zona inundable del embalse, presentan volúmenes sobrados (>150% de las necesidades) para construir el cuerpo de presa y las obras de desvío, así como los agregados para hormigones, previo chancado y clasificación.

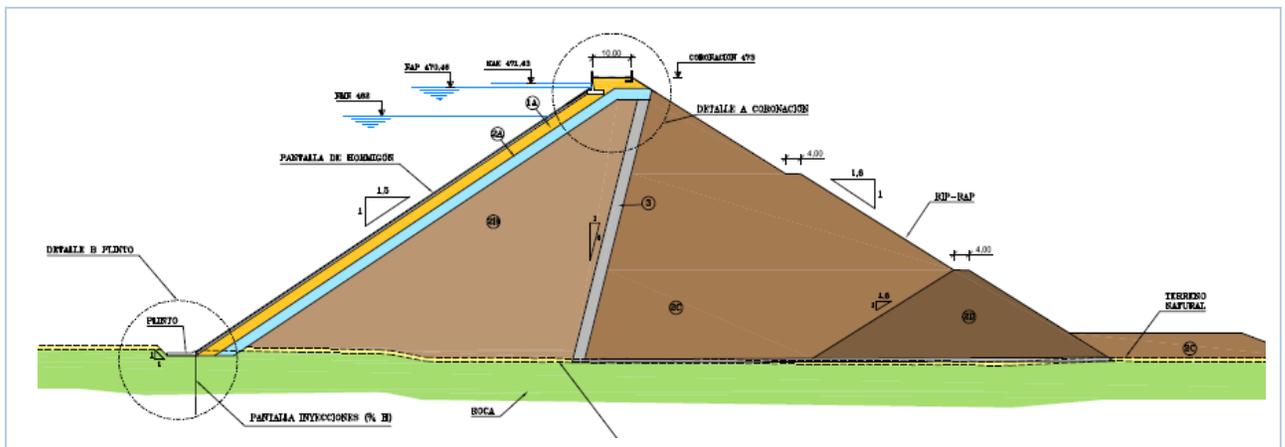


Figura 6-1 Sección tipo para la presa: materiales locales con pantalla de hormigón

Los taludes en ambas presas, después de haber comprobado su estabilidad, son los habituales para estas tipologías y materiales: aguas arriba 1V:1,5H y aguas abajo 1V:1,6H. En el talud aguas abajo se ha dispuesto de dos bermas de 4 m de anchura. En la parte inferior del espaldón de aguas abajo, por debajo de la segunda berma, se ha dispuesto un material de escollera. La pantalla de hormigón apoyará sobre un plinto, definido mediante radier de hormigón de 35 cm de espesor y 3 m de longitud mínima. En La Recova se diseña un muro colado para apoyo del plinto en la roca de fundación.

La impermeabilización de la presa se completa en ambos casos con una pantalla de inyecciones ejecutada desde el plinto con una profundidad máxima de 2/3 de la altura de agua y definida con una fila de taladros verticales cada 3 m y refuerzos de taladros inclinados 30°. La ejecución de la pantalla hace necesaria la construcción de un parapeto en coronación de 5 m de altura que posibilitará el montaje del moldeado para el hormigonado de la pantalla. Una vez determinada la altura de embalse correspondiente al volumen necesario, se determina la cota de coronación de las presas, teniendo en cuenta las revanchas necesarias por oleaje y sismo.

## 6.2. EVACUADOR DE CRECIDAS

El evacuador de crecidas es un elemento de control cuyo diseño proporciona un comportamiento óptimo de caudales cuanto más se aproxime al perfil descrito por la lámina de agua inferior vertiente. La obra está compuesta por un vertedero, canal colector, rápido de descarga y trampolín final. Su diseño hidráulico se ha realizado siguiendo la metodología descrita en la publicación técnica *"DESIGN OF SMALL DAMS"* del U.S. Bureau of Reclamation.

Las presas pertenecen a la categoría C (grandes embalses) según el Reglamento de Obras Mayores de la DGA. Por tanto, el caudal de diseño de la obra de evacuación de crecidas corresponde al caudal asociado a un periodo de retorno de 1.000 años. Para el embalse de La Recova  $Q_{1.000 \text{ años}} = 2.709,10 \text{ m}^3/\text{s}$  y para Montecillo-1  $Q_{1.000 \text{ años}} = 2.058,60 \text{ m}^3/\text{s}$ . El diseño fue verificado para la crecida asociada a un periodo de retorno de 10.000 años que en La Recova corresponde a un caudal  $Q_{10.000 \text{ años}} = 3.133,40 \text{ m}^3/\text{s}$  y en El Montecillo-1 a un caudal  $Q_{10.000 \text{ años}} = 2.380,00 \text{ m}^3/\text{s}$ , de forma que el nivel máximo extraordinario del embalse (NAE) durante dicha crecida no supere la cota de coronación de los embalses.

## 6.3. OBRAS DE DESVÍO DEL RÍO. TOMA Y DESAGÜE DE FONDO

El desvío del río se diseña a través de dos túneles gemelos, que serán posteriormente utilizados como desagüe de fondo y toma de agua, cerrando el desvío mediante el hormigonado de tapones. Cada túnel tiene sección en herradura de 9 m de ancho para La Recova y 8 m para El Montecillo 1, con banqueta de 4,50 m en ambos casos. Este dimensionamiento se obtuvo en función del caudal de diseño, para lámina libre. El caudal de diseño para las obras de desvío ha sido el correspondiente a la crecida de 50 años de periodo de retorno:  $Q_{50 \text{ años}} = 2.034,10 \text{ m}^3/\text{s}$  en La Recova, y  $Q_{50 \text{ años}} = 1.546,60 \text{ m}^3/\text{s}$  en Montecillo-1.

Además, se proyecta una ataguía de materiales locales compactados, aguas arriba de la presa, con taludes 1,8H:1V en ambos lados y ancho de coronación de 5 m. La altura de las ataguías se obtiene a partir de los cálculos de la curva de descarga de las galerías.

El desagüe de fondo diseñado tiene la función de garantizar la seguridad de las obras en caso de tener que proceder a un desembalse rápido. La obra de toma tiene la función de suministrar los caudales regulados por el embalse (riego y caudal ecológico). Ambos elementos se componen de torre de toma, galería o túnel, cámara de compuertas y obra de restitución al río. Tanto la torre como la galería o túnel se ejecutan en la fase del desvío del río. En la segunda fase se completan las instalaciones para su utilización como tal.

La incorporación al río de los caudales a través del desagüe de fondo y/o de la toma, alcanza elevadas velocidades, por lo que se ha diseñado también un cuenco dissipador de energía tipo USBR, que permite la entrega al río sin provocar erosiones. Para estas obras de amortiguamiento, se considera la máxima energía con la que podría llegar el flujo para el caudal de diseño.

## 6.4. OBRAS COMPLEMENTARIAS

### 6.4.1. Variantes de interferencia

Sobre la cartografía disponible, se han identificado los caminos e infraestructuras afectados por la ejecución de las obras, considerando su reposición con objeto de darles continuidad a su trazado, y facilitar la debida accesibilidad a las presas. Las principales vías de comunicación afectadas por la inundación de los embalses son las rutas L-45, L-563 (La Recova) y L-565 (El Montecillo-1).

### 6.4.2. Mejora de las infraestructuras de riego

En la situación futura, se ha considerado la incorporación a la zona regable de algunas superficies de riego que requieren la realización o mejora de algunas infraestructuras menores para hacer efectivo el riego:

- Se proyecta una bocatoma unificada (6m x 4m) para los canales Maiten, Vergara, La Loma y Comunero Vergara, aguas abajo de la confluencia del estero El Burro y el Estero Llolinco, una obra de unión de 400 m desde la bocatoma, y el revestimiento de 2,7 km del canal Tapia, en sección de 2x1 m.
- No es necesario ampliar la red de canales existente, aunque es cierto que muchas obras de distribución actuales (marcos partidores para derivar los caudales que corresponden a cada canal y compuertas de entrega en predio), están en mal estado o no existen, de forma que la entrega en predio se realiza mediante tacos rústicos. La mayoría de las obras de mejora en este sentido consistirán en la modernización de las infraestructuras, revestimiento de algunos tramos de canales con problemas de filtraciones, y reparación de marcos partidores en mal estado, compuertas de entrega o de distribución.
- No se han proyectado canales matrices de conducción desde el embalse hasta la zona de riego, dado que la orografía entre la ubicación de las dos presas propuestas y la zona de riego, permite conducir los caudales demandados por gravedad. Por tanto, no se justifica la construcción de canales artificiales de distribución, empleándose el propio cauce del río para ello. Las pérdidas en el río, que no se estiman importantes, se consideran compensadas por un pequeño aumento de la capacidad de embalse estrictamente necesaria.

### 6.4.3. Sistema remoto de aforo de caudales

Se incorpora a las obras un sistema remoto de medición de caudales, transmisión de datos y centralización en un Centro de Control. El sistema estaría compuesto por 10 estaciones de medida de caudales ubicadas en las principales bocatomas de los canales, que enviarían la señal hasta el Centro de Control ubicado en las oficinas de la Junta de Vigilancia del río Achibueno 1ª Sección, en Linares. Por otra parte, se construirá una estación fluviométrica a pie de presa, que transmitirá la señal vía cable hasta un centro de control secundario ubicado en la propia presa. Desde allí, se reenviará la señal vía radio hasta el Centro de Control principal instalado en la Junta de Vigilancia, incorporando así los datos sobre caudales totales evacuados por la presa. El sistema de enlace proyectado es vía radiofrecuencia, por ser el más seguro, sencillo y fiable para las condiciones de uso en alta montaña, de difícil climatología y sin infraestructuras consolidadas de telecomunicación, proporcionando un medio de comunicación seguro y de bajo coste de mantención, para el envío de señales analógicas y digitales a larga distancia. La alta calidad del emisor de radio permitirá trabajar en cualquier condición ambiental.

## 6.5. POSIBLE CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para valorar adecuadamente la rentabilidad de la inversión del embalse, es necesario considerar el eventual aprovechamiento hidroeléctrico, compatible con el uso para riego. Para ello, se ha valorado su potencial y los costes de inversión necesarios. En ambas soluciones de embalse, La Recova y el Montecillo-1, se considera una central a pie de presa equipada con 2 turbinas Francis, con una potencia conjunta de 5,7 a 10,6 MW (según solución de embalse y escenario), que obtienen una generación media anual de 25,5 a 38,8 GWh/año. Los factores de planta obtenidos fluctúan entre un 40% y un 50%.

## 7. ESTUDIO DE TENENCIA DE LA TIERRA

Los terrenos se sitúan administrativamente en la provincia de Linares, en las comunas de Linares y Longaví, siendo el río Achibueno el límite político administrativo entre ambas comunas.

El área de afección correspondiente al embalse de La Recova (en el escenario de mayor volumen) estaría determinada por la curva de nivel a la cota 392 hacia aguas arriba de la presa, situada aproximadamente 1,5 km abajo de la conjunción del Estero Vega de Salas con el río Achibueno; la cola del embalse alcanza esa cota a 9,1 km de distancia de la presa, y unos 3 km al sur de la conjunción del Estero Pejerrey con el río Achibueno.

Las propiedades afectadas por la inundación corresponden a 64 predios, de los cuales 59 se ubican en la comuna de Linares y 5 en la comuna de Longaví. Una vez identificadas estas propiedades afectadas, se realizó una estimación de las áreas de expropiación afectas en cada predio. Para el embalse de La Recova, se estima una expropiación aproximada de 1.060 ha, de las cuales 599 ha son de uso agrícola, 403 ha son forestales y 58 tienen otra clasificación distinta.

El área afectada por el embalse de El Montecillo-1 (escenario de mayor volumen) es la limitada por la curva de nivel a la cota 495 y el sitio de presa, situada aproximadamente 0,6 km aguas arriba de la conjunción del Estero Los Hualles con el río Achibueno, prosiguiendo hacia aguas arriba, en una distancia de alrededor de 9 km hasta alcanzar la cota antes señalada, aguas abajo del puente Vado Azul.

