

GOBIERNO DE CHILE  
Comisión Nacional de Riego

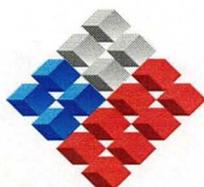


# ESTUDIO Y PROPUESTAS DE RECUPERACIÓN DE SUELOS CON MAL DRENAJE EN EL SECTOR BAJO DEL HUASCO



INFORME EJECUTIVO

AGOSTO, 2002



GOBIERNO DE CHILE  
Comisión Nacional de Riego

# ESTUDIO Y PROPUESTAS DE RECUPERACIÓN DE SUELOS CON MAL DRENAJE EN EL SECTOR BAJO DEL HUASCO

## INFORME EJECUTIVO



AGOSTO, 2002

## INDICE INFORME EJECUTIVO

|      |  |   |
|------|--|---|
| 1.   | Introducción y Objetivos.....  | 1 |
| 2.   | Ubicación y división político-administrativo.....                      | 1 |
| 3.   | Hidrografía.....   | 2 |
| 3.1  | Calidad de las Aguas.....  | 2 |
| 3.2  | Infraestructura Hidráulica.....  | 2 |
| 4.   | Geomorfología y Estudio de Suelos.....                                 | 3 |
| 5.   | Características Climáticas y Agroclimáticas.....                       | 3 |
| 6.   | Características Ecológicas.....  | 3 |
| 6.1  | Flora y Vegetación.....  | 3 |
| 6.2  | Fauna.....   | 4 |
| 7.   | Estado de Conservación de la Biodiversidad.....                        | 4 |
| 8.   | Áreas Silvestres Protegidas.....                                       | 4 |
| 9.   | Aspectos Poblacionales y Sociales.....                                 | 4 |
| 10.  | Características de la Economía.....                                    | 5 |
| 11.  | Diagnóstico de la Situación Actual.....                                | 5 |
| 11.1 | Estudio de Suelos.....   | 5 |
| 11.2 | Topografía.....  | 5 |
| 11.3 | Áreas de Preservación.....   | 5 |
| 11.4 | Calidad de Aguas. Monitoreo.....                                       | 6 |
| 11.5 | Caracterización del Sistema Acuífero.....                              | 6 |
| 11.6 | Catastro de la Infraestructura de Canales y Drenes Existentes.....     | 6 |
| 11.7 | Especies de la flora y fauna en categorías de conservación.....        | 6 |
| 11.8 | Adaptabilidad edafoclimática de las especies cultivables.....          | 7 |
| 12.  | Universo Predial en Estudio y Encuesta Agropecuaria.....               | 7 |
| 12.1 | Situación Actual del Área de Estudio a Partir de la Encuesta.....      | 7 |
| 12.2 | Identificación y Caracterización de los Casos en Situación Actual..... | 8 |
| 13.  | Mercados, Comercialización y Precios.....                              | 9 |
| 13.1 | Análisis de Precios.....   | 9 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 13.2   | Análisis de Mercados .....  | 9  |
| 14.    | Alternativas Agropecuarias de Desarrollo .....                      | 9  |
| 14.1   | Descripción de los Casos en Situación Con Proyecto.....             | 10 |
| 14.2   | Requerimientos de Inversión.....                                    | 12 |
| 14.3   | Balance Hídrico.....  | 12 |
| 14.4   | Capacitación, Transferencia y Asesoría Tecnológica Permanente ..... | 13 |
| 15.    | Diseño de Drenaje .....   | 14 |
| 16.    | Evaluación Económica.....   | 17 |
| 16.1   | Análisis de Sensibilidad .....                                      | 18 |
| 16.2   | Evaluación Financiera .....   | 18 |
| 16.3   | Mano de Obra.....   | 19 |
| 16.3.1 | Situación Actual Normalizada .....                                  | 19 |
| 16.3.2 | Situación Con Proyecto .....  | 19 |
| 17.    | Organización de Usuarios en Comunidad de Drenantes.....             | 19 |
| 18.    | Parcela Modelo.....   | 20 |
| 19.    | Análisis Ambiental.....   | 21 |
| 19.1   | Evaluación de Impacto Ambiental .....                               | 22 |
| 19.2   | Seguimiento ambiental.....  | 23 |
| 20.    | Conclusiones .....  | 23 |

## **INFORME EJECUTIVO**

### **1. Introducción y Objetivos**

De acuerdo a la Licitación Pública para la ejecución del “Estudio y Propuesta de Recuperación de Suelos con Mal Drenaje en el Sector Bajo del Huasco” llamada por la Comisión Nacional de Riego (CNR), CICA Ingenieros Consultores desarrolló el estudio en base a los requerimientos administrativos solicitados.

Los problemas en el nivel productivo que se generan en esta zona, se derivan principalmente del déficit de drenaje de los suelos y de la acumulación de sales y alto contenido de sodio intercambiable. En consecuencia, un porcentaje de estos suelos está abandonado mientras que los suelos que se utilizan agrícolamente, no permiten buenos niveles de producción.

El objetivo principal del Estudio consiste en contribuir al desarrollo agrícola del Valle del Huasco y, por lo tanto, al desarrollo económico local, mediante la habilitación de los suelos mal drenados y la incorporación a la producción de un área actualmente marginada, gatillando el surgimiento de una agricultura de excelente productividad que genere, en el mediano plazo, fuentes de trabajo permanente para los propios productores y la comunidad.

Se plantearon seis objetivos más específicos:

- i. Identificar las zonas susceptibles de drenar y delimitar, dentro de éstas, las que se justifica drenar, por su viabilidad técnica, económica y ambiental, y potencial uso agropecuario.
- ii. Elaborar una propuesta técnica de evacuación del exceso de agua en el perfil de suelo, la que comprende la identificación, pre-diseño y determinación de los costos del sistema de drenaje principal.
- iii. Proponer un plan de desarrollo agrícola para toda el área drenable.
- iv. Elaborar un plan de manejo integral del agua de drenaje y riego, con recomendaciones para el manejo de la salinidad.
- v. Elaborar una metodología de trabajo para la constitución de una comunidad de drenantes.

Diseñar una unidad de experimentación que quede en operación una vez terminado el proyecto.

### **2. Ubicación y división político-administrativo**

El sector bajo del Huasco se encuentra inserto en el valle del río Huasco en la III Región de Atacama, este último ubicado en la provincia de Huasco. Específicamente, el área de estudio

constituye una franja de tierra que va desde Freirina a la costa con un largo máximo de alrededor de 15 km y un ancho promedio de 1 km.

La provincia de Huasco, capital provincial Vallenar, se encuentra subdividida en 4 comunas: Freirina, Huasco, Vallenar y Alto del Carmen. Las dos primeras son de interés para el presente estudio, considerando que el área de proyecto compromete parte de la superficie de ellas.

### **3. Hidrografía**

La hoya hidrográfica del río Huasco tiene una superficie total de 9.850 km<sup>2</sup> y en ella se distinguen dos grandes subcuencas, correspondientes a los ríos El Tránsito y El Carmen. El río Huasco propiamente tal se forma justamente por la confluencia de estos ríos en la localidad denominada Alto del Carmen. El régimen de escurrimiento de estos ríos es de tipo pluvial intermitente.

El valle del río Huasco, presenta una superficie total agrícola de unas 11.749 ha, según el estudio integral de CEDEC (1985) y un caudal medio anual de 5,6 m<sup>3</sup>/s (Huasco en Santa Juana).

El río Huasco y sus afluentes están divididos, de acuerdo a los estatutos de la Junta de Vigilancia, en cuatro secciones, quedando el área de estudio en la IV Sección.

Prácticamente a lo largo de toda su longitud, el río Huasco se comunica hidráulicamente con el acuífero, ya sea entregando o recibiendo agua del mismo. El agua subterránea es usada mayoritariamente para agua potable y minero industrial; el uso en riego es de menor importancia frente a los anteriores.

#### **3.1 Calidad de las Aguas**

El análisis de la información recopilada, indicó que la principal limitante de las aguas del río Huasco, es su alta salinidad, la que a partir de Santa Juana y hasta su desembocadura, alcanza valores CE promedios cercanos a 3,0 dS/m. Por otra parte, en este tramo, la concentración de sulfatos y cloruros tiende a mantenerse por encima del máximo tolerable para riego.

#### **3.2 Infraestructura Hidráulica**

En la cuenca del río Huasco, existen en la actualidad, aproximadamente un total de 370 canales distribuidos en las cuatro secciones del río. De 23 canales existentes en la cuarta sección del Río Huasco, sólo 11 de ellos se encuentran dentro del área de estudio.

