



**GOBIERNO DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

**PROPUESTA DE MODIFICACIÓN  
A METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN  
DE PROYECTOS DE RIEGO**

**INFORME FINAL**

**RESUMEN EJECUTIVO**

**AGOSTO 2004**

**GCF INGENIEROS CONSULTORES LTDA.  
RICARDO MATTE PÉREZ 0535 - PROVIDENCIA - SANTIAGO  
TELÉFONO 2097179 - FAX 2097103 - e-mail: [gcabrera@entelchile.net](mailto:gcabrera@entelchile.net)**

# PROPUESTA DE MODIFICACIÓN A METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE RIEGO

## PARTICIPANTES

- Por parte de la COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO:

Rolando Núñez H.	Secretario Ejecutivo
Nelson Pereira M.	Jefe del Dpto. de Estudios y Políticas de Riego
Juan Pablo Schuster V.	Coordinador Técnico. Departamento de Estudios.
Lucía Lizana S.	Departamento de Estudios

- Por parte de otros organismos del estado, como contraparte técnica:

Enrique Díaz M.	Ingeniero Agrónomo - DOH
Juan Alberto González O.	Ingeniero Civil - DOH
Oscar Saavedra A.	Ingeniero Civil - MIDEPLAN
Antonio Saldías A.	Ingeniero Civil - DOH
Marcela Salinas B.	Ingeniero Agrónomo - DOH

- Por parte de la empresa Consultora GCF Ingenieros Consultores Ltda., participaron los siguientes profesionales:

Guillermo Cabrera F.	Jefe de Proyecto
Sergio Matus G.	Coordinador del Proyecto
Sergio Rudolph R.	Ing. Civil, Especialista en Evaluac. de Proyectos
Félix Pérez S.	Ingeniero Civil
Iván Rivera R.	Ingeniero Civil
Patricio Murua S.	Ingeniero Agrónomo
Eliana de Amesti de A.	Ingeniero Agrónomo
Marcos Bórquez V.	Ingeniero Civil

**PROPUESTA DE MODIFICACIÓN A METODOLOGÍAS  
DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE RIEGO**

**RESUMEN EJECUTIVO**

**ÍNDICE**

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1-1
2. LA EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS .....	2-1
3. LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE RIEGO .....	3-1
4. IDENTIFICACIÓN DE EFECTOS DE IMPACTO AMBIENTAL .....	4-1
5. PROPUESTA METODOLÓGICA.....	5-1
6. APLICACIÓN A CASOS REALES: PROYECTO LLACA-LLACA.....	6-1
7. APLICACIÓN A CASOS REALES: PROYECTO PENCAHUE.....	7-1
8. APLICACIÓN A CASOS REALES: PROYECTO SANTA JUANA.....	8-1
9. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS.....	9-1
10. CONCLUSIONES DEL TRABAJO REALIZADO.....	10-1

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La Comisión Nacional de Riego (CNR), MIDEPLAN y otros organismos relacionados con el subsector riego, conscientes de que en la evaluación de proyectos de riego no están siendo incorporados los efectos indirectos y externalidades, todo lo cual implica que las evaluaciones no representan de la mejor forma la realidad que se presenta al materializar los proyectos, han encargado la realización de este estudio, que pretende abordar el problema a través de la proposición de una metodología de evaluación alternativa o complementada que integre estos elementos.

Externalidades y Efectos Indirectos se estiman, pero no se incorporan en los flujos de caja. Dado este hecho, se presume que ellos, no obstante su menor importancia relativa respecto a los Efectos Directos, en algunos casos podrían incrementar positivamente los indicadores de rentabilidad e impacto económico.

A través de la incorporación de estas variables evaluativas, no se pretende obtener "mejores indicadores", sino que indicadores (TIR, VAN, razón beneficio costo, entre otros), que reflejen mejor lo que sucede en la realidad de los proyectos de riego. Desde este punto de vista con una metodología mejorada se deberían obtener indicadores más precisos y más afinados, que reflejen de mejor forma la realidad de este tipo de proyectos de inversión y manejar de mejor forma los fondos públicos según las prioridades de país, en función de la realidad agrícola existente.