Las propiedades afectadas por la inundación corresponden a 14 predios, de los cuales 12 se ubican en la comuna de Linares y 2 en la comuna de Longaví. Una vez identificadas estas propiedades afectadas, se realizó una estimación de las áreas de expropiación afectas en cada predio. Para el embalse de La Recova, se estima una expropiación aproximada de 855 ha, de las cuales 108 ha son de uso agrícola, 681 ha son forestales y 66 tienen otra clasificación distinta.

## 8. ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

De acuerdo con los estudios de línea de base, ninguna de las soluciones de embalse presenta restricciones ambientales absolutas. Sin embargo, el proyecto considera medidas de mitigación, de reparación y de compensación.

Las dos soluciones de embalse propuestas inundan sitios con bosque nativo, por lo cual será necesario realizar un "Plan de Manejo, Corta y Reforestación de Bosques para ejecutar Obras Civiles", acogiendo a la Ley 20.283 de 2008, lo cual requerirá el levantamiento de información complementaria, una vez sean definidas con precisión las áreas reales a afectar por el embalse de dimensiones definitivas.

De acuerdo a los resultados de la línea de base del medio humano, las zonas afectadas por ambas soluciones de embalse no se encuentran insertas en áreas de desarrollo indígena, así como tampoco se da cuenta de la existencia de comunidades indígenas, de acuerdo a los datos censales existentes a la fecha.

En base a los antecedentes estudiados y los avances de ingeniería de la presente etapa de prefactibilidad, no es fácil recomendar claramente, entre las dos alternativas, cuál es preferente desde el punto de vista ambiental, aunque posiblemente los impactos de la inundación del valle de Vega de Salas (La Recova) serían los mayores. Los impactos en la etapa de construcción del embalse La Recova son menores, por ser una presa de menores dimensiones y porque en la ribera izquierda existe menor densidad de vegetación nativa. No obstante, se afecta de forma importante el sector agrícola de Vega de Salas, situado a una distancia aproximada de 1,5 km aguas arriba del muro, cuya inundación representaría una fuerte resistencia al proyecto.

En la solución El Montecillo-1, los impactos son básicamente sobre la actividad económica, específicamente en agricultura y ganadería. Aguas arriba de la presa, existe un valle con importante actividad agrícola en la ribera derecha del Achibueno y una cantidad indeterminada de viviendas aisladas, que resultarían afectadas parcialmente por la inundación. El embalse no alcanza el límite del sitio prioritario Altos de Achibueno, que se ubica 15 km aguas arriba de la cola.

En la tabla siguiente se presenta un resumen de los impactos ambientales identificados, distinguiendo aquellos que son significativos y la etapa del proyecto en que se produce.

*Tabla 8-1. Resumen de impactos ambientales significativos para cada alternativa y etapa del proyecto*

| Elemento ambiental                 | Impacto Ambiental  | Construcción |    | Operación |    | Abandono |    |
|------------------------------------|--|--------------|----|-----------|----|----------|----|
|                                    |  | R            | M  | R         | M  | R        | M  |
| Calidad aire                       | I-CA1: Deterioro calidad del aire por emisiones procedentes de gases de combustión y polvos en suspensión  | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
| Ruido                              | I-RU1: Generación de ruido ambiental sobre la norma en puntos sensibles  | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
| Hidrología e hidrogeología         | I-HI1: Interrupción del flujo de agua hacia canales de riego existentes  | NS           | NS | NS        | NS | NS       | NS |
|                                    | I-HI3: Interrupción del cauce en curso de agua   | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
|                                    | I-HG1: Disminución de superficie de suelos productivos en terrazas sometidas a anegamiento   | NS           | NS | NS        | NS | NS       | NS |
| Calidad agua                       | I-CAG1: Deterioro de calidad del agua  | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
| Geología y geomorfología           | I-GM1: Alteración estabilidad de laderas fluviales   | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
| Flora y vegetación                 | I-FL1: Eliminación de cobertura arbórea natural  | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
|                                    | I-FL2: Eliminación de especies de la flora protegidas  | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
| Fauna                              | I-FA1: Daño al hábitat para la fauna silvestre asociada a cuerpos de agua fluvial  | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
|                                    | I-FA2: Daño al hábitat de especies protegidas  | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
|                                    | I-FA3: Eliminación de hábitat para anidamiento de Loro Trichahue en sector de taludes  | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
|                                    | I-FA4: Eliminación de superficie de bentos   | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
| Biodiversidad                      | I-BI1: intervención en área protegida  | X            | NS | NS        | NS | NS       | NS |
| Asentamientos humanos              | I-AH1: Pérdida de bienes inmuebles en propiedades afectadas por expropiaciones   | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
|                                    | I-AH2: : Daño a la calidad de vida de residentes del AID por cambio en condiciones de orientación de uso del territorio                                      | NS           | NS | X         | X  | NS       | NS |
| Infraestructura vial y transportes | I-VT-1: Daño a conectividad de los residentes en el AID que circulan a pie o a caballo por vialidad local  | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
|                                    | I-VT-2: Daño a la conectividad de vehículos en el AID  | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
|                                    | I-US-2: Pérdida de suelos consagrados a actividad recreativa y de conservación en suelos con cobertura de vegetación natural                                 | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
|                                    | I-US-3: Pérdida de suelos consagrados a actividad productiva en suelos con cobertura de plantación forestal  | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
| Planificación territorial          | I-PT-1: Instalación del proyecto en suelos con restricción para instalación del proyecto por corresponder a macrozona bosque nativo según PRDU Maule         | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
|                                    | I-PT2: Instalación del proyecto en suelos con restricción para instalación del proyecto por corresponder a sector alta montaña con objetivo de uso turístico | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
|                                    | I-PT3: Instalación de proyecto en suelos que contienen caminos protegidos por Ordenanza  | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |
| Patrimonio cultural                | I-PC1: Pérdida de elementos con valor cultural   | X            | X  | NS        | NS | NS       | NS |

Nota: NS = No Significativo / R=La Recova / M = Montecillo-1

También se ha realizado el análisis de pertinencia de ingreso al SEIA (de forma preliminar, ya que no se cuenta con el diseño definitivo de las obras), según la Ley 19.300 de Bases del Medio y sus posteriores modificaciones (Ley 20.417). Un proyecto de embalse en el río Achibueno debe ingresar al SEIA, pues corresponde al tipo de proyectos enunciados en la letra (a) del artículo 10.

Respecto de la forma de evaluación ambiental contemplada en la Ley de bases y en el Reglamento, no es posible en esta fase del proyecto tener una visión clara sin poder analizar el área de inundación definitiva, la localización de campamentos de obra, de las plantas de áridos, de las zonas de explotación de empréstitos, botaderos, etc. En todo caso se debe considerar la existencia de las Áreas Prioritarias de Pejerrey y Altos de Achibueno en las proximidades del Proyecto.

Se considera que el proyecto deberá ingresar al SEIA a través de un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental en razón de las letras (a), (d) y (e) del artículo 11 de la Ley 19.300. La letra (a) del artículo 11 se refiere, como efectos negativos, al *"reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos"*. Si bien a nivel de prefactibilidad no es posible cuantificar estos efectos, sí es posible identificar que se verán afectadas comunidades rurales establecidas en este territorio, y consideradas *"caseríos"* por el INE. El emplazamiento La Recova inundaría los caseríos Pejerreyes, Colliguay y Vega de Salas. En este caso, las poblaciones afectadas deberán abandonar el territorio, lo que conlleva un impacto social que debería cuantificarse.

Respecto del artículo 11, letra (d), se considera efecto negativo la localización del proyecto *"en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación"*. La solución de La Recova intercepta los sitios prioritarios *Vegas de Ancoa* y *Cajón de Pejerreyes*, y la solución Montecillo-1 se sitúa próxima a estos sitios prioritarios. En este punto existe una incongruencia en el SEIA, debido a que la letra (d) del artículo menciona explícitamente los sitios prioritarios; pero en la práctica no reconoce a todos como entidades territoriales afectos a protección. Así, los Sitios Prioritarios *Vegas de Ancoa* y *Cajón de Pejerreyes* no están dentro de los 63 Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad sobre los cuales aplica la letra d) del Art. 11 de la ley 19300. Al respecto, el SEIA se apoya en la Ordenanza 100143 para el reconocimiento de los Sitios Prioritarios del país, y su génesis es regional, pues son territorios propuestos por comisiones regionales. En muchos casos, carecen de plan de manejo y hasta de cartografías de apoyo.

## 9. ACTIVIDADES DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Al comienzo de los trabajos, durante la caracterización del entorno social del Proyecto, se identificaron los agentes sociales y sus representantes, realizando con ellos las primeras reuniones. Adicionalmente, se mantuvieron entrevistas con 10 *informantes clave*, con el objeto de caracterizar el ámbito socioeconómico de los futuros usuarios e identificar los actores relevantes a convocar en las reuniones de PAC.

Para difundir los objetivos y alcances del estudio se planificaron 3 reuniones de participación ciudadana. La 1ª reunión se realizó el 10 de mayo de 2013 a las 11:00h, en el Salón Auditorium Paz Olea Carrillo del Museo de Arte y Artesanía de Linares, con el objetivo de informar y recabar información relevante para el proyecto desde la perspectiva de la comunidad e instituciones relacionadas con ella. Esta reunión tuvo una audiencia de unas 25 personas, en su mayoría regantes. La 2ª reunión se organizó el día 9 de agosto de 2013 a las 10:00h en el mismo lugar, con el objetivo de mostrar las alternativas del estudio, conocer y considerar las opiniones o información que sobre ellas pueda tener la comunidad. Tuvo una asistencia de aproximadamente 30 personas, en su mayoría regantes. La 3ª reunión de PAC, tuvo lugar el día 25 de marzo de 2014 a las 15:00h en el mismo lugar, con el objetivo de informar los resultados del estudio y los pasos siguientes del proyecto. Tuvo una asistencia de unas 30 personas, en su mayoría regantes.

## 10. ASESORÍA LEGAL Y TÉCNICA SOBRE DERECHOS DE AGUA

Los trabajos de asesoría legal y técnica realizados han sido la prestación de servicios de consultoría en materia de derechos de aprovechamiento de aguas, a los regantes que integran las organizaciones de usuarios, en relación con los trámites para efectuar la regularización de los derechos que ostentan. Para ello, se contó con abogados expertos en el campo del Derecho Administrativo. Estos servicios se articularon a través de consultas directas en la materia, realización de Talleres, la distribución de un Instructivo y la suscripción de un compromiso formal de inicio de los trámites de regularización, que se realizó con los respectivos Presidentes de las Juntas de Vigilancia del Río Achibueno (1ª y 2ª Sección), y de la Comunidad de Aguas del Canal Liguay.

El primer Taller tuvo lugar el 26 de julio de 2013 a las 10:00h, en una sala de la Junta de Vigilancia del río Achibueno, en la ciudad de Linares. El segundo Taller se realizó el martes 14 de enero de 2014 a las 16:00h en el Hotel Curapalíhue de Linares, y en segunda sesión el día siguiente a las 9:30h en las oficinas de la Junta de Vigilancia en Linares. A estos talleres acudieron los representantes de la 1ª y 2ª Sección, y el Presidente de la Asociación de Canalistas del Canal Liguay, exponiendo ante ellos el Diagnóstico sobre la situación legal actual de los derechos de aprovechamiento de aguas que tienen otorgados, y la necesidad de que realicen su regularización antes de que culminen las fases de diseño del embalse.

## 11. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

La evaluación económica del proyecto se realiza contrastando sus costes y beneficios, incluyendo el cálculo de indicadores económicos y desarrollando análisis de sensibilidad a la mejor solución. El principal indicador de rentabilidad corresponde al Valor Actual Neto (VAN). Este indicador económico es prioritario para seleccionar la alternativa óptima económica, debido a que permite comparar la rentabilidad en términos absolutos, de proyectos con inversiones de distinta magnitud. Además, como complemento, se determina la Tasa Interna de Retorno (TIR), el cociente entre VAN/Inversión (VAN/I) y el indicador  $n/k$ , que es la razón entre los flujos positivos y los flujos negativos.

Los parámetros básicos para el cálculo de estos indicadores han sido los costos de inversión y de mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento. Se ha considerado un horizonte de evaluación de 30 años, y no se consideran impuestos de ningún tipo. Se ha utilizado el nivel de precios a fecha de julio 2013, que queda dado por un dólar norteamericano de \$ 566, y una UF de \$ 22.950.