El agua disponible para la cuarta sección corresponde a recuperaciones que se producen aguas arriba, además de afloramientos de agua subterránea que ocurren aguas abajo del puente de la carretera Panamericana.

#### **4. Geomorfología y Estudio de Suelos**

Geomorfológicamente, las unidades microregionales del valle del río Huasco son: La Planicie Litoral, Los Llanos de Sedimentación Fluvial y/o Aluvional y La Pampa Transicional.

En el valle del río Huasco se caracterizan doce series modales, el área que abarca este estudio sólo incluye cuatro de ellas, Bellavista, Freirina, Paona (50,1% de los suelos del área de estudio) y Tatara. Además de las series anteriormente señaladas, se identificaron tres tipos Misceláneos, que corresponden a Misceláneo Aluvial, Escarpe y Pantano.

Los suelos arables ocupan el 63,3%, donde los suelos de clase de capacidad de uso III son los dominantes (507,61 ha).

La Clase de Drenaje 3 ocupa la mayor superficie en el área en estudio con 605,01 ha, lo que representa el 67,4% de los suelos.

La Clase de Aptitud Frutal D, está representada por los suelos de las Series Bellavista, Freirina y Paona. Esta Clase es la de mayor importancia en el área representando el 56,7% (508,70 ha).

Un 56,5% de los suelos está pobremente adaptado para el riego (Clase 3), siendo la principal limitación el drenaje restringido. En cuanto a las condiciones de drenaje, el 95,2% de los suelos presenta drenaje restringido.

#### **5. Características Climáticas y Agroclimáticas**

Dentro de los subtipos reconocidos del clima mediterráneo en Chile, de acuerdo a los principios de Emberger, es posible ubicar la zona del río Huasco en la región mediterránea perárida. En la costa y hacia el interior, se observan algunas influencias de la región mediterránea árida. Hacia la cordillera, estas condiciones se degradan ciertamente hacia un tipo andino. El bioclima marítimo de la tendencia mediterránea se acentúa por las influencias oceánicas, siendo más húmeda que aquella banda interior, con las temperaturas mínimas más elevadas, las máximas más bajas y por lo tanto una menor diferencia térmica.

El área de estudio se inserta en el Distrito Agroclimático Huasco – Maitencillo, influido fuertemente por el océano. Estas condiciones se definen, fundamentalmente, por la ausencia de heladas, presencia de neblina, menores oscilaciones térmicas, temperaturas extremas más suaves y un clima relativamente homogéneo a lo largo de todo el año.

#### **6. Características Ecológicas**

##### **6.1 Flora y Vegetación**

De acuerdo a la naturaleza árida y semi árida de la Región de Atacama, se advierte una continuidad biótica tanto de especies de flora como de fauna. Las precipitaciones escasas, las

neblinas o "camanchacas" costeras son factores que condicionan la cubierta vegetal en la zona costera de la Región.

Respecto a la flora que es posible encontrar dentro del área de estudio, se observan especies de algas en la zona costera, las que tienen alto valor comercial, tales como: luce, huiro y chascón.

En la faja terrestre costera crece sin dificultad una vegetación xeromórfica o jaral costera y algunas especies de cactáceas columnares y suculentas. En los sectores cercanos a las partes bajas de los valles y cercanas al mar, y con niveles freáticos elevados, se hacen presente especies como la brea, doca, totora y junquillos, entre otras.

## 6.2 Fauna

En los valles de la región, la fauna silvestre es más escasa por la actividad del hombre, sin embargo, se cuenta también en los interfluvios desérticos a especies como zorro culpeo, chilla, bandurrias, jotes de cabeza colorada y otros animales introducidos como liebre y conejos, dañinos para la actividad agrícola. Como fauna avícola, aves menores como zorzales, tencas, golondrinas, chirigües, jilguero común y otras rapaces, y especies reptiles menores como lagartos y lagartijas.

## 7. Estado de Conservación de la Biodiversidad

Se ha determinado que en la Región de Atacama no existen especies florísticas en *peligro de extinción*. Para la fauna, existe una especie *extinguida* en la Región de Atacama y cinco en *peligro de extinción*.

## 8. Áreas Silvestres Protegidas

Cercanos a la superficie que abarca el presente estudio, se encuentran el *Parque Nacional Llanos de Challe* en la comuna de Huasco, la *Reserva Nacional Pingüino de Humboldt* distribuido en las comunas de Freirina y La Higuera (III y IV Regiones). Dentro del área de estudio, existe una superficie de tierra que ha sido protegida legalmente según la Ley de Caza N°4.601, donde se establece un período de veda de conservación en la zona de la desembocadura del río Huasco en la provincia de Huasco, III Región.

## 9. Aspectos Poblacionales y Sociales

La Región de Atacama, según el Censo de 1992, tiene una población total de 230.873 habitantes lo que representa el 1,73% de la población nacional. Dentro de la III Región, la Comuna de Huasco participa con el 3,25% de la población regional, con un total de 7.516 habitantes, y la Comuna de Freirina con el 2,26%, con 5.221 habitantes.

## **10. Características de la Economía**

Las comunas de Huasco y Freirina presentan un porcentaje de 46,05% y 49,22%, respectivamente de población como fuerza de trabajo.

El 35,8% de la población ocupada se dedica a la actividad primaria en la comuna de Huasco y el 50% en la comuna de Freirina, posiblemente por ser una comuna mayoritariamente rural. En general, a nivel regional se observa, que esta Región tiene una importante vocación minera.

En cuanto a la agricultura regional, ésta se ha visto desarrollada en los últimos 15 años con la incorporación de nuevos suelos a la producción de uva de exportación, en el valle de Copiapó fundamentalmente y Huasco en menor escala. En este último valle se han visto desarrollados otros tipos de producción frutícola y de industria de licores y pisco ligada a la actividad agrícola.

Dentro del área de estudio se destaca que el desarrollo agrícola está enfocado principalmente en la producción olivícola, destinada a la producción de aceituna de mesa y para la elaboración de aceite de oliva.

## **11. Diagnóstico de la Situación Actual**

### **11.1 Estudio de Suelos**

El estudio de suelos realizado, comprende un reconocimiento en terreno de las principales series y fases de suelos con drenaje restringido, realizando calicatas y consultando estudios anteriores existente par el área del proyecto. Las Series con drenaje restringido como Bellavista y Paona resultaron ser las más representativas del área.

De acuerdo a la caracterización físico-química realizada, se puede establecer que la salinidad de los suelos constituye el factor más restrictivo para las especies cultivables.

### **11.2 Topografía**

Basado en un plano escala 1: 5.000 existente para el área de estudio, y que posteriormente fue digitalizado, se llevó a cabo el levantamiento topográfico del área de estudio, incluyendo perfiles longitudinales y transversales del cauce del río Huasco.

### **11.3 Áreas de Preservación**

Se identificaron áreas que presentan características especiales para su conservación y protección. Estas constituyen zonas de interés ecológico, tales como hábitat para la vida silvestre y principalmente para el caso del río Huasco, sitios de reproducción y/o nidificación de aves. Las superficies definidas como áreas de preservación fueron descontadas de las áreas para ser drenadas.

#### **11.4 Calidad de Aguas. Monitoreo**

El monitoreo de calidad de aguas realizado en el río Huasco, canales de riego, drenes y pozos de observación, señala que el mayor problema lo constituye el elevado contenido de sales presentes en las aguas y algunos contenidos de aniones como sulfatos y cloruros que exceden la NCh 1333 para fines de regadío.

La utilización de las aguas para fines de regadío, en especial la del río Huasco, debe considerar aspectos de volúmenes de lixiviación y ser utilizada para el riego de especies tolerantes a las sales, con el fin de evitar el deterioro de los suelos y consecuentemente, afectar los niveles de producción agrícola del valle.

#### **11.5 Caracterización del Sistema Acuífero**

El acuífero del valle del Río Huasco se ha formado por la acumulación de material detrítico permeable del tipo grava, arena, bolones y arcilla, el cual sobreyace a la roca fundamental. A partir de Freirina hacia la costa se produce una secuencia sedimentaria con carácter de acuífero confinado o semiconfinado.

Desde la ciudad de Vallenar hasta Freirina la potencia media del acuífero es del orden de 45 m. A partir de Freirina, se desarrolla el acuífero freático superior con una potencia media de 10 m y uno confinado inferior a partir de los 30 m de profundidad con una potencia media de 15 m.

Las entradas de agua al sistema hidrogeológico se producen principalmente por infiltración directa desde el río y por infiltración debido a la aplicación directa de agua de regadío de los predios.

#### **11.6 Catastro de la Infraestructura de Canales y Drenes Existentes**

Se realizó un recorrido por los canales y sistemas de drenaje existentes en el área de estudio, con lo que se pudo definir el estado actual de ellos. Los canales en su mayoría no presentan bocatoma de carácter permanente y en general, lo que también es válido para los drenes, evidencian presencia de malezas y escasa mantención lo que dificulta su normal funcionamiento.

#### **11.7 Especies de la flora y fauna en categorías de conservación**

El número de especies florísticas en Categoría de Conservación en la Región de Atacama alcanza a 11, donde 9 de ellas corresponden a especies vulnerables y 2 de ellas a especies raras. Dentro de las especies faunísticas se encuentran 33 aves (3 de ellas en peligro de extinción), 12 mamíferos, 8 peces, 3 reptiles y 2 anfibios.

## **11.8 Adaptabilidad edafoclimática de las especies cultivables**

De acuerdo al análisis agroclimático realizado, principalmente en lo que respecta a días-grado y horas de frío, se puede establecer que en general, no existen limitaciones agroclimáticas para los cultivos y frutales propuestos en la Situación Con Proyecto. Por otra parte, el suelo limita a las especies debido a los contenidos salinos que posee, pero realizando un adecuado manejo del riego, los cultivos presentarían entre ligeras y moderadas limitaciones.

## **12. Universo Predial en Estudio y Encuesta Agropecuaria**

La determinación del área de estudio fue definida a partir de fuentes de información del Servicio de Impuestos Internos, Catastro de Regantes de la Hoya del río Huasco, de la encuesta agropecuaria y de visitas en terreno. A partir de esta información se identificaron dentro del área de estudio un total de 154 predios con una superficie de 897,806 ha, sin embargo, a esta superficie se le descontaron suelos correspondientes a áreas de preservación y suelos tipo Misceláneos Aluvial, por lo que finalmente, el total de la superficie de estudio correspondió a 804,805 ha.

Con el listado de roles ordenados según superficie total predial, se realizó una estratificación que dividió el total de los predios del área de estudio en cuatro Estratos, cada uno de los cuales reúnen grupos con características, técnico-productivas y de comercialización similares. Sobre la base de este listado se eligieron 35 predios a encuestar, seleccionados al azar dentro de cada Estrato de tamaño.

### **12.1 Situación Actual del Área de Estudio a Partir de la Encuesta**

A partir de la encuesta se realizó el diagnóstico de la Situación Actual del área de estudio, análisis que comprende la caracterización técnica, productiva y económica del sistema, además de información respecto al grado de conocimiento de los agricultores sobre el proyecto, y las restricciones y expectativas de manejo que ellos enfrentan.

Primeramente, se destaca en base a la encuesta, que el nivel de conocimiento de la población respecto a los subsidios en obras de drenaje por parte del Estado es relativamente elevado, así como también el interés en participar en este tipo de proyectos.

Por otra parte, los principales factores restrictivos indicados por los agricultores a través de la encuesta se relacionan con aspectos económicos. Se observa que la mayoría de los factores restrictivos de mayor importancia dentro del área de estudio, están enfocados al proceso de comercialización, mercado y financiamiento y también al limitado drenaje de los suelos.

Respecto a las expectativas de manejo agropecuario, en la gran mayoría del área de estudio el manejo futuro del predio y rubros productivos que actualmente existen se mantendría igual frente a una Situación Con Proyecto, aunque con mejores expectativas de aumentar la productividad.

A partir de la caracterización general del área de estudio, aspectos socioeconómicos, administrativos y productivos, se puede destacar en forma muy general, que la propiedad es el principal sistema de tenencia que tienen las tierras de la zona en estudio, que los predios están en su mayoría habitados y presentan un alto porcentaje de abastecimiento de servicios básicos, energía eléctrica y agua potable. Además, respecto al nivel de educación de las personas, se destaca el bajo nivel de enseñanza media, superior y técnica de la población, principalmente, en los adultos.

En términos productivos, la especie agrícola que predomina en toda el área de estudio es el olivo, ocupando el 43,82% de la superficie total encuestada (974,11 ha). Las otras especies frutícolas y hortícolas que fueron mencionadas como membrillero, peral y guindos, zapallo de guarda, tomate, coliflor, acelga, zanahoria y chacras, no se consideran significativas dentro del área de estudio desde el punto de vista de la superficie plantada y del número de predios que los informaron.

Según los datos tomados de la encuesta, la tracción mecánica es utilizada ampliamente, así como también el trabajo manual para labores específicas de las plantaciones. De acuerdo a la evaluación de los otros parámetros técnicos, nivel de fertilización, aplicación de herbicidas, insecticidas, uso de plantas y semillas certificadas y sistemas de riego, se estima que en la zona existe un uso de tecnología importante, especialmente en los predios de mayor tamaño, sin embargo, aún existe un importante déficit en la zona que se refleja en los bajos rendimientos logrados en muchos de los predios, aunque a pesar de esta falta, el nivel de comercialización se realiza de manera importante dentro de la zona, especialmente del olivo que se vende tanto para consumo del fruto como para la elaboración de aceite.

Además, existen otras deficiencias que se observan en el sistema relacionadas con el proceso de comercialización, la asistencia técnica, la información técnica adquirida por los mismos agricultores, las horas de dedicación de los agricultores al predio y el nivel de financiamiento, aunque se destaca que los mayores problemas se concentran en los predios de menor superficie.

## **12.2 Identificación y Caracterización de los Casos en Situación Actual**

Con la finalidad de establecer un programa de desarrollo que sea monitoreable y evaluable por los organismos fiscalizadores, y considerando los resultados obtenidos en el análisis del sistema a nivel de Estrato, se contempla identificar los diferentes predios reales o “Casos”, a los cuales se les pueda proyectar e implementar el programa de desarrollo.

Según esto se determinaron 8 Casos, elección basada en que su rubro agropecuario y patrón agrícola refleje lo más fielmente el patrón agrícola del grupo de predios que representa, y que el nivel de tecnología y grado de comercialización utilizado durante el proceso productivo sea también representativo del grupo de predios que representa.

En general, analizando la situación de los Estratos y de cada Caso, se estima que los predios de la zona de estudio tienen aún muchos aspectos que mejorar, especialmente, los relacionados con el manejo técnico de las plantaciones de olivos, mejoramiento del suelo, mayor aprovechamiento

del suelo actualmente no trabajado, mejores sistemas y eficiencias de riego, uso adecuado en calidad y cantidad de pesticidas y fertilizantes y, finalmente, mejoramiento en los sistemas de comercialización y búsqueda de mejores mercados.

### **13. Mercados, Comercialización y Precios**

#### **13.1 Análisis de Precios**

En el análisis realizado, se han considerado como fuentes de información las entregadas por ODEPA, MIDEPLAN, CIREN-CORFO, Banco Central, Fundación Chile y empresas distribuidoras de insumos y productos entre otras, más algunas fuentes de información directa, y provenientes de la zona, como plantas aceiteras y productores locales. Todos los antecedentes se presentaron sin I.V.A. y actualizados a moneda de Diciembre de 2001. Para el análisis social, se consideraron los índices que establece MIDEPLAN.

#### **13.2 Análisis de Mercados**

Se realizó un análisis del mercado de exportación y nacional sobre la base de estadísticas de volúmenes y precios que genera el Banco Central y ODEPA, principalmente.

De los productos propuestos para la Situación Con Proyecto, el mercado de las aceitunas y aceite de oliva es el que se debe fortalecer en mayor medida, ya que representan la principal actividad en el área de estudio y actualmente se encuentra poco desarrollado. Esto implica la modernización de los huertos de olivos, tanto en lo que respecta a la incorporación de variedades netamente de mesas y aceiteras y además densificar las plantaciones.

Lo anterior se debe asociar a obtener mayores producciones y calidad del producto con el fin de acceder a mercados de Norteamérica, Asia y Europa. Además, la agrupación de productores permite acceder a costos competitivos, adoptando el concepto de economía de escala. Este hecho es también válido para el resto de los sistemas de producción agroindustrial propuestos.

### **14. Alternativas Agropecuarias de Desarrollo**

A partir de la caracterización de la situación agrícola de la zona de estudio, a nivel de Estrato y Caso, se establecieron los criterios sobre el cual se desarrollará la evaluación económica del proyecto, para la cual se contemplan las siguientes situaciones:

- Situación Base, considera el crecimiento natural del sistema el cual se encuentra determinado en su base por el desarrollo natural del país.
- Situación Con Proyecto, considera el desarrollo de las obras civiles necesarias para mejorar el drenaje dentro del área de estudio a través de la recuperación de los suelos. Este proyecto más

los programas de capacitación y transferencia tecnológica, más la asesoría permanente determinarán el crecimiento de los beneficios económicos que se plantean en esta situación.