### 11.1. COSTES

Los costes considerados en el análisis económico son:

- a) Coste inicial del proyecto (La Recova / Montecillo-1).
- b) Coste de operación y mantención de las obras de riego.
- c) Coste de la eventual central hidroeléctrica a pie de presa.

#### 11.1.1. Coste inicial del proyecto

El coste inicial del proyecto se distribuye en 4 grupos: costos directos de construcción de la infraestructura, costos ambientales de las medidas de mitigación, costos de expropiaciones y otros costos (contingencia, imprevistos, gastos generales y utilidades).

Los costes directos de construcción de la infraestructura (incluyendo la presa, sus elementos de desagüe y obras de desvío, el evacuador de crecidas, las variantes de interferencia, las obras de mejora de las infraestructuras de riego y el sistema remoto de aforo de caudales), se muestran en el cuadro siguiente:

*Tabla 11-1. Resumen de Costos directos del embalse (millones de \$)*

| Solución Embalse/Escenario | Esc. 1  | Esc. 2  | Esc. 3  | Esc. 4  | Esc. 5  |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| PRECIOS DE MERCADO         |         |         |         |         |         |
| Embalse La Recova          | 148.450 | 147.342 | 144.436 | 138.956 | 133.517 |
| Embalse El Montecillo-1    | 142.522 | 140.866 | 136.779 | 130.774 | 124.785 |
| PRECIOS SOCIALES           |         |         |         |         |         |
| Embalse La Recova          | 126.940 | 125.899 | 123.268 | 118.313 | 113.407 |
| Embalse El Montecillo-1    | 121.881 | 120.347 | 116.693 | 111.324 | 105.940 |

Sobre los costes directos de construcción, se ha agregado un 8% en contingencia y un 5% de imprevistos, y a la suma de todos ellos (costos directos, contingencia e imprevistos) se ha agregado además un 40% en concepto de gastos generales y utilidades. Para evaluar los costos de las medidas ambientales, se han diferenciado medidas de adecuación de programas de ingeniería (API), Implementación de prácticas ambientales (IPA), Planes de Contingencia (PC), Planes de Prevención (PP), Capacitación (C) y Estudios ambientales específicos (E).

*Tabla 11-2. Resumen de costos ambientales (millones de \$)*

| Solución Embalse/Escenario | Esc. 1 | Esc. 2 | Esc. 3 | Esc. 4 | Esc. 5 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Embalse La Recova          | 10.639 | 10.606 | 10.220 | 9.889  | 9.566  |
| Embalse El Montecillo-1    | 5.547  | 5.533  | 5.356  | 5.212  | 5.040  |

Una vez identificadas las propiedades afectadas por el proyecto (La Recova / El Montecillo-1), se estimaron las áreas de expropiación afectas en cada predio de forma aproximada, diferenciando para cada solución y escenario, con los siguientes precios de expropiación:

- Terrenos agrícolas (promedio): ..... 20.000.000 de pesos/ha
- Terrenos forestales (exóticas): ..... 15.000.000 de pesos/ha
- Terrenos forestales (nativas): ..... 10.000.000 de pesos/ha
- Otros usos (promedio): ..... 4.500.000 de pesos/ha

Finalmente, los presupuestos de expropiaciones obtienen las cantidades que se muestran en la tabla.

*Tabla 11-3. Resumen de Costes de expropiación (millones de \$)*

| Solución Embalse/Escenario | Esc. 1 | Esc. 2 | Esc. 3 | Esc. 4 | Esc. 5 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Embalse La Recova          | 16.286 | 16.156 | 14.623 | 13.305 | 12.022 |
| Embalse El Montecillo-1    | 11.850 | 11.762 | 10.517 | 9.502  | 8.290  |

### 11.1.2. Costes de operación y mantenimiento

En base a la valoración de este tipo de proyectos, los costes anuales de operación de las obras se han evaluado como el 1% del coste directo de construcción.

*Tabla 11-4. Costes de operación de las obras (millones de \$)*

| Solución Embalse/Escenario | Esc. 1 | Esc. 2 | Esc. 3 | Esc. 4 | Esc. 5 |
|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PRECIOS DE MERCADO         |        |        |        |        |        |
| Embalse La Recova          | 1.485  | 1.473  | 1.444  | 1.390  | 1.335  |
| Embalse El Montecillo-1    | 1.425  | 1.409  | 1.368  | 1.308  | 1.248  |
| PRECIOS SOCIALES           |        |        |        |        |        |
| Embalse La Recova          | 1.269  | 1.259  | 1.233  | 1.183  | 1.134  |
| Embalse El Montecillo-1    | 1.219  | 1.203  | 1.167  | 1.113  | 1.059  |

### 11.1.3. Coste de la central hidroeléctrica

El coste directo de construcción de la eventual central hidroeléctrica (a precios de mercado), así como su coste anual de operación, se ha determinado en función de la potencia instalada. Al coste directo se aplica un 45% en gastos generales y utilidades (algo más altos que en la infraestructura de la presa).

*Tabla 11-5. Resumen de costos de la central hidroeléctrica, precios de mercado (millones de \$)*

| Escenario         | Potencia instalada (MW) | Costo casa de máquinas (MM \$) | Costo resto equip. (MM \$) | Costo línea eléct. (MM \$) | Costo Directo Total (MM \$) | Costo mantención (MM \$/año) |
|-------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| LA RECOVA         |                         |                                |                            |                            |                             |                              |
| 1                 | 10,1                    | 3.029                          | 1.454                      | 2.477                      | <b>6.960</b>                | 1.598                        |
| 2                 | 9,61                    | 2.911                          | 1.384                      | 2.477                      | <b>6.772</b>                | 1.573                        |
| 3                 | 8,67                    | 2.686                          | 1.248                      | 2.477                      | <b>6.411</b>                | 1.523                        |
| 4                 | 7,22                    | 2.338                          | 1.040                      | 2.477                      | <b>5.854</b>                | 1.443                        |
| 5                 | 5,88                    | 2.016                          | 847                        | 2.477                      | <b>5.340</b>                | 1.367                        |
| EL MONTECILLO – 1 |                         |                                |                            |                            |                             |                              |
| 1                 | 10,61                   | 3.151                          | 1.528                      | 619                        | <b>5.298</b>                | 1.361                        |
| 2                 | 9,8                     | 2.957                          | 1.411                      | 619                        | <b>4.987</b>                | 1.313                        |
| 3                 | 8,76                    | 2.707                          | 1.261                      | 619                        | <b>4.588</b>                | 1.250                        |
| 4                 | 7,23                    | 2.340                          | 1.041                      | 619                        | <b>4.000</b>                | 1.153                        |
| 5                 | 5,71                    | 1.975                          | 822                        | 619                        | <b>3.417</b>                | 1.050                        |

## 11.2. BENEFICIOS

Los beneficios considerados para la evaluación económico-financiera, han sido los siguientes:

- a) Riego (según método del presupuesto)
- b) Generación hidroeléctrica
- c) Valor incremental de la tierra
- d) Control de crecidas
- e) Turismo
- f) Agua potable rural

### 11.2.1. Beneficios derivados del riego

El principal beneficio de la construcción de un embalse es el aumento en la seguridad de riego, lo que permite mejorar el potencial productivo de los cultivos. Pero además, el embalse permite también incorporar cultivos de mayor rentabilidad, que requieren una mayor inversión con riesgo, que no se hubiera producido sin la seguridad de riego que proporciona el embalse.

El beneficio agroeconómico neto del proyecto se obtiene como diferencia entre los márgenes netos de las situaciones con (SCP) y sin proyecto (SSP), que fueron determinados en el estudio agroeconómico realizado, según predio promedio, nivel tecnológico y sectores de riego. En términos generales, el efecto beneficioso del proyecto se observa en el aumento de superficie con 85% de seguridad de riego.

En las Tablas siguientes se presenta un resumen con los beneficios asociados al riego para los diferentes tamaños de embalse (La Recova y Montecillo-1), en términos del flujo económico neto, con respecto a la situación sin proyecto, a precios de mercado y precios sociales, respectivamente.

Los márgenes netos de los escenarios con y sin proyecto consideran los márgenes brutos obtenidos para cada cultivo en la superficie de riego, menos los costos indirectos y gastos generales, la inversión en riego tecnificado y asistencia técnica. Además, en la Situación Con Proyecto se consideran costos por habilitación de terrenos, debido al cambio de la estructura productiva del suelo. Lo anterior se obtiene primero a nivel de cada predio promedio evaluado, valores que luego son expandidos para cada tipo de predio, sector y el total del área de estudio.

Los costos indirectos y gastos generales corresponden a los incurridos por los agricultores para abordar la administración, contribuciones, contabilidad, mantención de infraestructura, limpia de canales y electricidad, entre otros. Los costos relacionados con la incorporación de sistemas tecnificados de riego se aplican a terrenos que en Situación Actual utilizan métodos tradicionales, tanto en la Situación Sin Proyecto como en Situación con Proyecto, pero con mayor grado de tecnificación en esta última. Lo anterior, contribuye para que se pueda alcanzar la superficie productiva planteada con la seguridad de riego y los rendimientos esperados, considerando la capacidad de los productores de realizar dichas modificaciones con y sin proyecto. Estos costos incluyen la inversión en el sistema de riego y la mantención anual.

También se considera un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica distinto dependiendo del mejoramiento o no de las obras. En la Situación Sin Proyecto se considera un apoyo tecnológico a través de un programa que favorezca la actividad agropecuaria mediante el uso de los nuevos recursos disponibles. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías para el manejo de los rubros productivos. Este programa involucra al 40% de los predios de los niveles tecnológico bajo y medio.

Por otra parte, el desarrollo agropecuario del área de estudio en Situación Con Proyecto requiere necesariamente un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica que contribuya a aumentar la adopción de tecnologías que permitan potenciar el rendimiento de los cultivos y optimizar el uso de los recursos productivos. Los costos de este programa consideran contratación de personal técnico permanente, asesores e insumos físicos para llevar a cabo esta labor. Este programa tiene una duración variable según el estrato. Además se ha considerado un costo de habilitación de terrenos en cuanto a despedradura, nivelación y acondicionamiento del terreno en general para la implementación de nuevos cultivos.

*Tabla 11-6. Beneficio agrícola neto anual durante los 30 años de amortización. La Recova. Precios de mercado (\$)*