En esta alternativa de proyecto, existe un crecimiento dentro del sistema agropecuario debido al mejoramiento en el drenaje y la posibilidad de incorporar una importante superficie productiva al sistema. De esta manera, se estima que el mejoramiento en el manejo técnico, en las cantidades producidas y en los rendimientos obtenidos sería sustancial, tanto en olivo como en las otras especies incorporadas y/o incrementadas para diversificar el sistema, tales como, damasco, higuera y membrillo entre los frutales, zapallo guarda, coliflor, melón, brócoli, sandía, repollo, espárrago, pimiento morrón, cebolla, ají, zanahoria, tomate, lechuga, pepino (ensalada), tomate invernadero y pepino dulce invernadero entre las hortalizas y claveles e ilusiones entre las flores.

También en esta Situación se estimó un mejoramiento en la industrialización de los productos y sistemas de comercialización.

La evaluación económica de estos escenarios parte de la base de la Situación Actual, datos tomados de la encuesta que son previamente normalizados para minimizar errores circunstanciales informados al momento de la entrevista a los agricultores. De aquí se obtiene la Situación Actual Normalizada, la cual corresponde al Año Cero, mismo punto de inicio para la proyección a 30 años en que se evaluarán los flujos económicos.

Los parámetros agroeconómicos que se analizan para todo el horizonte de evaluación y para las alternativas de desarrollo (Situación base y Con Proyecto) corresponden a ingresos brutos, costos directos de producción, gastos indirectos, costos de inversión, márgenes netos, y costos de capacitación y transferencia tecnológica y asesoría continua según corresponda. La estimación de los valores de rendimientos, precios de venta de productos, precios de compra de insumos y estimaciones de porcentajes de cantidades comercializadas, así como de sistemas de comercialización, son el complemento para determinar en la Evaluación Económica los parámetros agroeconómicos antes mencionados.

Los resultados de estos parámetros son analizados y detallados en la Evaluación Económica, siendo el objetivo principal del análisis la comparación entre alternativas de desarrollo para ver la factibilidad del proyecto frente a un mejoramiento en el drenaje.

#### **14.1 Descripción de los Casos en Situación Con Proyecto**

Según se ha definido la Situación Con Proyecto, a continuación se presenta en el Cuadro N° 1 con el patrón productivo y superficies que presenta cada Caso en la Situación Con Proyecto a modo de resumir las características generales del sistema y como se comportaría frente a una situación mejorada en el drenaje de los suelos.

**Cuadro N° 1**  
**Patrón Productivo y Superficies por Predios Tipo para la Situación Con Proyecto**

| Superficies (ha)             | Predio Tipo 1 | Predio Tipo 2 | Predio Tipo 3 | Predio Tipo 4 | Predio Tipo 5 | Predio Tipo 6 | Predio Tipo 7 | Predio Tipo 8 | Total Predios Tipo |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
|                              | Rol 143-11    | Rol 141-7     | Rol 146-11    | Rol 141-6     | Rol 102-27    | Rol 107-2     | Rol 143-10    | Rol 102-1     |                    |
|                              | Estrato 1     | Estrato 2     | Estrato 3     |               |               | Estrato 4     |               |               |                    |
| <b>Cultivos y Hortalizas</b> |               |               |               |               |               |               |               |               |                    |
| AjÍ                          |               |               |               |               | 2,006         |               |               |               |                    |
| Brócoli                      | 0,192         |               |               |               | 2,006         |               |               |               |                    |
| Cebolla                      |               |               |               |               | 2,006         |               |               |               |                    |
| Coliflor                     | 0,192         |               |               |               |               |               |               |               |                    |
| Espárrago                    |               |               |               |               | 2,006         |               |               |               |                    |
| Invernadero Pepino Dulce     |               |               |               |               |               | 0,240         |               | 0,290         |                    |
| Invernadero Tomate           |               |               |               |               |               | 0,240         |               | 0,290         |                    |
| Lechuga                      |               | 0,126         |               |               | 2,006         |               |               |               |                    |
| Melón                        | 0,192         |               |               |               |               |               |               |               |                    |
| Pepino Ensalada              |               |               |               |               | 2,006         |               |               |               |                    |
| Pimiento Morrón              |               |               |               |               | 2,006         |               |               |               |                    |
| Repollo                      | 0,192         |               |               |               |               |               |               |               |                    |
| Sandía                       | 0,192         |               |               |               |               |               |               |               |                    |
| Tomate                       |               | 0,126         |               |               | 2,006         |               |               |               |                    |
| Zanahoria                    |               |               |               |               | 2,006         |               |               |               |                    |
| Zapallo                      | 0,192         |               |               |               |               |               |               |               |                    |
| <b>Flores</b>                |               |               |               |               |               |               |               |               |                    |
| Clavel                       |               | 0,020         | 0,107         |               |               |               |               |               |                    |
| Ilusiones                    |               | 0,020         | 0,107         |               |               |               |               |               |                    |
| <b>Frutales</b>              |               |               |               |               |               |               |               |               |                    |
| Damasco                      |               |               |               |               |               | 2,398         | 3,194         | 1,739         |                    |
| Higuera                      |               |               | 0,357         | 0,336         |               |               |               |               |                    |
| Membrillo                    |               |               |               | 0,336         |               | 1,319         |               |               |                    |
| Olivo – aceite               |               |               | 3,804         | 2,985         |               | 11,463        | 43,036        | 15,302        |                    |
| Olivo – cocktail             |               |               | 0,346         | 0,271         |               | 1,151         | 3,912         | 1,391         |                    |
| Olivo – mesa                 | 0,576         | 2,252         | 2,196         | 1,500         |               | 6,691         | 28,105        | 9,390         |                    |
| <b>Superficie Arable</b>     | <b>1,151</b>  | <b>2,418</b>  | <b>6,917</b>  | <b>5,480</b>  | <b>10,032</b> | <b>23,501</b> | <b>78,248</b> | <b>28,402</b> |                    |
| Sup. No Arable               | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         |                    |
| Sup. No Productiva           | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         |                    |
| Sup. Ind. Productiva         | 0,048         | 0,101         | 0,214         | 0,168         | 0,310         | 0,480         | 1,597         | 0,580         |                    |
| <b>Sup. Drenaje Limitado</b> | <b>1,990</b>  | <b>2,519</b>  | <b>7,131</b>  | <b>5,596</b>  | <b>10,342</b> | <b>23,981</b> | <b>79,845</b> | <b>28,982</b> | <b>159,595</b>     |
| Sup. Buen Drenaje            | 0,069         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,664         | 0,444         | 1,177              |
| Sup. Zona Preservación       | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 0,000         | 3,263         | 0,158         | 0,000         | 3,421              |
| <b>Superficie Total</b>      | <b>1,268</b>  | <b>2,519</b>  | <b>7,131</b>  | <b>5,596</b>  | <b>10,342</b> | <b>27,244</b> | <b>80,667</b> | <b>29,426</b> | <b>164,193</b>     |
| N° Predios representados     | 10            | 6             | 6             | 6             | 1             | 3             | 2             | 1             | 35                 |

Fuente: Elaboración propia

Nota: Colores iguales indican rotación de cultivos ocupando la misma superficie.

## 14.2 Requerimientos de Inversión

Los requerimientos de inversión, corresponden a toda la infraestructura de apoyo a la producción agrícola, tanto primaria como secundaria. Las principales inversiones que requiere la propuesta de desarrollo corresponden a:

- Sistemas de Riego: surco con conducción californiana, goteo y cintas.
- Sistemas de Drenaje Intrapredial.
- Invernaderos.
- Agroindustrias: planta de aceite de oliva, aceitunas rellenas, damascos deshidratados y dulce de membrillo.

## 14.3 Balance Hídrico

En el estudio de las demandas hídricas de los cultivos en el sector Bajo del Huasco, elementos de interés son el cálculo de los aportes capilares desde la napa freática y los requerimientos de lixiviación para llevar las sales fuera del sistema radicular.

El cálculo de las necesidades hídricas se realizó para la Situación Actual y Con Proyecto, en las superficies unitarias por Caso y para las superficies proyectadas, obteniéndose el requerimiento total en forma mensual para cada sector de riego. El área de proyecto se dividió en tres sectores por criterios geográficos, de niveles freáticos y contenidos salinos.

La Evapotranspiración potencial utilizada para el cálculo del balance hídrico corresponde a la señalada por CIREN CORFO – CNR (1997), cuyo valor es de 1.200 mm/año. La Evapotranspiración de cultivo (ET<sub>c</sub>), se obtuvo a través de la estimación de los coeficientes de cultivo de las especies según situación de proyecto.