| Año | Esc. 1         | Esc. 2         | Esc. 3         | Esc. 4         | Esc. 5         |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0   | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 1   | -3.243.759.286 | -3.179.335.374 | -2.455.561.148 | -1.311.302.907 | -561.249.800   |
| 2   | -1.370.666.622 | -1.427.807.716 | -615.559.637   | 682.290.379    | 1.352.453.891  |
| 3   | -4.895.601.144 | -4.820.501.643 | -3.784.328.210 | -2.118.645.703 | -1.066.642.675 |
| 4   | -4.950.598.467 | -4.898.635.702 | -3.854.950.824 | -2.182.089.329 | -1.153.836.628 |
| 5   | -2.820.396.802 | -2.854.947.906 | -2.191.080.833 | -1.162.272.821 | -589.840.152   |
| 6   | 752.734.917    | 644.132.042    | 738.199.710    | 1.534.923.142  | 1.579.945.216  |
| 7   | 6.174.151.973  | 5.908.429.235  | 5.233.716.294  | 3.977.033.405  | 2.991.111.220  |
| 8   | 10.439.429.475 | 10.056.236.476 | 8.793.631.741  | 6.481.831.004  | 4.774.797.654  |
| 9   | 14.818.265.333 | 14.335.908.108 | 12.364.623.081 | 9.292.788.699  | 6.519.081.427  |
| 10  | 25.248.481.895 | 24.500.935.701 | 21.663.793.247 | 16.336.090.819 | 12.125.383.019 |
| 11  | 29.428.360.294 | 28.473.740.253 | 25.047.823.983 | 18.714.087.512 | 13.908.208.806 |
| 12  | 30.923.664.692 | 29.997.544.443 | 25.744.449.921 | 18.127.049.423 | 12.826.776.502 |
| 13  | 33.055.379.907 | 32.094.344.500 | 27.557.424.150 | 19.415.602.658 | 13.796.508.107 |
| 14  | 34.350.813.820 | 33.359.608.362 | 28.635.163.814 | 20.152.794.810 | 14.323.565.991 |
| 15  | 35.501.764.100 | 34.474.882.250 | 29.733.615.987 | 21.177.041.159 | 15.330.786.306 |
| 16  | 32.938.208.260 | 32.137.778.579 | 27.377.581.592 | 18.785.290.335 | 13.207.005.733 |
| 17  | 23.792.926.861 | 23.383.561.779 | 20.010.324.419 | 14.185.292.662 | 10.281.206.087 |
| 18  | 33.697.377.508 | 32.823.079.205 | 27.950.902.894 | 19.166.642.173 | 13.251.677.185 |
| 19  | 22.104.722.277 | 21.707.481.047 | 18.444.124.690 | 13.156.444.300 | 9.486.920.415  |
| 20  | 34.292.836.872 | 33.348.360.966 | 28.466.906.168 | 19.615.419.258 | 13.604.845.489 |
| 21  | 32.087.505.001 | 31.149.148.549 | 26.788.588.307 | 18.766.938.749 | 13.212.787.601 |
| 22  | 32.639.032.756 | 31.656.879.396 | 27.329.671.124 | 19.395.834.529 | 13.848.076.643 |
| 23  | 30.670.174.499 | 29.721.780.055 | 25.577.028.561 | 17.883.455.121 | 12.417.792.637 |
| 24  | 31.072.703.630 | 30.064.456.088 | 26.115.921.605 | 18.718.593.031 | 13.399.206.303 |
| 25  | 28.738.666.656 | 27.815.406.259 | 23.988.565.195 | 16.802.196.504 | 11.669.998.548 |
| 26  | 25.619.243.010 | 24.784.292.191 | 21.388.237.089 | 15.019.858.893 | 10.468.077.522 |
| 27  | 24.025.787.597 | 23.266.395.944 | 20.138.404.318 | 14.292.312.357 | 10.139.532.605 |
| 28  | 21.437.116.671 | 20.718.479.785 | 18.172.358.854 | 13.461.058.877 | 10.117.399.103 |
| 29  | 20.666.287.938 | 19.976.270.010 | 17.629.266.577 | 13.379.559.034 | 10.294.538.697 |
| 30  | 17.806.032.363 | 17.232.682.745 | 14.945.772.323 | 10.894.527.001 | 8.004.379.239  |

*Tabla 11-7. Beneficio agrícola neto anual durante los 30 años de amortización. La Recova. Precios sociales (\$)*

| Año | Esc. 1         | Esc. 2         | Esc. 3         | Esc. 4         | Esc. 5         |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0   | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 1   | -3.081.479.933 | -3.028.094.927 | -2.320.485.318 | -1.205.589.827 | -483.632.585   |
| 2   | -568.318.597   | -660.781.602   | 38.314.914     | 1.148.484.815  | 1.686.738.566  |
| 3   | -4.043.779.882 | -4.014.910.681 | -3.096.011.423 | -1.616.438.555 | -710.339.314   |
| 4   | -3.734.037.472 | -3.748.999.428 | -2.880.779.456 | -1.481.907.389 | -671.969.053   |
| 5   | -558.998.842   | -700.981.177   | -380.925.750   | 91.378.195     | 252.448.756    |
| 6   | 3.717.745.638  | 3.470.363.072  | 3.092.661.358  | 3.136.821.018  | 2.629.848.471  |
| 7   | 9.141.644.166  | 8.727.628.687  | 7.562.510.138  | 5.519.397.378  | 3.934.124.089  |
| 8   | 14.012.063.498 | 13.449.952.449 | 11.601.174.528 | 8.337.588.480  | 5.910.351.643  |
| 9   | 17.508.608.170 | 16.850.628.015 | 14.401.543.615 | 10.570.222.857 | 7.190.259.257  |
| 10  | 28.638.353.512 | 27.682.788.856 | 24.259.751.776 | 18.024.835.243 | 13.104.141.493 |
| 11  | 33.892.109.733 | 32.698.408.255 | 28.523.992.935 | 20.990.758.189 | 15.278.745.644 |
| 12  | 36.071.719.459 | 34.887.553.375 | 29.762.536.916 | 20.752.872.896 | 14.417.873.160 |
| 13  | 38.807.728.796 | 37.587.140.023 | 32.111.936.195 | 22.428.367.283 | 15.676.451.304 |
| 14  | 40.770.388.395 | 39.510.703.388 | 33.757.848.880 | 23.561.478.648 | 16.495.215.492 |
| 15  | 42.092.145.999 | 40.795.014.157 | 35.000.847.680 | 24.707.186.236 | 17.627.965.656 |
| 16  | 39.353.725.738 | 38.313.266.001 | 32.495.226.844 | 22.141.277.966 | 15.348.521.445 |
| 17  | 30.695.748.028 | 30.028.161.703 | 25.526.490.645 | 17.822.058.501 | 12.626.505.907 |
| 18  | 40.958.639.676 | 39.811.618.088 | 33.761.711.286 | 23.010.601.614 | 15.737.015.696 |
| 19  | 29.342.791.338 | 28.665.506.232 | 24.234.200.095 | 17.012.772.026 | 12.002.270.598 |
| 20  | 41.654.446.275 | 40.425.567.448 | 34.354.286.736 | 23.471.498.073 | 16.049.585.806 |
| 21  | 39.535.654.216 | 38.304.331.338 | 32.766.158.894 | 22.724.298.365 | 15.749.864.923 |
| 22  | 40.271.353.237 | 38.993.990.314 | 33.476.470.911 | 23.507.642.955 | 16.513.700.438 |
| 23  | 38.405.334.118 | 37.154.599.568 | 31.808.193.949 | 22.061.522.029 | 15.117.752.879 |
| 24  | 38.839.381.770 | 37.524.688.554 | 32.374.129.852 | 22.918.142.494 | 16.102.034.268 |
| 25  | 36.346.913.821 | 35.124.041.934 | 30.119.554.374 | 20.914.750.039 | 14.316.259.715 |
| 26  | 32.783.734.713 | 31.662.317.836 | 27.153.109.338 | 18.886.638.486 | 12.957.707.030 |
| 27  | 30.627.520.865 | 29.599.821.637 | 25.446.210.677 | 17.856.883.685 | 12.443.512.444 |
| 28  | 27.399.580.094 | 26.431.398.777 | 22.956.859.831 | 16.679.526.031 | 12.205.345.106 |
| 29  | 26.237.417.992 | 25.307.798.160 | 22.087.218.031 | 16.379.126.202 | 12.239.015.046 |
| 30  | 23.194.137.399 | 22.385.358.576 | 19.245.226.943 | 13.774.999.991 | 9.858.745.892  |

*Tabla 11-8. Beneficio agrícola neto anual durante los 30 años de amortización. Montecillo-1. Precios de mercado (\$)*

| Año | Esc. 1         | Esc. 2         | Esc. 3         | Esc. 4         | Esc. 5         |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0   | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 1   | -3.243.759.286 | -3.179.335.374 | -2.455.561.148 | -1.311.302.907 | -561.249.800   |
| 2   | -1.370.666.622 | -1.427.807.716 | -615.559.637   | 682.290.379    | 1.352.453.891  |
| 3   | -4.895.601.144 | -4.820.501.643 | -3.784.328.210 | -2.118.645.703 | -1.066.642.675 |
| 4   | -4.950.598.467 | -4.898.635.702 | -3.854.950.824 | -2.182.089.329 | -1.153.836.628 |
| 5   | -2.820.396.802 | -2.854.947.906 | -2.191.080.833 | -1.162.272.821 | -589.840.152   |
| 6   | 752.734.917    | 644.132.042    | 738.199.710    | 1.534.923.142  | 1.579.945.216  |
| 7   | 6.174.151.973  | 5.908.429.235  | 5.233.716.294  | 3.977.033.405  | 2.991.111.220  |
| 8   | 10.439.429.475 | 10.056.236.476 | 8.793.631.741  | 6.481.831.004  | 4.774.797.654  |
| 9   | 14.818.265.333 | 14.335.908.108 | 12.364.623.081 | 9.292.788.699  | 6.519.081.427  |
| 10  | 25.248.481.895 | 24.500.935.701 | 21.663.793.247 | 16.336.090.819 | 12.125.383.019 |
| 11  | 29.428.360.294 | 28.473.740.253 | 25.047.823.983 | 18.714.087.512 | 13.908.208.806 |
| 12  | 30.923.664.692 | 29.997.544.443 | 25.744.449.921 | 18.127.049.423 | 12.826.776.502 |
| 13  | 33.055.379.907 | 32.094.344.500 | 27.557.424.150 | 19.415.602.658 | 13.796.508.107 |
| 14  | 34.350.813.820 | 33.359.608.362 | 28.635.163.814 | 20.152.794.810 | 14.323.565.991 |
| 15  | 35.501.764.100 | 34.474.882.250 | 29.733.615.987 | 21.177.041.159 | 15.330.786.306 |
| 16  | 32.938.208.260 | 32.137.778.579 | 27.377.581.592 | 18.785.290.335 | 13.207.005.733 |
| 17  | 23.792.926.861 | 23.383.561.779 | 20.010.324.419 | 14.185.292.662 | 10.281.206.087 |
| 18  | 33.697.377.508 | 32.823.079.205 | 27.950.902.894 | 19.166.642.173 | 13.251.677.185 |
| 19  | 22.104.722.277 | 21.707.481.047 | 18.444.124.690 | 13.156.444.300 | 9.486.920.415  |
| 20  | 34.292.836.872 | 33.348.360.966 | 28.466.906.168 | 19.615.419.258 | 13.604.845.489 |
| 21  | 32.087.505.001 | 31.149.148.549 | 26.788.588.307 | 18.766.938.749 | 13.212.787.601 |
| 22  | 32.639.032.756 | 31.656.879.396 | 27.329.671.124 | 19.395.834.529 | 13.848.076.643 |
| 23  | 30.670.174.499 | 29.721.780.055 | 25.577.028.561 | 17.883.455.121 | 12.417.792.637 |
| 24  | 31.072.703.630 | 30.064.456.088 | 26.115.921.605 | 18.718.593.031 | 13.399.206.303 |
| 25  | 28.738.666.656 | 27.815.406.259 | 23.988.565.195 | 16.802.196.504 | 11.669.998.548 |
| 26  | 25.619.243.010 | 24.784.292.191 | 21.388.237.089 | 15.019.858.893 | 10.468.077.522 |
| 27  | 24.025.787.597 | 23.266.395.944 | 20.138.404.318 | 14.292.312.357 | 10.139.532.605 |
| 28  | 21.437.116.671 | 20.718.479.785 | 18.172.358.854 | 13.461.058.877 | 10.117.399.103 |
| 29  | 20.666.287.938 | 19.976.270.010 | 17.629.266.577 | 13.379.559.034 | 10.294.538.697 |
| 30  | 17.806.032.363 | 17.232.682.745 | 14.945.772.323 | 10.894.527.001 | 8.004.379.239  |