La demanda neta de agua (DHN) de los cultivos se obtuvo al descontar a la demanda hídrica bruta o ET<sub>c</sub>, el aporte por capilaridad, que depende de la profundidad de la napa freática. Para la Situación Actual, los aportes por capilaridad se estimaron en función del monitoreo de la profundidad de la napa freática en los pozos de observación, según sector. Para la Situación Con Proyecto, los aportes por capilaridad tienden a cero, ya que los suelos serán drenados llevando la napa freática fuera de la rizósfera.

Los requerimientos de lixiviación corresponden a la cantidad de agua que debe percolar para desplazar las sales solubles fuera de la rizósfera. Para ello la conductividad eléctrica tolerable ( $CE_{ext}$ ) por los cultivos se asumió en 2 dS/ m, la cual corresponde al límite de un suelo no salino (Ayers y Wescot, FAO 1987). Por otra parte, la conductividad eléctrica de las aguas de riego ( $CE_{ar}$ ) se estandarizó a 3 dS/ m.

En la estimación de las tasas de riego, en el análisis de las situaciones de proyecto, se procedió a estimar una eficiencia de riego ponderada según los métodos de regadío observados y propuestos por grupo de Casos, tomando como base las eficiencias utilizadas por la Comisión Nacional de Riego.

Las fracciones que van a percolación varían, según Situación Actual y Con Proyecto entre: 24 a 28 % y de 0 a 22 % respectivamente.

En Situación Actual, el sector 1 es el de mayores requerimientos hídricos, demandando el 69,03% (7,57 millones de m<sup>3</sup>/año) sobre un total de 10,97 millones de m<sup>3</sup> para una superficie de riego de 479,06 ha. La tasa de riego ponderada para el área de estudio corresponde a 23.148,6 m<sup>3</sup>/ha/año, mientras que en enero se presenta la máxima demanda con una tasa de 3.408,5 m<sup>3</sup>/ha lo que significa un caudal continuo de 1,3 L/s/ha y 2,5 L/s/ha en turno de riego (24 días y 16 horas por día).

En Situación Con Proyecto, el requerimiento hídrico total alcanza a los 13,18 millones de m<sup>3</sup> por año para una superficie regada de 782,63 ha. El sector 1 es el que presenta la mayor demanda con un total anual de 6,96 millones de m<sup>3</sup> lo que significa que este sector demanda el 52,8% del total del área de estudio

La tasa de riego ponderada para el área de estudio en Situación Con Proyecto, corresponde a 17.236,3 m<sup>3</sup>/ha/año, mientras que en enero se presenta la máxima demanda con una tasa de 2.503,8 m<sup>3</sup>/ha lo que significa un caudal continuo de 1,0 L/s/ha y 1,8 L/s/ha en turno de riego.

En lo referente a cultivos, el olivo es el de mayor importancia, concentrando sobre el 93% y 85% de la superficie total bajo riego con un requerimiento hídrico del 97,8% y 85% para las Situaciones Actual y Con Proyecto respectivamente.

#### **14.4 Capacitación, Transferencia y Asesoría Tecnológica Permanente**

A partir de los antecedentes obtenidos en la encuesta simple, se puede caracterizar el grado de conocimiento técnico y nivel de asesoramiento que reciben los agricultores, a partir de lo cual se evaluó el costo que significaría asesorar el cambio de estatus productivo, e identificar, en líneas gruesas, las técnicas más adecuadas para su implementación.

La etapa de capacitación y transferencia tecnológica se estableció con un programa para la Situación Con Proyecto, por un período que no excederá de 18 años de realizada la plena habilitación de los suelos. Esto, considerando también el gran interés mostrado por los agricultores por participar en proyectos de desarrollo tecnológico.

El programa de transferencia tecnológica y asistencia técnica se desarrollará en la superficie arable productiva total del universo predial correspondiente a 804,8 ha para la Situación Con

Proyecto, de las cuales quedan 584,7 ha, en función al porcentaje de agricultores, a nivel de estrato, que informaron interés respecto al desarrollo del proyecto.

Para desarrollar el programa propuesto, se deberá contar con equipos de ingenieros agrónomos y técnicos agrícolas que visiten periódicamente a los agricultores, dependiendo del rubro que desarrollen.

La etapa de asistencia técnica continua, se realizará en la Situación Con proyecto y será posterior a la etapa de integración, comenzando paulatinamente para algunos predios algunos años antes de llegar al año de estabilización, determinado para el año 18 para los predios más pequeños.

La etapa de asesoría regular deberá sostenerse en el apoyo técnico y crediticio permanente del sistema, como así en una participación activa en la búsqueda de nuevas alternativas de producción, mercados, manejo y control de la infraestructura.

## 15. Diseño de Drenaje

El diseño de la red drenaje en el sector Bajo del Huasco, tiene como principal objetivo aumentar la productividad del área, y busca abatir la napa freática, llevando los excesos de salinidad fuera de la zona radicular de los cultivos.

Para la determinación de la profundidad del nivel freático se realizaron cuatro mediciones con un intervalo de 25 a 30 días utilizando una red de 38 pozos de observación, con una densidad de aproximada de 5 pozos por cada 100 ha. Para cada medición, se confeccionaron hidrogramas que permitieron concluir que en promedio para los sectores de La Cachina, La Arena, La Camelia y El Pino (Pozos N°1 al N°22) el nivel freático se encuentra a los 1,26 m de profundidad, para el sector de Los Loros (Pozos N°23 al N°29), en promedio se tiene un nivel freático a 0,86 m y finalmente para los sectores de Las Tablas y Freirina (Pozos N°30 al N°38), localidades ubicadas en la ribera sur del río Huasco, el promedio de profundidad del nivel freático es de 0,87 m.

De acuerdo con los planos de isohypsas generados (equidistancia entre curvas de 0,25 m), se definieron tres sectores:

|                                |          |            |
|--------------------------------|----------|------------|
| <i>Ribera Norte río Huasco</i> | Sector 1 | La Cachina |
|                                |          | La Arena   |
|                                |          | El Pino    |
|                                |          | La Camelia |
|                                | Sector 2 | Los Loros  |
| <i>Ribera Sur río Huasco</i>   | Sector 3 | Las Tablas |
|                                |          | Freirina   |

Cabe señalar que, del análisis de los planos de isohypsas, las influencias por el aporte del río Huasco y por los canales de riego no fue posible identificarlas claramente, pero no se puede descartar que produzcan una recarga significativa de la napa freática. En consecuencia, se estimó, para cuantificar el monto de la recarga, que esta se origina por efectos del regadío, el que se realiza con bajas eficiencias de aplicación, en la Situación Actual.

La profundidad del nivel freático en el Sector 1 disminuye de oriente a poniente y de sur a norte. La menor profundidad del nivel freático se puede asociar a la influencia de la red de canales existentes en el sector superior y medio de este sector.

En el Sector 3, existe en los sectores medio y poniente una tendencia de la napa a descender de oriente a poniente al comparar las cuatro mediciones. Lo anterior se puede explicar por la merma en el caudal del río Huasco con la consecuente disminución en la recarga del acuífero.

El parámetro de mayor interés para desarrollar un diseño de drenaje es la conductividad hidráulica de los suelos. Esta se determinó mediante el método del barreno o método de Hooghoudt al momento de la instalación en cada uno de los pozos de observación.

Dado que las perforaciones de barreno no permitieron identificar el hidroapoyo, o estrata impermeable, ésta se consideró sobre la base de los antecedentes señalados por el Catastro de Pozos, DGA 1999, que la ubican en el caso más restrictivo, a 11 m de profundidad desde la superficie. En consecuencia se consideró una profundidad de la estrata de 10 m (valor  $d$ , en la ecuación de Glover y Dumm). La conductividad hidráulica varía ( $K$ ) entre 0,082 y 7,558  $m\ día^{-1}$ . Conforme con los valores de  $K$  obtenidos, se estimó la porosidad drenable de acuerdo con el nomograma de Dumm. Según esta metodología, la porosidad drenable varía entre 1,8% y 22,5%.

Para la determinación del eje hidráulico en diferentes tramos del Río Huasco, se utilizó el sistema River Análisis System (HEC-RAS). Esta determinación del eje hidráulico en el cauce se basó exclusivamente en identificar el o los puntos, en que la descarga de los drenes colectores en el Río Huasco se produzca sobre este eje.

Analizando cada uno de los escenarios para cada sector de drenaje, se observa que para el caudal máximo para un año con probabilidad de excedencia de un 50% entre los sectores 2 y 3, se produciría en ciertos lugares específicos del valle inundación de sectores bajos, los cuales corresponden a zonas de vegas, que según el proyecto no serán drenadas, por cuanto se encuentran dentro del área de protección.

Los puntos de salida diseñados para cada uno de los sectores al Río Huasco se ubican por sobre la cota del eje hidráulico en ambos escenarios, de modo que el agua desagüa en forma libre y sin inconvenientes.