*Tabla 11-9. Beneficio agrícola neto anual durante los 30 años de amortización. El Montecillo-1. Precios sociales (\$)*

| Año | Esc. 1         | Esc. 2         | Esc. 3         | Esc. 4         | Esc. 5         |
|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 0   | 0              | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 1   | -3.081.479.933 | -3.028.094.927 | -2.320.485.318 | -1.205.589.827 | -483.632.585   |
| 2   | -568.318.597   | -660.781.602   | 38.314.914     | 1.148.484.815  | 1.686.738.566  |
| 3   | -4.043.779.882 | -4.014.910.681 | -3.096.011.423 | -1.616.438.555 | -710.339.314   |
| 4   | -3.734.037.472 | -3.748.999.428 | -2.880.779.456 | -1.481.907.389 | -671.969.053   |
| 5   | -558.998.842   | -700.981.177   | -380.925.750   | 91.378.195     | 252.448.756    |
| 6   | 3.717.745.638  | 3.470.363.072  | 3.092.661.358  | 3.136.821.018  | 2.629.848.471  |
| 7   | 9.141.644.166  | 8.727.628.687  | 7.562.510.138  | 5.519.397.378  | 3.934.124.089  |
| 8   | 14.012.063.498 | 13.449.952.449 | 11.601.174.528 | 8.337.588.480  | 5.910.351.643  |
| 9   | 17.508.608.170 | 16.850.628.015 | 14.401.543.615 | 10.570.222.857 | 7.190.259.257  |
| 10  | 28.638.353.512 | 27.682.788.856 | 24.259.751.776 | 18.024.835.243 | 13.104.141.493 |
| 11  | 33.892.109.733 | 32.698.408.255 | 28.523.992.935 | 20.990.758.189 | 15.278.745.644 |
| 12  | 36.071.719.459 | 34.887.553.375 | 29.762.536.916 | 20.752.872.896 | 14.417.873.160 |
| 13  | 38.807.728.796 | 37.587.140.023 | 32.111.936.195 | 22.428.367.283 | 15.676.451.304 |
| 14  | 40.770.388.395 | 39.510.703.388 | 33.757.848.880 | 23.561.478.648 | 16.495.215.492 |
| 15  | 42.092.145.999 | 40.795.014.157 | 35.000.847.680 | 24.707.186.236 | 17.627.965.656 |
| 16  | 39.353.725.738 | 38.313.266.001 | 32.495.226.844 | 22.141.277.966 | 15.348.521.445 |
| 17  | 30.695.748.028 | 30.028.161.703 | 25.526.490.645 | 17.822.058.501 | 12.626.505.907 |
| 18  | 40.958.639.676 | 39.811.618.088 | 33.761.711.286 | 23.010.601.614 | 15.737.015.696 |
| 19  | 29.342.791.338 | 28.665.506.232 | 24.234.200.095 | 17.012.772.026 | 12.002.270.598 |
| 20  | 41.654.446.275 | 40.425.567.448 | 34.354.286.736 | 23.471.498.073 | 16.049.585.806 |
| 21  | 39.535.654.216 | 38.304.331.338 | 32.766.158.894 | 22.724.298.365 | 15.749.864.923 |
| 22  | 40.271.353.237 | 38.993.990.314 | 33.476.470.911 | 23.507.642.955 | 16.513.700.438 |
| 23  | 38.405.334.118 | 37.154.599.568 | 31.808.193.949 | 22.061.522.029 | 15.117.752.879 |
| 24  | 38.839.381.770 | 37.524.688.554 | 32.374.129.852 | 22.918.142.494 | 16.102.034.268 |
| 25  | 36.346.913.821 | 35.124.041.934 | 30.119.554.374 | 20.914.750.039 | 14.316.259.715 |
| 26  | 32.783.734.713 | 31.662.317.836 | 27.153.109.338 | 18.886.638.486 | 12.957.707.030 |
| 27  | 30.627.520.865 | 29.599.821.637 | 25.446.210.677 | 17.856.883.685 | 12.443.512.444 |
| 28  | 27.399.580.094 | 26.431.398.777 | 22.956.859.831 | 16.679.526.031 | 12.205.345.106 |
| 29  | 26.237.417.992 | 25.307.798.160 | 22.087.218.031 | 16.379.126.202 | 12.239.015.046 |
| 30  | 23.194.137.399 | 22.385.358.576 | 19.245.226.943 | 13.774.999.991 | 9.858.745.892  |

### 11.2.2. Beneficio asociado al Valor Incremental de la Tierra

El paso desde una situación Sin Proyecto a una situación Con Proyecto implica un cambio en el uso del suelo, incrementando su valor productivo y por ende comercial. Así, la incorporación de nuevas zonas a partir de la habilitación de terrenos sin uso y la implementación de cultivos intensivos, justifica esta variación. La Tabla siguiente resume la variación del uso del suelo según tamaño de embalse y escenario.

*Tabla 11-10. Cambio del uso del Suelo en el Área de Estudio (ha)*

|                  | Regada | No Regada | Total  |
|------------------|--------|-----------|--------|
| Situación Actual | 20.332 | 14.717    | 35.049 |
| Esc. 1           | 28.510 | 6.539     | 35.049 |
| Esc. 2           | 28.107 | 6.942     | 35.049 |
| Esc. 3           | 26.131 | 8.918     | 35.049 |
| Esc. 4           | 22.881 | 12.169    | 35.049 |
| Esc. 5           | 20.457 | 14.592    | 35.049 |

Posteriormente se calcula el beneficio asociado al incremento de superficie multiplicando por el valor esperado de venta. Se consideró, en base a datos de ODEPA, que el valor de la tierra de secano es en promedio igual a \$1.529.541/ha. Para el caso de la superficie bajo riego el valor es \$ 8.366.224/ha.

### 11.2.3. Beneficio asociado a las transacciones de los derechos de aguas

Para evaluar los beneficios asociados a la disponibilidad de recursos hídricos, se determina el valor del caudal equivalente medio asociado al proyecto, el que se muestra en la Tabla siguiente. Estos valores se determinaron como el promedio del caudal efluente desde cada uno de los embalses considerados. Se hace notar que el caudal medio disponible se determina a partir del volumen anual disponible de embalsar, por lo que el uso de una u otra variable es equivalente.

*Tabla 11-11. Caudal medio asociado a cada alternativa (l/s)*

|                  | Caudal Asociado (l/s) |
|------------------|-----------------------|
| Situación Actual | 7.054                 |
| Esc. 1           | 11.198                |
| Esc. 2           | 11.055                |
| Esc. 3           | 10.279                |
| Esc. 4           | 8.932                 |
| Esc. 5           | 7.924                 |

El siguiente elemento a considerar es la evaluación del valor del agua. En el último estudio tarifario de la empresa sanitaria Aguas Nuevo Sur S.A. para el periodo 2011-2016 estima que el valor del agua cruda es \$0.- para toda la región del Maule, debido a que aún existe disponibilidad de derechos de aprovechamiento de aguas a solicitar. Por este motivo, con el fin de establecer un cálculo aproximado al respecto, se ha utilizado la información contenida en el estudio tarifario de la empresa sanitaria ES BIO S.A. para el periodo 2011-2016 (Anexo 2-1), en cuyo Capítulo 5, referente a la determinación del valor del agua cruda, se presenta un valor medio de 38,77 UF/l/s. Con este valor se determinaron los beneficios diferenciales asociados a las transacciones de derechos evitadas debido al proyecto.

### 11.2.4. Beneficio asociado a la generación hidroeléctrica

Afectando la producción hidroeléctrica calculada por los precios de venta de mercado, se obtienen los márgenes brutos de venta, frente a los que habrá que contraponer los costes de la inversión para la construcción y los costes de mantención. Se consideran los siguientes parámetros básicos:

- Venta de Potencia: \$ 6.787,44 por kW/mes
- Venta Energía: \$ 45,166 por kWh

Los valores de venta, en millones de pesos, a precio de mercado, son los siguientes:

*Tabla 11-12. Producción hidroeléctrica*

| Escenario         | Potencia instalada (MW) | Generación media anual (GWh/año) | Venta anual por potencia (MM \$) | Venta anual por energía (MM \$) | Venta Total anual (MM \$) |
|-------------------|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| LA RECOVA         |                         |                                  |                                  |                                 |                           |
| 1                 | 10,1                    | 38,75                            | 823                              | 1.750                           | 37.155                    |
| 2                 | 9,61                    | 37,27                            | 783                              | 1.683                           | 35.353                    |
| 3                 | 8,67                    | 34,99                            | 706                              | 1.580                           | 31.895                    |
| 4                 | 7,22                    | 30,11                            | 588                              | 1.360                           | 26.560                    |
| 5                 | 5,88                    | 25,53                            | 479                              | 1.153                           | 21.631                    |
| EL MONTECILLO – 1 |                         |                                  |                                  |                                 |                           |
| 1                 | 10,61                   | 37,41                            | 864                              | 1.690                           | 39.031                    |
| 2                 | 9,80                    | 35,30                            | 798                              | 1.594                           | 36.052                    |
| 3                 | 8,76                    | 32,13                            | 713                              | 1.451                           | 32.226                    |
| 4                 | 7,23                    | 27,24                            | 589                              | 1.230                           | 26.597                    |
| 5                 | 5,71                    | 25,48                            | 465                              | 1.151                           | 21.006                    |

#### 11.2.5. Beneficio asociado al control de crecidas

Los beneficios del embalse se equiparan al valor del daño anual evitado, que se calcula como la diferencia de los daños ocurridos por las crecidas, en los 5 escenarios de la situación SCP y la situación SSP (sin proyecto). Los daños analizados en el presente Estudio son la suma de los daños agrarios (pérdida de las producciones), los daños sobre infraestructuras civiles (puentes, carreteras y vías, líneas eléctricas), y los daños sobre las propiedades y edificaciones, bien sea aisladas o de los núcleos poblacionales.

Sin embargo, las diferencias obtenidas entre las correspondientes situaciones resultan inapreciables, y por tanto el beneficio mínimo por control de crecidas es nulo. Ello se debe a la adopción de hipótesis conservadoras, entre ellas, que las crecidas llegan al embalse cuando éste se encuentra lleno. Así, la reducción del caudal máximo de crecida que sale de la presa en relación con el caudal máximo que entra en el embalse, es muy pequeña, y por tanto la diferencia de áreas inundadas es también pequeña. En conclusión, el beneficio por control de crecidas puede ser en la práctica muy significativo, pero en el presente estudio, las hipótesis menos favorables conducen a determinar que el beneficio mínimo es nulo.

#### 11.2.6. Beneficios por turismo

Los recursos naturales son el principal potencial turístico de la zona. No existen atractivos culturales de señalar (arquitectura, festividades, artesanía) que impliquen mayor participación de la población local. La demanda turística rural está en expansión, pero aún no ha logrado consolidarse porque no existe en el mercado interno una oferta diversificada, consolidada y difundida.

En la presente fase de prefactibilidad del proyecto no resulta posible la cuantificación económica de los cambios, y por tanto no se puede considerar un beneficio mínimo económico por este motivo. Algunas actividades turísticas que actualmente se contemplan en los Planes de Desarrollo Turístico (kajak, rafting y pesca con mosca), resultarían obstaculizadas por el futuro embalse; sin embargo, otras actividades turísticas relevantes (senderismo, andinismo, etc.) son compatibles con el embalse, e incluso podrían potenciarse con el futuro embalse. Cualitativamente es previsible que el futuro embalse induzca beneficios por el desarrollo de actividades turísticas, pero no resulta posible cuantificarlo en esta fase de los trabajos, y las hipótesis menos favorables conducen a determinar que el beneficio mínimo es nulo.

### 11.2.7. Beneficio asociado al agua potable

Al considerar los posibles beneficios de entregar un caudal firme a sistemas de APR locales, es fundamental tener en cuenta las características de las poblaciones en esta zona, asentadas en las inmediaciones de cauces naturales con aguas permanentes, lo que permite que las captaciones para agua potable sean de aguas superficiales casi en la totalidad de los casos, sin que haya problemas de falta de abastecimiento, y cuyo coste es relativamente bajo en la actualidad. Como ya se ha señalado, el último estudio tarifario de la empresa sanitaria Aguas Nuevo Sur S.A. para el periodo 2011-2016 estima que el valor del agua cruda es \$0.- para toda la región del Maule, debido a que aún existe disponibilidad de derechos de aguas a solicitar.

Es preciso señalar que el dimensionamiento del embalse regulador de agua para riego, se realiza con el objetivo de proporcionar los caudales demandados con el 85% de seguridad. Sin embargo, los sistemas de APR requieren el 95% de seguridad, lo que obliga a aumentar notablemente la relación entre el volumen de agua regulado y el volumen de tranque. Por tanto, el coste que se obtendría para el m<sup>3</sup> de agua para APR sería notablemente mayor que el coste del m<sup>3</sup> de agua regulada para riego.

En noviembre de 2013 el MOP firmó un Convenio de Agua Potable Rural con el Gobierno Regional de la Región del Maule, por más de 17.000 millones de pesos, para el mejoramiento y ampliación de 41 sistemas de APR en la Región del Maule, que beneficiará a más de 60.000 habitantes de las provincias de Curicó, Linares, Talca y Cauquenes. Este convenio permitirá ejecutar numerosos proyectos de agua potable rural entre los años 2014 y 2016, en respuesta a las necesidades de mejora de las condiciones y modernización de los sistemas de APR de las comunidades de la Región del Maule para potenciar su desarrollo. Con esto, no es posible considerar posibles beneficios de utilización del agua para sistemas de APR locales.

## 11.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

### 11.3.1. Escenarios

Para realizar la evaluación económica se definieron dos casos:

- ✓ **Uso exclusivo de Riego:** Corresponde evaluar los beneficios del proyecto para uso de riego en su totalidad.
- ✓ **Uso de Riego+Generación Hidroeléctrica:** Corresponde a la evaluación del proyecto del embalse, incluyendo los usos de riego y generación hidroeléctrica.

### 11.3.2. Resultados

En los resultados del método del presupuesto, se observa que el proyecto de riego no resulta rentable a precios de mercado, ni para el emplazamiento de La Recova, ni para el emplazamiento El Montecillo-1. Sin embargo, a precios sociales, el proyecto del embalse de uso exclusivo para riego es rentable para los 3 volúmenes útiles mayores (Esc. 1, 2 y 3), tanto para el embalse La Recova como para Montecillo-1. Esta situación se repite para el caso del embalse de uso conjunto para riego y generación hidroeléctrica, pero con mejores indicadores económicos. En la Tabla siguiente se muestra un resumen con los mejores resultados para ambos embalses:

*Tabla 11-13. Resumen de resultados de la evaluación económica uso riego*

| Solución Embalse/Escenario | V. Emb. (hm <sup>3</sup> ) | VAN (MM \$) | IVAN | VAN/Sup (MM \$/ha) | n/k  | TIR (%) |
|----------------------------|----------------------------|-------------|------|--------------------|------|---------|
| La Recova                  | 203,0                      | 41.085,2    | 0,23 | 1,4                | 1,17 | 7,00%   |
| El Montecillo-1            | 187,0                      | 58.370,5    | 0,34 | 2,0                | 1,27 | 7,49%   |

En las Tablas de las páginas siguientes se presentan los resultados de la evaluación económica realizada con el método del Presupuesto, en los escenarios de Riego, y Riego+Hidrogenación.

Tabla 11-14. Resultados de evaluación económica. Método del presupuesto.

| Escenario                      | Volumen embalse (hm³)  | Precios Privados |            |                    |      |         | Precios Sociales |                 |                    |            |             |              |
|--------------------------------|------------------------|------------------|------------|--------------------|------|---------|------------------|-----------------|--------------------|------------|-------------|--------------|
|                                |                        | VAN (MM \$)      | IVAN       | VAN/Sup (MM \$/ha) | n/k  | TIR (%) | VAN (MM \$)      | IVAN            | VAN/Sup (MM \$/ha) | n/k        | TIR (%)     |              |
| <b>La Recova</b>               |                        |                  |            |                    |      |         |                  |                 |                    |            |             |              |
| <b>RIEGO</b>                   | <b>R-1</b>             | 203,0            | -180.552,4 | -0,81              | -6,3 | 0,33    | 4,85%            | <b>41.085,2</b> | <b>0,23</b>        | <b>1,4</b> | <b>1,17</b> | <b>7,00%</b> |
|                                | <b>R-2</b>             | 191,0            | -181.378,5 | -0,82              | -6,6 | 0,33    | 4,72%            | 33.852,4        | 0,19               | 1,2        | 1,14        | 6,84%        |
|                                | <b>R-3</b>             | 166,0            | -184.063,2 | -0,84              | -7,2 | 0,29    | 4,12%            | 4.906,9         | 0,03               | 0,2        | 1,02        | 6,13%        |
|                                | <b>R-4</b>             | 125,0            | -190.589,9 | -0,91              | -8,6 | 0,22    | 2,73%            | -47.749,4       | -0,28              | -2,1       | 0,77        | 4,50%        |
|                                | <b>R-5</b>             | 91,0             | -193.290,9 | -0,96              | -9,8 | 0,16    | 1,48%            | -83.795,7       | -0,52              | -4,3       | 0,58        | 2,97%        |
|                                | <b>El Montecillo-1</b> |                  |            |                    |      |         |                  |                 |                    |            |             |              |
|                                | <b>M-1</b>             | 187,0            | -161.860,6 | -0,75              | -5,7 | 0,36    | 5,26%            | <b>58.370,5</b> | <b>0,34</b>        | <b>2,0</b> | <b>1,27</b> | <b>7,49%</b> |
|                                | <b>M-2</b>             | 175,0            | -161.875,1 | -0,76              | -5,9 | 0,35    | 5,15%            | 51.846,2        | 0,30               | 1,9        | 1,24        | 7,35%        |
|                                | <b>M-3</b>             | 150,0            | -163.168,4 | -0,79              | -6,4 | 0,32    | 4,59%            | 24.688,7        | 0,15               | 1,0        | 1,12        | 6,70%        |
|                                | <b>M-4</b>             | 112,0            | -169.341,0 | -0,86              | -7,6 | 0,24    | 3,19%            | -28.488,6       | -0,18              | -1,3       | 0,85        | 5,05%        |
| <b>M-5</b>                     | 76,0                   | -171.381,8       | -0,91      | -8,7               | 0,18 | 1,93%   | -64.008,7        | -0,42           | -3,3               | 0,64       | 3,51%       |              |
| <b>La Recova</b>               |                        |                  |            |                    |      |         |                  |                 |                    |            |             |              |
| <b>RIEGO + HIDROGENERACIÓN</b> | <b>R-1</b>             | 203,0            | -165.488,6 | -0,74              | -5,8 | 0,38    | 5,57%            | 70.830,0        | 0,39               | 2,5        | 1,31        | 7,69%        |
|                                | <b>R-2</b>             | 191,0            | -167.294,1 | -0,75              | -6,1 | 0,37    | 5,41%            | 61.688,5        | 0,34               | 2,2        | 1,27        | 7,50%        |
|                                | <b>R-3</b>             | 166,0            | -171.403,3 | -0,79              | -6,7 | 0,33    | 4,80%            | 30.007,1        | 0,17               | 1,2        | 1,14        | 6,79%        |
|                                | <b>R-4</b>             | 125,0            | -180.106,5 | -0,86              | -8,1 | 0,26    | 3,42%            | -26.812,2       | -0,16              | -1,2       | 0,87        | 5,18%        |
|                                | <b>R-5</b>             | 91,0             | -183.836,4 | -0,91              | -9,3 | 0,20    | 2,20%            | -65.058,0       | -0,40              | -3,3       | 0,67        | 3,70%        |
|                                | <b>El Montecillo-1</b> |                  |            |                    |      |         |                  |                 |                    |            |             |              |
|                                | <b>M-1</b>             | 187,0            | -146.796,8 | -0,68              | -5,1 | 0,41    | 6,01%            | 88.115,2        | 0,51               | 3,1        | 1,41        | 8,20%        |
|                                | <b>M-2</b>             | 175,0            | -147.790,7 | -0,70              | -5,4 | 0,40    | 5,86%            | 79.682,3        | 0,47               | 2,9        | 1,38        | 8,03%        |
|                                | <b>M-3</b>             | 150,0            | -150.508,5 | -0,73              | -5,9 | 0,36    | 5,29%            | 49.788,9        | 0,30               | 2,0        | 1,25        | 7,38%        |
|                                | <b>M-4</b>             | 112,0            | -158.857,6 | -0,80              | -7,1 | 0,28    | 3,91%            | -7.551,4        | -0,05              | -0,3       | 0,96        | 5,75%        |
| <b>M-5</b>                     | 76,0                   | -161.927,3       | -0,86      | -8,2               | 0,22 | 2,69%   | -45.270,9        | -0,30           | -2,3               | 0,75       | 4,28%       |              |

Con el método de chequeo del valor incremental de la tierra, ninguna alternativa resulta conveniente, debido a que los terrenos incorporados al riego son una proporción menor con respecto a la superficie actual, siendo los cambios más importantes los relacionados con la rentabilidad de los cultivos. Este resultado se repite en el método de las transacciones de derechos de aguas ya que actualmente ya existe un gran volumen utilizado para el riego.

*Tabla 11-15. Resultados evaluación económica. Método del Valor Incremental de la Tierra (\$)*

| ID Alternativa       | Volumen Útil (hm <sup>3</sup> ) | Valor Total Tierra (\$) | Valor Incremental (\$) | Costo Total (\$) | Beneficio Neto (\$) |
|----------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|---------------------|
| Sit. Actual          |                                 | 192.613.453.716         | -                      | -                | -                   |
| <b>La Recova</b>     |                                 |                         |                        |                  |                     |
| 1                    | 203                             | 248.525.963.831         | 55.912.510.114         | 222.412.907.988  | -166.500.397.874    |
| 2                    | 191                             | 245.768.632.703         | 53.155.178.986         | 220.646.195.843  | -167.491.016.857    |
| 3                    | 166                             | 232.259.402.881         | 39.645.949.164         | 214.676.727.087  | -175.030.777.923    |
| 4                    | 125                             | 210.037.430.625         | 17.423.976.908         | 205.395.447.516  | -187.971.470.608    |
| 5                    | 91                              | 193.469.254.267         | 855.800.551            | 196.233.992.639  | -195.378.192.088    |
| <b>Montecillo -1</b> |                                 |                         |                        |                  |                     |
| 1                    | 187                             | 248.525.963.831         | 55.912.510.114         | 193.278.247.884  | -137.365.737.769    |
| 2                    | 175                             | 245.768.632.703         | 53.155.178.986         | 190.899.552.595  | -137.744.373.609    |
| 3                    | 150                             | 232.259.402.881         | 39.645.949.164         | 185.094.778.704  | -145.448.829.540    |
| 4                    | 112                             | 210.037.430.625         | 17.423.976.908         | 176.678.234.022  | -159.254.257.114    |
| 5                    | 76                              | 193.469.254.267         | 855.800.551            | 168.212.817.920  | -167.357.017.370    |

*Tabla 11-16. Resultados evaluación económica. Método de las transacciones de derechos de aguas (\$)*

| ID Alternativa       | Volumen Útil (hm <sup>3</sup> ) | Valor Total Transacciones (\$) | Valor Incremental (\$) | Costo Total (\$) | Beneficio Neto (\$) |
|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------|---------------------|
| Sit. Actual          |                                 | 6.153.042.273                  | -                      | -                | -                   |
| <b>La Recova</b>     |                                 |                                |                        |                  |                     |
| 1                    | 203                             | 9.768.399.414                  | 3.615.357.141          | 222.412.907.988  | -218.797.550.848    |
| 2                    | 191                             | 9.643.634.515                  | 3.490.592.242          | 220.646.195.843  | -217.155.603.601    |
| 3                    | 166                             | 8.966.474.241                  | 2.813.431.967          | 214.676.727.087  | -211.863.295.120    |
| 4                    | 125                             | 7.791.254.771                  | 1.638.212.498          | 205.395.447.516  | -203.757.235.018    |
| 5                    | 91                              | 6.912.213.638                  | 759.171.364            | 196.233.992.639  | -195.474.821.275    |
| <b>Montecillo -1</b> |                                 |                                |                        |                  |                     |
| 1                    | 187                             | 9.768.399.414                  | 3.615.357.141          | 193.278.247.884  | -189.662.890.743    |
| 2                    | 175                             | 9.643.634.515                  | 3.490.592.242          | 190.899.552.595  | -187.408.960.354    |
| 3                    | 150                             | 8.966.474.241                  | 2.813.431.967          | 185.094.778.704  | -182.281.346.737    |
| 4                    | 112                             | 7.791.254.771                  | 1.638.212.498          | 176.678.234.022  | -175.040.021.525    |
| 5                    | 76                              | 6.912.213.638                  | 759.171.364            | 168.212.817.920  | -167.453.646.556    |

#### 11.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

En cualquier evaluación económica hay siempre un elemento de incertidumbre asociado a las variables y alternativas que se estudian, que dificulta la toma de decisiones con mayor certeza. Una forma de disminuir esta incertidumbre es a través un análisis de sensibilidad, que busca identificar las variables que más afectan el resultado económico de un proyecto y la magnitud de su incidencia. Para este proyecto en particular, el análisis se realizó para el mayor volumen obtenido para ambos embalses, con uso exclusivo de riego.