El cultivo representativo de la zona a drenar es el olivo, con aproximadamente el 85 % de la superficie de cultivo para la Situación Con Proyecto. La recarga estaría dada por los

requerimientos de lixiviación del cultivo en el mes de mayor demanda de riego, enero con 753,7 m<sup>3</sup>/ ha.

La red de laterales entubados (intraprediales) descargarán a colectores (extraprediales). Los colectores extraprediales tendrán la doble función de: a) Permitir el desagüe de los laterales y b) abatir el nivel freático en el área de influencia. Los colectores fueron trazados por los deslindes de las propiedades. En ambos casos el diseño tiende a restar el mínimo de superficie al cultivo.

Como resultado, la distancia entre los drenes laterales, varía entre 81 y 122 m, según predio, obteniendo un valor de caudal drenado por hectárea que varía entre 0,454 y 0,462 L/ s/ ha. Este valor de caudal drenado por ha, es la base sobre la cual se calculó la capacidad de los drenes colectores. La profundidad de los drenes resultó ser de 1,74 a 1,80 m desde la superficie, con el objeto de que la altura de agua al interior de los drenes fuera de 0,10 m.

La superficie bajo estudio se dividió en 3 sectores (La Cachina – La Camelia, Los Loros, Las Tablas – Freirina) beneficiando en total 799,5 ha, de las cuales 791,3 ha, serán drenadas con 100 % de eficiencia, restando 8,2 ha que serán drenadas con una eficiencia menor, debido a que se ubican en sectores deprimidos del relieve, no alcanzando el mínimo de profundidad de suelo libre de la influencia de la napa freática (1,55 m). En el siguiente Cuadro se presenta la superficie drenada por cada sector.

| Sector       | Nombre                  | Superficie drenada con 100 % de eficiencia (ha) | Superficie beneficiada con menos de 100 % de eficiencia (ha) | Superficie total con mal drenaje (ha) | Superficie no beneficiada (ha) | Proporción de superficie beneficiada con 100 % de eficiencia (ha) |
|--------------|-------------------------|---|--|---------------------------------------|--------------------------------|---|
| 1            | La Cachina a La Camelia | 419   | 0  | 422,2                                 | 3,2                            | 99,2  |
| 2            | Los Loros               | 167   | 5,5  | 172,5                                 | 0                              | 96,8  |
| 3            | Las Tablas, Freirina    | 205,3   | 2,7  | 209,7                                 | 1,7                            | 97,9  |
| <b>Total</b> |                         | <b>791,3</b>                                    | <b>8,2</b>   | <b>804,4</b>                          | <b>4,9</b>                     | <b>98,3</b>   |

Las alternativas de tipo de drenes colectores estudiadas fueron las siguientes:

1. Colectores cerrados
2. Colectores abiertos utilizando zanjas
3. Colectores cerrados, tomando como base las soluciones 1 y 2, se incluye evacuar los volúmenes adicionales originados por derrames desde los canales Madariaga y La Cachina y aprovechar las zanjas existentes en el terreno

Para la alternativa de drenes colectores cerrados, el costo alcanza a \$ 708.871.746 para un total de 799,86 ha. El costo unitario es de \$ 885.921 por ha. Cabe señalar que el largo total de drenes entubados es de 31.574 m. Se consideró un total de 3,2 ha que deberán ser expropiadas para la instalación de los drenes colectores.

Para la alternativa de drenes colectores abiertos, la suma de los costos alcanza a \$ 637.014.164, con un costo unitario de \$ 796.405 ha. Bajo este sistema de zanjas abiertas, la superficie a expropiar se estima en 12,6 ha, con un costo de \$ 75.777.360.

Para la alternativa propuesta, la suma de los costos a precios privados alcanza a \$ 743.269.332, con un costo unitario de \$ 929.247 por ha.

Considerando la evaluación a Precios Sociales, según los índices de MIDEPLAN, el costo total de la red es de \$ 752.808.862, lo que significa con un costo unitario de \$ 941.173 por ha.

## **16. Evaluación Económica**

Los planes de desarrollo agropecuario conceptual, para cada uno de los Casos unitarios representativos del sistema, fueron valorados y proyectados, por un período de 30 años, considerado éste como el horizonte de evaluación del proyecto.

La integración reconoce que se va adquiriendo paulatinamente la tecnología de riego, por lo cual, en un período variable de 12 a 18 años, según sea el Caso analizado, coexisten la Situación Actual y la Situación Con Proyecto.

La integración de los diferentes Casos, corresponde a 18 años para los Casos 1 y 2; 15 años para los Casos 3, 4 y 5 y 12 años para los Casos 6, 7 y 8. Se considera que el 96,1% del sistema adopta el programa si se considera en base al número de predios y el 78% si se considera la superficie total del área de estudio.

Una vez desarrollados los flujos económicos que caracterizan a las Situaciones Actual y Con Proyecto, se procedió a proyectar los antecedentes unitarios a la totalidad del sistema que caracteriza cada una de las alternativas en evaluación.

Para cada uno de los Casos Proyectados (proyección de los Casos al total de predios y superficie que representan), se ha determinado el Beneficio Bruto Diferencial a la Situación Con Proyecto, para lo cual se ha restado la Situación Actual, para todo el horizonte de planeación, lo que refleja el efecto del proyecto en el área de estudio.

De acuerdo a lo anterior, el Valor Actual Neto (VAN), calculado con una tasa de descuento del 10% a Valores Privados, y con una tasa de descuento del 12% a Valores Sociales, la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación N/K, se presentan en el siguiente Cuadro.

| Indicadores Económicos | Valores Privados | Valores Sociales |
|------------------------|------------------|------------------|
| VAN (\$)               | 3.259.368.338    | 2.353.025.317    |
| TIR                    | 21,85%           | 22,17%           |
| N/K                    | 4,43             | 3,46             |

Como se observa, desde el punto de vista económico el proyecto es viable de ser implementado, tanto a valores privados como sociales, ya que los indicadores que lo caracterizan son significativamente importantes, ya sea considerando el VAN por un lado, o considerando la TIR (superior al 15%, límite crítico establecido por MIDEPLAN para este tipo de proyectos).

## 16.1 Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilización considera la variación de los parámetros que determinan la rentabilidad de un proyecto, tales como costos en obras civiles, ingresos agropecuarios, tasas de adopción, incorporación de Casos, entre otros, así como también la variación simultánea de estos. Este análisis permite determinar las fortalezas y debilidades del proyecto, dentro de rangos establecidos.

De los parámetros de sensibilización, los más críticos resultan ser las disminuciones de entre un 10 y 15% de los ingresos agropecuarios, aumento de la tasa de descuento y la no integración de Casos, que hacen caer los indicadores económicos en forma significativa, tanto a valores privados como sociales.

La sensibilización de los parámetros anteriormente señalados permiten señalar que el proyecto posee una buena rentabilidad y solamente la disminución en los precios de algunos rubros o el aumento simultáneo de los parámetros anteriormente señalados permiten anular el VAN.

## 16.2 Evaluación Financiera

Se ha desarrollado un estado de resultados que considera la información relevante que permite caracterizar financieramente a cada uno de los Casos reconocidos. Los Flujos de Caja Netos resultantes para las alternativas evaluadas, y por ende la Capacidad de Pago, es positiva para la mayoría de los Casos analizados durante todo el período de evaluación, independiente de años asociados a los requerimientos de inversión.

Atendiendo exclusivamente al punto de vista financiero, no existen inconvenientes para que la generalidad de los agricultores se incorporen al proyecto.

## **16.3 Mano de Obra**

### **16.3.1 Situación Actual Normalizada**

De acuerdo a la demanda de mano de obra calculada (443 personas) y la población proyectada, se estima que no existe déficit de mano de obra en la actualidad. Los mayores requerimientos de mano de obra en Situación Actual Normalizada, se producen entre los meses de junio y septiembre con un 79,9% del total anual.

Los frutales, principalmente el olivo, representan el rubro con la mayor demanda de mano de obra, con el 98,8% del total anual del sistema.

### **16.3.2 Situación Con Proyecto**

Para esta situación, atendiendo al crecimiento del sistema, tampoco se espera un déficit de mano de obra para una demanda total de 1.355 personas. Los mayores requerimientos de mano de obra se producen entre los meses de junio y septiembre con un 79,1% del total anual

Dentro de los frutales, el olivo sigue siendo el dominante y el rubro en general presenta la mayor demanda de mano de obra, con el 91,6% del total anual del sistema.

## **17. Organización de Usuarios en Comunidad de Drenantes**

De acuerdo a uno de los principales objetivos de la presente Consultoría, se elaboró una metodología de trabajo para la constitución de la Comunidad de Drenantes que acompañará el proceso de estudio, ejecución y operación de las obras propuestas.