El análisis del cambio que experimenta el VAN, a precios sociales, ante la variación del 10% de las partidas involucradas en la evaluación económica, permite saber las partidas que tienen mayor repercusión en la rentabilidad del proyecto. La variable que más incide en la rentabilidad es el ingreso agropecuario, cuya elasticidad con respecto al VAN social es igual a **8,83** para el embalse El Montecillo-1 y **12,54** para el embalse La Recova. La segunda variable con mayor importancia en la es el costo de construcción del embalse. Las restantes variables tienen un efecto marginal.

En concordancia con lo anterior, se han analizado los indicadores para un cambio en  $\pm 10\%$  en las variables ingreso agropecuario y costo del embalse. Los resultados confirman la alta sensibilidad a los cambios en el ingreso agropecuario, siendo necesaria una disminución de 11,33% de esta variable en el embalse Montecillo-1 para volver el proyecto no rentable, valor que es aún menor en el caso del embalse La Recova.

Otro análisis consiste en modificar la gradualidad de los cambios en la Situación Con Proyecto, los que se desprenden de la incorporación de los cultivos que conforman el nuevo uso del suelo. Dado lo anterior se confeccionó un escenario denominado “temprano” en donde la incorporación de los cultivos fuera más rápida que la estimada inicialmente, y otro “tardío” en el cual los cambios se producen en forma más lenta. Estas tasas tienen repercusión en la gradualidad de la incorporación de la superficie, costos indirectos, habilitación de suelos, inversión en riego tecnificado, asistencia técnica y la estabilización de los márgenes brutos.

El análisis de sensibilidad para la incorporación de la tierra a la agricultura de riego, refleja que si la gradualidad de los cambios sucede en un periodo menor, el efecto de aumento de los beneficios agrícolas en los primeros años provoca que la rentabilidad del proyecto aumente. En relación con lo anterior, resulta interesante evaluar el efecto de la participación de los agricultores en el proyecto, en términos de la cantidad de predios. Esta variable tiene alta incidencia en la rentabilidad del proyecto ya que, por ejemplo, el VAN social es negativo si solo se incorpora el 80% de los predios. Por otra parte, se ha evaluado el cambio del VAN social ante una variación del periodo de ejecución de las obras. En el caso de Montecillo-1 destaca que el proyecto se vuelve menos rentable mientras más demore la construcción, situación distinta a la de La Recova, en donde primero la rentabilidad baja y luego vuelve a subir, lo que se explica por la mayor proporción que representan los costos de las obras en los flujos.

Finalmente se ha analizado la incidencia conjunta de las distintas variables anteriormente estudiadas, observando que el embalse Montecillo-1 sólo se vuelve no rentable en caso de que el ingreso agrícola disminuya un 5% y se incorpore sólo el 90% de los predios. Por su parte, para el embalse La Recova los indicadores son negativos en 3 de los 5 casos evaluados.

#### 11.4.1. Indicadores Adicionales

Un aspecto importante a destacar es la generación de mano de obra agrícola versus la Situación Actual. Para el embalse de mayor tamaño (Escenario 1), destaca el crecimiento dispar en el empleo femenino y masculino, en el balance de la generación de empleo agrícola permanente y temporal entre la Situación Actual y la Situación Con Proyecto. La rentabilidad por hectárea productiva (cociente entre el beneficio ocasionado por el proyecto y el número de hectáreas beneficiadas) se incrementa en Situación Con Proyecto del orden del 51,5% en relación a la rentabilidad de la situación Sin Proyecto. Este resultado y los siguientes, confirman el importante impacto de la construcción de una obra de riego en el valle.

#### 11.4.2. Ingreso per cápita asignable al sector agropecuario

El ingreso per cápita asignable al sector agropecuario (cociente entre el beneficio ocasionado por el proyecto y el número de agricultores beneficiados con el mismo) se incrementa en 112,4% en el Escenario 1 de la Situación Con Proyecto en relación a la Situación Sin Proyecto, lo que coincide con las mayores utilidades por encima de las remuneraciones de la labor agrícola. La generación de impuestos corresponde al impuesto generado por el incremento de la utilidad producto de la entrada en funcionamiento del embalse. Al respecto la generación de impuestos producto de la construcción de obras se incrementa en un 129,7% en el Escenario 1, al pasar de \$3,7 mil millones en Situación Actual a más de \$8,4 mil millones.

#### 11.5. EXTERNALIDADES

Además de lo descrito, se pueden mencionar otros efectos adicionales, que debido a sus características propias y su complejidad, no pueden ser valorados en esta fase de Prefactibilidad dentro de la evaluación económica:

- Medio construido: No se detectan efectos significativos en los asentamientos humanos, ya que el proyecto se ubica en una zona despoblada del valle.
- Paisaje: Los efectos deben ser minimizados y monitoreados en concordancia con lo indicado posteriormente en el Análisis Ambiental.
- El beneficio mínimo por control de crecidas, con las hipótesis más conservadoras, es nulo. En fase de Factibilidad, con la información y recursos para realizar de forma más detallada este análisis, podría evaluarse económicamente.
- Es claro que las actividades relacionadas con el turismo se verán afectadas por la aparición del embalse, pero en esta fase de Prefactibilidad no resulta posible cuantificar económicamente los beneficios de algunas y los perjuicios en otras, y por tanto no se considera un beneficio económico por este motivo.
- El posible beneficio de entregar un caudal firme a sistemas de APR locales, teniendo en cuenta las características poblaciones en esta zona de la Región del Maule, puede considerarse inexistente.

#### 11.6. MOMENTO ÓPTIMO DE LA INVERSIÓN

El momento óptimo de inversión se obtiene al comparar el VAN de invertir en el momento  $n$  versus hacerlo en el momento  $n+1$ . La premisa fundamental para que este cálculo sea posible de realizar es que los beneficios netos anuales posibles sean independientes del momento de inicio del proyecto, es decir que su evolución y gradualidad de incorporación no dependan de la construcción del embalse, sino de la evolución de la demanda o una variación en el mercado los insumos.

Un ejemplo claro de lo anterior sucede en los proyectos de agua potable o alcantarillado, en los cuales, dependiendo del año de entrada en vigencia de la obra, podrá abastecer una demanda que depende del aumento poblacional. En el proyecto de embalse en estudio los beneficios agrícolas dependen en forma radical de la construcción de la obra, por lo que no resulta pertinente este cálculo. En este caso el momento de realización de la obra dependerá de la comparación del proyecto con otros dentro de la cartera del inversionista, en este caso el Estado.

#### 11.7. ANÁLISIS FINANCIERO

El presente capítulo se refiere al análisis del financiamiento que deben considerar los agricultores según el costo que tenga la obra para ellos. Se supone que la obra será construida bajo los procedimientos que establece el DFL N°1.123 de 1981. El análisis financiero de los predios tipo se basa en los siguientes supuestos:

- Las obras asociadas al riego se construyen en el primer año de análisis (año 0), correspondiendo al segundo período el inicio de la situación con proyecto.
- Se contempla el ofrecimiento de un crédito blando a 20 años para el pago de las obras, que debe ser contrastado con la disposición de pago de los beneficiarios, a fin de obtener el subsidio requerido para llevar a cabo el proyecto. Se ha calculado un pago potencial con tasas del 2% y 4,5%. Se determinó que el pago anual es \$ 414.595/ha de la obra con una tasa de 2%, y \$521.160 con 4,5%.
- La tasa de descuento es de un 12%, al igual que la evaluación económica privada.
- Los valores de ingresos agropecuarios, costos directos de la actividad agropecuaria, costos indirectos, margen neto y margen neto corregido por el efecto hidrológico, para las situaciones Con y Sin proyecto, corresponden a los valores de mercado determinados, para cada predio tipo, en la estudio agroeconómico del estudio.
- El capital de trabajo considerado para las situaciones Sin y Con Proyecto corresponde a un 20% de los costos indirectos, otros costos y las inversiones de los tres primeros años, el que es financiado mediante crédito a 10 años con una tasa de interés de un 8,0%, en cuotas iguales.
- Se ha supuesto que la realización del proyecto debe permitir, a cada predio tipo, entregar al propietario una cierta rentabilidad por su actividad, que representa su sustento familiar. De esta forma se ha definido, para el diferencial de flujos entre las situaciones Sin y Con Proyecto. El factor así definido se aplica anualmente a la utilidad después del impuesto. Dado el nivel tecnológico existente, se adopta para todos los estratos una utilidad de 10%.

Todos los estratos tienen problemas de flujo de caja en algún momento del proyecto. Además, existe una gran cantidad de agricultores que requieren un subsidio mayor al 65%, aunque en contados casos llega al 100%. En términos globales, los agricultores tienen disposición de financiar un poco menos del 50% del proyecto, con una tasa de interés del 2%, y disposición de financiar el 40% en el caso de una tasa del 4,5%, lo que se traduce en la entrega de un subsidio anual de \$6.191.899.089 (con tasa del 2%) y \$9.194.514.638 (con tasa del 4,5%).

De manera similar, si se analiza la disposición (capacidad) de pago y los subsidios, por hectárea y expandido, para cada estrato de tamaño predial, independientemente del sector en el cual se encuentre, se observa que el estrato 1 es el que requiere mayor subsidio; el estrato 5 requiere un % mucho menor.

Finalmente, tal como es solicitado en los términos de referencia del estudio, se ha intentado calcular los mismos indicadores anteriores (pago total, capacidad de pago y subsidio) en relación a los derechos de aprovechamiento de aguas disponibles, expresados en \$/acción. Sin embargo, en estas áreas de estudio no resulta posible obtener estos valores, como puede comprenderse después de consultar los antecedentes legales, entre otras cosas, por los siguientes motivos:

- No existe información detallada de los derechos de aprovechamiento inscritos, o acciones, o ambos, para algunos esteros, canales y la mayoría de usuarios a nivel individual.
- En algunos casos hay equivalencias acción / caudal distinta entre cauces afluentes y canales.
- Existen diversas unidades de medida distintas a las acciones, tales como "regadores".

## 11.8. RECOMENDACIÓN DEL PROYECTO DE EMBALSE

Conforme a los resultados obtenidos, se recomienda continuar en etapa de factibilidad con el desarrollo del embalse **Montecillo-1** con un volumen de **187 hm<sup>3</sup> (Escenario 1)**, el que para uso exclusivo para riego alcanza un VAN social de 58.370,5 millones de pesos y una TIR social de 7,49%. Se recomienda además avanzar en el análisis del proyecto de generación hidroeléctrica, ya que mejora significativamente los indicadores económicos; en particular el VAN social aumenta en cerca de 30.000 millones de pesos, y la TIR social aumenta desde un 7,49% al 8,20%. Por otra parte, el análisis de sensibilidad muestra que el proyecto de mayor volumen es rentable para la mayoría de los casos, lo que refuerza la recomendación anterior.

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 12.1. DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES

De los estudios técnicos de ingeniería desarrollados se concluye que los dos mejores emplazamientos que reúnen las condiciones necesarias para ser viables sobre el cauce del río Achibueno, para la ubicación de un embalse de riego que cubra los objetivos establecidos son los denominados *La Recova* y *Montecillo-1*. Ambas soluciones se ubican en la zona media del valle del río Achibueno.

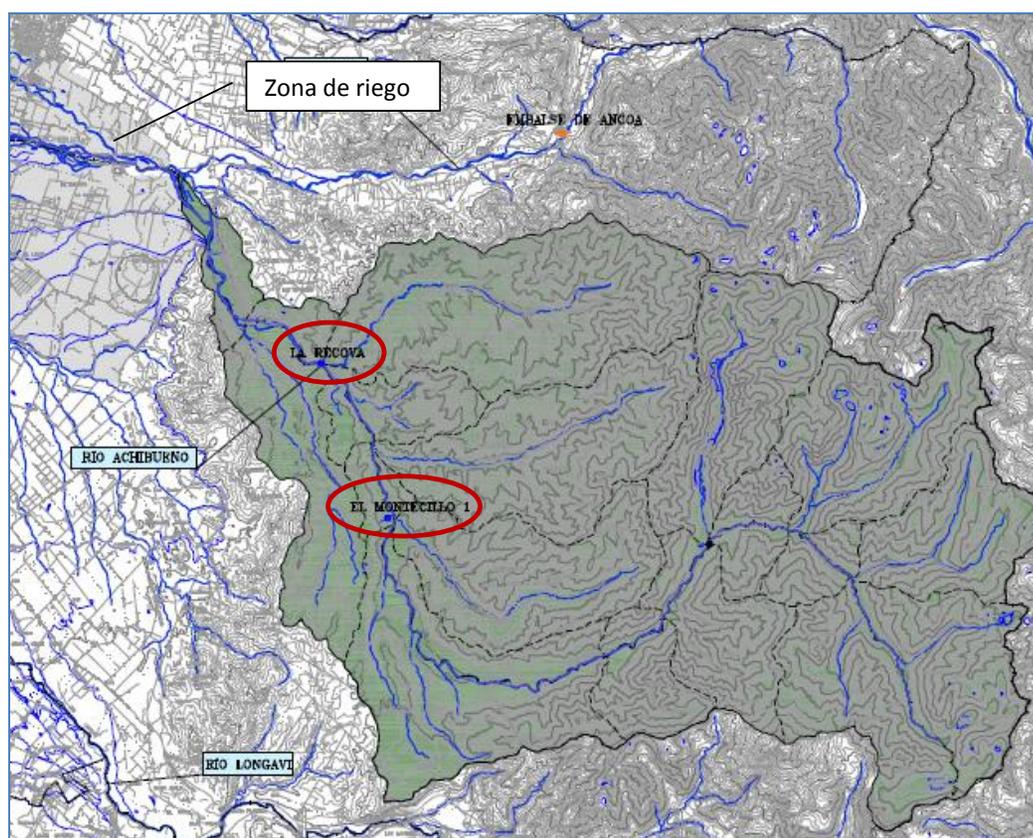


Figura 12-1. Situación de las soluciones de embalse

Una de las premisas fundamentales en las que se basa la elección y diseño del tipo de presa es la aptitud geológico-geotécnica del terreno sobre el que se funda: profundidad y resistencia del sustrato de apoyo, profundidad de excavación requerida, y garantías de impermeabilidad.

Respecto a La Recova, el sustrato del cauce y de la zona inferior de las márgenes es rocoso, presentando condiciones favorables en cuanto a resistencia o capacidad de soporte para cualquier tipología de presa. Sin embargo, el sustrato que cubre la zona superior a la cota 320 msnm es roca blanda, de características resistentes muy inferiores. Por ello, teniendo en cuenta la elevada altura de muro requerida, se ha establecido la tipología de presa de materiales locales con pantalla de hormigón.

En la solución de Montecillo-1, la roca está presente en el fondo del cauce, bajo el aluvial, y en las zonas baja-media de ambas márgenes, aunque hay ciertas dudas sobre la calidad del macizo rocoso en uno de los estribos, que hacen más aconsejable la tipología de materiales locales con pantalla de hormigón. Por tanto, desde el punto de vista geológico, tiene mejores condiciones La Recova, pero para la tipología de presa establecida, ambas reúnen condiciones muy favorables y parecidas.

Con las mismas demandas de riego (con seguridad mínima del 85%), y teniendo en cuenta el volumen de embalse muerto (algo menor en El Montecillo-1), se requiere una capacidad de embalse un poco mayor en La Recova que en El Montecillo-1, que se debe principalmente por las necesidades del caudal ecológico. Los caudales de crecida son también más altos en La Recova, por tener asociada una hoya mayor, lo que conduce a que su evacuador de crecidas sea también mayor y más caro. Análogamente ocurre con las obras de desvío, que son más importantes en La Recova (caudal del túnel de desvío un 32% mayor y altura de dique un 10% más).

*Tabla 12-1. Parámetros principales de los embalses*

| PARÁMETROS                                  | La Recova               | Montecillo 1            |
|---|-------------------------|-------------------------|
| Altura de presa                             | 79 m                    | 89 m                    |
| Volumen de embalse (nivel normal)           | 203 hm <sup>3</sup>     | 187 hm <sup>3</sup>     |
| Superficie de inundación (situación normal) | 1060 ha                 | 855 ha                  |
| Q <sub>entrada</sub> para T=1000 años       | 2.709 m <sup>3</sup> /s | 2.059 m <sup>3</sup> /s |
| Q <sub>salida</sub> para T=1000 años        | 1.588 m <sup>3</sup> /s | 1.235 m <sup>3</sup> /s |

En ambas soluciones, los impactos ambientales de ambos embalses sobre el entorno natural resultan asumibles. Los mayores impactos son sobre la actividad económica (agricultura y ganadería) y sobre los asentamientos humanos rurales. El impacto social del embalse La Recova es más alto que el ocasionado por el embalse Montecillo-1, porque se inunda el Valle de Vega de Salas (en la margen derecha del río Achibueno, a 1,5 km aguas arriba del muro de La Recova), donde existe un importante sector agrícola y una cantidad relevante de viviendas, que potencialmente sería el área más impactada en ambas alternativas.

## 12.2. VALORACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica realizada ha considerado los costes y beneficios de cada solución, con diferentes tamaños, obteniendo diversos indicadores económicos y analizando la sensibilidad a la variación de algunos parámetros de partida. El análisis financiero contempla un horizonte de evaluación de 30 años.

El principal beneficio de la construcción de un embalse corresponde al aumento en la seguridad de riego, lo que permite mejorar la expresión del potencial productivo de los cultivos, provocando la inversión en cultivos de mayor rentabilidad, que no se produciría sin la seguridad de riego que proporciona el embalse. Por tanto, los beneficios considerados en la evaluación han sido los incrementos de la producción agrícola, el valor incremental de la tierra, y la potencial producción hidroeléctrica.

El beneficio real por control de crecidas puede ser muy significativo, aunque no resulta cuantificable económicamente en fase de prefactibilidad. No obstante, teóricamente el mejor embalse es el situado más aguas arriba (El Montecillo-1), pues es el que permite mayor tiempo de reacción ante los posibles daños.

Tampoco resulta posible la cuantificación económica de los posibles beneficios sobre el turismo, aunque se observa cierto optimismo entre los empresarios del rubro. Algunas actividades turísticas actuales resultarían obstaculizadas en cierto tramo del río Achibueno, y otras actividades turísticas relacionadas con el turismo rural podrían potenciarse con el embalse. El posible beneficio de entregar un caudal firme a sistemas de APR locales, teniendo en cuenta las características poblaciones en esta zona de la Región del Maule, puede considerarse inexistente.

Los costos corresponden a la construcción de la infraestructura (presa y obras complementarias), la mejora y tecnificación de infraestructuras de riego actuales, las medidas de mitigación ambiental, las expropiaciones necesarias, la restitución de los viales y otras infraestructuras civiles afectadas, los costos de operación y mantención de las obras, y el coste opcional de construcción de la posible central hidroeléctrica a pie de presa.

De la valoración económica realizada, se deduce que para obtener el mismo beneficio agrícola (asegurar al 85% la demanda futura de agua para riego del valle), el coste de construcción del embalse La Recova es de un 4% al 7% superior al coste de construcción del embalse Montecillo-1 (según los escenarios). También son mayores las expropiaciones en La Recova que en El Montecillo-1, entre el 37% y el 45%, debido a la mayor superficie de inundación y número de propiedades afectadas.

En cuanto a las medidas correctoras de carácter ambiental, incluyendo la reforestación, el presupuesto para La Recova es casi el doble que en El Montecillo-1, a causa de la superficie de bosque afectada. En conjunto, el presupuesto total de La Recova es un 8%-11% más alto que el de Montecillo-1. Los costes de operación son también mayores para La Recova que para el embalse Montecillo-1.

*Tabla 12-2. Resumen de Costos Totales del embalse (millones de \$)*

| FASES                 | Esc. 1         | Esc. 2         | Esc. 3         | Esc. 4         | Esc. 5         |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>LA RECOVA</b>      |                |                |                |                |                |
| Construcción          | 227.129        | 225.434        | 220.987        | 212.603        | 204.282        |
| Expropiaciones        | 16.286         | 16.156         | 14.623         | 13.305         | 12.022         |
| Medidas ambientales   | 10.639         | 10.606         | 10.220         | 9.889          | 9.566          |
| <b>Costes Totales</b> | <b>254.054</b> | <b>252.195</b> | <b>245.831</b> | <b>235.797</b> | <b>225.869</b> |
| <b>MONTECILLO-1</b>   |                |                |                |                |                |
| Construcción          | 218.059        | 215.524        | 209.272        | 200.084        | 190.921        |
| Expropiaciones        | 11.850         | 11.762         | 10.517         | 9.502          | 8.290          |
| Medidas ambientales   | 5.547          | 5.533          | 5.356          | 5.212          | 5.040          |
| <b>Costes Totales</b> | <b>235.456</b> | <b>232.819</b> | <b>225.145</b> | <b>214.798</b> | <b>204.251</b> |

Los costes de construcción y mantención de la posible central hidroeléctrica en la presa de La Recova son ligeramente más altos que en la presa de Montecillo-1. La potencia instalada sería muy similar en ambos casos (>10 MW). La Recova puede turbinar más caudal, pero Montecillo-1 posee mayor altura. Con un factor de planta en torno al 40% (algo mayor en La Recova) la producción hidroeléctrica promedio se ha cuantificado en 39 GWh anuales en La Recova y 37 GWh anuales en Montecillo-1. El presupuesto de construcción de la central sería de unos 14,5 millones de dólares en La Recova y poco más de 11 millones de dólares en El Montecillo-1, de forma que ésta última opción resulta más rentable.

Existen otras externalidades positivas, como la generación de empleo agrícola (permanente y temporal), la rentabilidad por hectárea productiva (cociente entre beneficio agrícola y número de hectáreas beneficiadas), el ingreso per cápita asignable al sector agropecuario (cociente entre el beneficio ocasionado y el número de agricultores beneficiados) y la generación de impuestos. Así, la rentabilidad por hectárea productiva crece más del 51% en relación a la rentabilidad sin proyecto, lo que confirma el fuerte impacto de la realización de un embalse de regulación en el valle. El ingreso per cápita del sector agropecuario se incrementa el 112%, y la generación de impuestos crecería un 130%. Sin embargo, estos beneficios son análogos para ambas soluciones, y no suponen un factor comparativo entre los dos embalses.

Finalmente, los resultados del estudio financiero realizado muestran que a precios sociales, el proyecto del embalse de uso exclusivo para riego es rentable para los escenarios más ambiciosos de riego, tanto para el embalse La Recova como para El Montecillo-1. Esta situación se repite para el caso del embalse de uso conjunto para riego y generación hidroeléctrica, con mejores indicadores económicos.

*Tabla 12-3. Resumen de resultados de la evaluación económica uso riego*

| Solución        | Volumen de embalse (hm <sup>3</sup> ) | VAN (MM \$) | IVAN | VAN/Sup (MM \$/ha) | n/k  | TIR (%) |
|-----------------|---------------------------------------|-------------|------|--------------------|------|---------|
| La Recova       | 203,0                                 | 41.085,2    | 0,23 | 1,4                | 1,17 | 7,00%   |
| El Montecillo-1 | 187,0                                 | 58.370,5    | 0,34 | 2,0                | 1,27 | 7,49%   |

En conclusión, conforme a los resultados obtenidos, se recomienda continuar en etapa de factibilidad con el desarrollo del embalse **Montecillo-1**, con un volumen de **187 hm<sup>3</sup>**, que alcanza un VAN social de 58.370,5 millones de pesos y una TIR social de 7,49% cuando tiene un uso exclusivo para riego. Se recomienda además avanzar en el análisis del proyecto de generación hidroeléctrica, ya que mejora significativamente los indicadores económicos; en particular el VAN social aumenta en cerca de 30.000 millones de pesos, y la TIR social aumenta hasta el 8,20%. Por otra parte, el análisis de sensibilidad muestra que el proyecto Montecillo-1 de mayor volumen de embalse es rentable para la mayoría de los casos, lo que refuerza la conclusión anterior.