La metodología de trabajo propuesta para la formación y funcionamiento de una Comunidad de Drenantes dentro del área de estudio, se basó en las necesidades que actualmente enfrenta la sociedad de aprovechar adecuadamente las aguas de riego y optimizar el recurso, en las bases legales actuales y por las características específicas del área de estudio, tanto socio económicas y técnico productivas, como también las de tipo medioambientales.

Específicamente, en el caso de las Comunidades de Drenantes, tienen por objetivo la mantención, operación y reposición de las obras de drenaje, así como también enfrentar los costos que esto implica.

Las Comunidades de Obras de Drenaje se pueden organizar de la misma forma que las Comunidades de Aguas, esto es, extrajudicialmente, mediante escritura pública suscrita por todas las personas beneficiarias de la obra de drenaje y otra judicial.

Además de la información recopilada bibliográficamente y en terreno, fue necesario realizar reuniones con los agricultores de la zona a través del desarrollo de la Consultoría de manera de conocer en detalle a los agricultores y su forma de trabajo y de poder transmitir información relativa a las organizaciones de drenantes, al proyecto que se realiza, respecto a la Ley de fomento del riego y drenaje 18.450 y relacionada con materias técnicas del manejo agropecuario.

A partir de las 8 reuniones llevadas a cabo, en las cuales se destacó la baja asistencia y participación por una gran mayoría de los agricultores del área de estudio, se determinó que los agricultores necesitan de apoyo profesional para la transferencia tecnológica, la que estaría enfocada en entregar la base para la implementación y mantención de una comunidad de obras de drenaje. Esta consideración, se suma, a pesar de que se estima que los agricultores sí son capaces de formar una organización de este tipo y organizarse para su funcionamiento, tal como lo han demostrado con la existencia de la Comunidad de Obras de Drenaje de Las Tablas.

Finalmente, junto con proponer un grupo de personas como posibles líderes se propuso la constitución legal en el área de estudio de 3 Comunidades de Obras de Drenaje:

|                                    |                 |            |
|------------------------------------|-----------------|------------|
| Comunidad de Drenantes Los Loros   | 23 beneficiados | 172,06 ha. |
| Comunidad de Drenantes Las Tablas  | 39 beneficiados | 208,40 ha. |
| Comunidad de Drenantes Huasco Bajo | 92 beneficiados | 419,41 ha. |

Se estimó que una vez al año, como mínimo, todos los agricultores integrantes de las Comunidades se reunirán en Asamblea General, para discutir temas que necesiten votación y tratar otros temas relevantes relacionados con las obras de drenaje y de su organización. Respecto al Directorio, se proponen reuniones una vez al mes con fines organizacionales de la Comunidad. Por otra parte, se considera que el profesional responsable de la transferencia tecnológica debe asistir a todas las reuniones mensuales y anuales que se lleven a cabo, considerando que esta persona será un encargado permanente en el área de estudio.

Este sistema de funcionamiento, permitirá el óptimo aprovechamiento de la obra de drenaje y por ende, una mejor aplicación de tecnología que repercutirá en mayores producciones y de mejor calidad, logrando un mayor ingreso y mejor nivel de vida para la población.

## **18. Parcela Modelo**

Con la finalidad de validar para un suelo drenado algunas prácticas de lavado y patrones de cultivos económicamente más rentables, se crearán Parcelas Modelo, las cuales serán seleccionadas previamente según la representatividad de cada una de estos en los tres sectores a drenar.

La selección de cada Parcela Modelo estará basada en la representatividad de cada Caso dentro de cada uno de los tres sectores, según la disponibilidad de superficie o especialización de cada uno de los predios.

De acuerdo a los patrones productivos presentados en el proyecto de desarrollo futuro para el área de estudio, se seleccionaron para cada Parcela Modelo, tres parcelas experimentales: una para frutales otra para hortalizas y una con hortalizas pero en invernaderos. Estas parcelas experimentales serán independientes unas de otras por cuanto, cada una de ellas tendrá una determinada característica, ya sea por el tipo de cultivo o su sistema de riego.

Para determinar el estado del nivel freático en cada sector drenado se incluirán en las Parcelas Modelo pozos de observación, los cuales permitirán controlar la profundidad del nivel freático.

Anexo a las mediciones de frutos, brotes, etc., se realizará en forma mensual, a nivel de raíces, muestreos de suelo por cada repetición para determinar el contenido de sales dentro de cada tratamiento por parcela experimental. Los análisis de suelo incluirán los siguientes parámetros: conductividad eléctrica, pH, contenido de aniones y cationes solubles.

## **19. Análisis Ambiental**

El proyecto considera establecer un sistema de drenes primarios que permita posteriormente a los agricultores del área beneficiada, construir sus propios sistemas de drenaje descargando a la red integral que se ha diseñando, beneficiando a 154 roles y una superficie cercana a 800 ha. La longitud de colectores alcanza a 31.574 m.

Considerando los criterios de conservación de humedales y de acuerdo a las Bases Técnicas del Estudio, además de las reuniones sostenidas tanto con la contraparte técnica de la CNR y con los organismos técnicos sectoriales, en especial las recomendaciones del Médico Veterinario, Dr. Jorge González Vilches <sup>1</sup>, se acordó que dentro del área de estudio agronómico (que abarca una superficie de 897,81 ha), se dejará sin intervención una superficie de 49,635 ha, correspondientes a zonas de protección, que se ubican en la caja del río (44,268 ha) y en áreas de pantano (5,367 ha).

La normativa ambiental general vigente en Chile corresponde a la Ley N° 19.300 y al D.S. N° 30/97, denominado Reglamento del SEIA. Esta indica que los proyectos de drenaje requieren de un análisis para determinar si se deben someter al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), imperante en nuestro país.

Existen varias especies de la avifauna que potencialmente podrían verse afectadas por un proyecto de drenaje al bajar o disminuir los niveles de agua que permiten su sustentación. Así, éste se constituiría en el más significativo de los impactos derivado del proyecto.

---

<sup>1</sup> Departamento de Higiene Ambiental, Servicio de Salud, III Región.

## **19.1 Evaluación de Impacto Ambiental**

Se analizaron tres etapas del proyecto: construcción y operación del sistema de drenaje y el proyecto agrícola asociado a la operación.

La propuesta de estudio no contempla la etapa de abandono, pues la producción agrícola requiere de la evacuación constante de las aguas de saturación del suelo.

En la evaluación de impacto ambiental, los componentes ambientales susceptibles de experimentar impactos, se agruparon en cuatro medios: físico, biótico, antrópico y paisaje.

Las principales acciones en la etapa de construcción, son la instalación y puesta en marcha de las faenas, Transporte de materiales y equipos, Movimiento y traslado de maquinaria pesada, Roce y despeje de terreno, Construcción de drenes, Limpieza/excavación de drenes existentes, Limpieza/excavación de cauce colector, Depósito del material de excavación y Construcción de obras de arte asociadas al proyecto

La construcción del sistema de drenaje representa aquella etapa de mayores impactos, los que ocurren por una sola vez y en un corto período, si se le compara con la operación del sistema.

Para evitar o reducir los impactos ambientales se debe planificar adecuadamente la construcción, de modo de no provocar alteraciones sobre la población y la fauna y establecer vías de paso, al momento de construir zanjas.

Los impactos sobre la vegetación silvestre no se han considerado significativo.

Se contempla estructuras de descarga en los drenes para evitar la erosión y embancamiento; en los drenes abiertos se debe estudiar los ángulos inclinados de los taludes y/o la posibilidad de siembra con especies herbáceas.

Sin embargo, se debe mantener limpio los drenes para que la cubierta herbácea no crezca desmesuradamente o que especies vegetales interrumpen el paso del agua (embancamiento).

La etapa de operación y mantención es una etapa permanente o de muy larga duración, por lo que sus efectos se deben considerar de continua y/o ininterrumpida ocurrencia en el tiempo. Las actividades propias de esta etapa se refieren a Flujos aguas de drenaje y Mantención del sistema de drenaje (arreglo de taludes, limpieza de malezas de taludes y fondo de zanjas de drenaje, reparación de obras de arte u otro). El mayor impacto en esta etapa es el descenso del nivel freático más allá de la profundidad radicular. El objetivo del proyecto es bajar la profundidad de la napa, de modo que permita el desarrollo adecuado de las plantas cultivadas.

El descenso del acuífero tiene un efecto en las áreas húmedas, por lo que se estudió la zonificación del uso de la tierra, para impedir incorporar al proyecto aquellas áreas que son hábitat de la avifauna, como así aquellas áreas que no sean aptas para la producción agrícola.

El proyecto de desarrollo se considera un programa de desarrollo tecnológico y productivo para las áreas beneficiadas, lo que podría implicar acciones tales como: Cambio o modificación en el patrón productivo, Aplicación o introducción de nuevas tecnologías, Cambio o modificación en las cadenas de comercialización y Aumento del transporte de carga (para el transporte de productos).

Mejorar el manejo del agua, las prácticas agrícolas y el control de insumos (especialmente agroquímicos y fertilizantes químicos).

## **19.2 Seguimiento ambiental**

El seguimiento ambiental debe estar enfocado al componente ambiental que podrían verse afectado, por lo cual el monitoreo debiera apuntar a la avifauna, tomando en consideración que la Ley N° 19.300 y su Reglamento señalan que el titular o responsable del proyecto debe realizar un seguimiento ambiental de los efectos características o circunstancias que dieron origen a ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental a través de un Estudio de Impacto Ambiental. Se propone, como aspectos a medir, la composición faunística y la abundancia relativa.

Adicionalmente, se podría incluir un monitoreo de la calidad de las aguas efluentes al sistema de drenaje, para reconocer su calidad con la cual llega a las áreas más bajas. Los indicadores corresponderían a conductividad eléctrica como una medida de la salinidad y los macro-cationes y macro-iones, así como el pH. A lo anterior, se puede agregar los monitoreos de suelos, de modo de reconocer como evoluciona la concentración salina, que es otro de los objetivos del proyecto global.

## **20. Conclusiones**

En el Estudio y Propuestas de Recuperación de Suelos con mal drenaje en el Sector Bajo del Huasco se puede concluir que:

- Del análisis de la información recopilada, se desprende que la principal limitante de las aguas del río Huasco para la agricultura, es su alta salinidad. La utilización de las aguas para fines de regadío, debe considerar aspectos de volúmenes de lixiviación y ser utilizada para el riego de especies tolerantes a las sales, con el fin de evitar el deterioro de los suelos y consecuentemente, afectar los niveles de producción agrícola del valle.
- En el área que abarca este estudio se determinó que las series de suelo dominantes correspondieron a Bellavista, Freirina y Paona (50,1% de los suelos del área de estudio). Un 56,5% de los suelos esta pobremente adaptado para el riego, siendo la principal limitación el drenaje restringido. En cuanto a las condiciones de drenaje, el 95,2% de los suelos presenta drenaje restringido.

- De acuerdo a la caracterización físico-química realizada, se puede establecer que la salinidad de los suelos constituye el factor más restrictivo para las especies cultivables.
- Las entradas de agua al sistema hidrogeológico se producen principalmente por infiltración debido a la aplicación directa de agua de riego de los predios.
- De acuerdo a la infraestructura de riego y drenaje, los canales en su mayoría no presentan bocatoma de carácter permanente y en general, lo que también es válido para los drenes, evidencian presencia de malezas y escasa mantención lo que dificulta su normal funcionamiento.
- De acuerdo al análisis agroclimático realizado, se puede establecer que en general, no existen limitaciones agroclimáticas para los cultivos y frutales propuestos en la Situación Con Proyecto. Por otra parte, el suelo limita a las especies debido a los contenidos salinos que posee, pero realizando un adecuado manejo del riego, los cultivos presentarían entre ligeras y moderadas limitaciones.
- Se identificaron dentro del área de estudio un total de 154 predios con una superficie de 897,806 ha, sin embargo, a esta superficie se le descontaron suelos correspondientes a áreas de preservación y suelos tipo Misceláneos Aluvial, por lo que finalmente, el total de la superficie de estudio correspondió a 804,805 ha.
- Según la encuesta realizada, el nivel de conocimiento de la población respecto a los subsidios en obras de drenaje por parte del Estado es relativamente elevado, así como también el interés en participar en este tipo de proyectos.

Por otra parte, los principales factores restrictivos indicados por los agricultores a través de la encuesta se relacionan con aspectos económicos. Se observa que la mayoría de los factores restrictivos de mayor importancia dentro del área de estudio, están enfocados al proceso de comercialización, mercado y financiamiento y también al limitado drenaje de los suelos.

Respecto a las expectativas de manejo agropecuario, en la gran mayoría del área de estudio el manejo futuro del predio y rubros productivos que actualmente existen se mantendría igual frente a una Situación Con Proyecto, aunque con mejores expectativas de mejorar la productividad.

- De los productos propuestos para la Situación Con Proyecto, el mercado de las aceitunas y aceite de oliva es el que se debe fortalecer en mayor medida, ya que representan la principal actividad en el área de estudio y actualmente se encuentra poco desarrollado. Esto implica la modernización de los huertos de olivos, tanto en lo que respecta a la incorporación de variedades netamente de mesas y aceiteras y además densificar las plantaciones.

- En cuanto a los requerimientos hídricos, en Situación Actual existe una demanda total de 10,97 millones de m<sup>3</sup> para una superficie de riego de 479,06 ha. La tasa de riego ponderada para el área de estudio corresponde a 23.148,6 m<sup>3</sup>/ha/año.

En Situación Con Proyecto, el requerimiento hídrico total alcanza a los 13,18 millones de m<sup>3</sup> por año para una superficie regada de 782,63 ha. La tasa de riego ponderada para el área de estudio, corresponde a 17.236,3 m<sup>3</sup>/ha/año.

En lo referente a cultivos, el olivo es el de mayor importancia, concentrando sobre el 93% y 85% de la superficie total bajo riego con un requerimiento hídrico del 97,8% y 85% para las Situaciones Actual y Con Proyecto respectivamente.

- Se desarrollará un programa de transferencia tecnológica y asistencia técnica en una superficie arable productiva total del universo predial correspondiente a 804,8 ha para la Situación Con Proyecto, de las cuales quedan 584,7 ha, en función al porcentaje de agricultores, a nivel de estrato, que informaron interés respecto al desarrollo del proyecto.
- En los aspectos de diseño de drenaje, se evaluaron tres alternativas de tipo de drenes colectores, las que corresponden a colectores cerrados, colectores abiertos utilizando zanjas y colectores cerrados, tomando como base las soluciones 1 y 2.

La alternativa propuesta por la consultoría consta de un sistema de drenes colectores cerrados, donde la suma de los costos a precios privados alcanza a \$743.269.332 y de \$752.808.862, a precios sociales.

- Como se observa, desde el punto de vista económico el proyecto es viable de ser implementado, tanto a valores privados como sociales, ya que los indicadores que lo caracterizan son significativamente importantes, ya sea considerando el VAN por un lado, o considerando la TIR (superior al 15%, límite crítico establecido por MIDEPLAN para este tipo de proyectos).

| Indicadores Económicos | Valores Privados | Valores Sociales |
|------------------------|------------------|------------------|
| VAN (\$)               | 3.259.368.338    | 2.353.025.317    |
| TIR                    | 21,85%           | 22,17%           |
| N/K                    | 4,43             | 3,46             |

- De los parámetros de sensibilización, los más críticos resultan ser las disminuciones de entre un 10 y 15% de los ingresos agropecuarios, aumento de la tasa de descuento y la no integración de Casos, que hacen caer los indicadores económicos en forma significativa, tanto a valores privados como sociales.
- Los Flujos de Caja Netos de la evaluación financiera para las alternativas evaluadas, y por ende la Capacidad de Pago, es positiva para la mayoría de los Casos analizados durante

todo el período de evaluación, independiente de años asociados a los requerimientos de inversión por lo que atendiendo exclusivamente al punto de vista financiero, no existen inconvenientes para que la generalidad de los agricultores se incorporen al proyecto.

- Las demandas de mano de obra en Situación Actual y Con Proyecto, son cubiertas por la población existente en el área de estudio.
- Junto con proponer un grupo de personas como posibles líderes se propuso la constitución legal en el área de estudio de 3 Comunidades de Obras de Drenaje:

|                                    |                 |            |
|------------------------------------|-----------------|------------|
| Comunidad de Drenantes Los Loros   | 23 beneficiados | 172,06 ha. |
| Comunidad de Drenantes Las Tablas  | 39 beneficiados | 208,40 ha. |
| Comunidad de Drenantes Huasco Bajo | 92 beneficiados | 419,41 ha. |

- Con la finalidad de validar para un suelo drenado algunas prácticas de lavado de sales y patrones de cultivos económicamente más rentables, se crearán Parcelas Modelo, las cuales serán seleccionadas previamente según la representatividad de cada una de estos en los tres sectores a drenar.
- En el aspecto ambiental, el más significativo de los impactos derivado del proyecto, se daría en la avifauna que potencialmente podría verse afectada por un proyecto de drenaje al bajar o disminuir los niveles de agua que permiten su sustentación.