Es necesario que se propongan métodos de cuantificación para cada uno de los efectos involucrados en los proyectos de riego, en los casos que sea factible tanto por la disponibilidad de la información como por el costo de obtención de ella. En muchos casos el método para cuantificar un efecto determinado puede llegar a ser más cuantioso que el impacto del efecto en cuestión. Por lo tanto, no es tarea fácil la cuantificación de las alternativas, siempre y cuando existan.

En cuanto al tratamiento de las externalidades ambientales, se estima que es un factor que a la fecha no se ha integrado a la evaluación económica, por parte de los estudios de la CNR, siendo evaluado solamente en forma paralela, todo lo cual indica la importante necesidad de considerarlo al momento de evaluar un proyecto de inversión de riego. Es por tanto de gran importancia la identificación de efectos y propuestas para cuantificar objetivamente los efectos más relevantes y medibles para una efectiva evaluación económica.

El texto contenido en este volumen corresponde al Resumen Ejecutivo del estudio "Propuesta de Modificación a Metodologías de Evaluación de Proyectos de Riego". El estudio se desarrolló entre los años 2003 y 2004 y generó entre sus resultados, una Guía Metodológica para la Evaluación de Proyectos de Riego, que se entrega como documento integrante del Informe Final del estudio. En dicha guía se

estudio. En dicha guía se reflejan los principales resultados del análisis crítico realizado a la metodología de evaluación que actualmente se utiliza en el país.

La metodología modificada o metodología propuesta, corresponde a una complementación de la metodología en uso, a través de la incorporación de efectos indirectos y externalidades y lo que es tanto o más importante, la necesidad de cuantificar con mayor precisión los supuestos utilizados para estimar los efectos directos asociados a los proyectos de riego.

En términos de objetivos, el presente trabajo ha sido desarrollado para alcanzar los siguientes objetivos general y específicos.

El estudio ha tenido como objetivo general mejorar las metodologías de evaluación económica de proyectos de inversión de riego, analizando en forma crítica los métodos actuales e incorporando, cuantificando y valorizando los efectos e indicadores más atingentes a la realidad económica nacional, en función de cómo el subsector riego se relaciona y compite con el resto de los sectores de la economía nacional e internacional a la luz de los Tratados de Libre Comercio.

Los objetivos específicos han sido:

- Realización de un completo análisis crítico de las metodologías, factores y variables que se utilizan actualmente en la evaluación económica de proyectos de riego.
- Proponer un mejoramiento de la metodología de evaluación de proyectos de riego, que en la actualidad sólo identifica y cuantifica el cambio de excedente agrícola producto de una obra de riego, existiendo otros impactos que serían significativos y por lo tanto convenientes de cuantificar y valoriza, como los Efectos Indirectos, Externalidades, Efectos de Impacto Ambiental y Efectos Distributivos.

## 2. LA EVALUACION SOCIAL DE PROYECTOS

### 2.1 Objetivo de la Evaluación Social

La evaluación social o socioeconómica de proyectos pretende determinar si el bienestar del país como un todo aumenta o disminuye como consecuencia de éste. Si con el proyecto se prevé que el país obtiene un mayor bienestar que sin proyecto, le convendrá que éste sea materializado.

Para evaluar socialmente el proyecto, se parte de su evaluación económica privada, es decir, de evaluar las decisiones de inversión que generan beneficios y costos que afectan directamente al dueño del proyecto, para enseguida i) introducir correcciones a estos valores privados cuando existan distorsiones (impuestos, subsidios, cuotas de importación, entre otros) y ii) agregar costos y beneficios que el dueño del proyecto no incluye para tomar sus decisiones de inversión, pues recaen sobre terceros.

### 2.2 Conceptos de Beneficios y Costos para el País

#### 2.2.1 **Beneficios**

Hay que distinguir si el proyecto producirá bienes y servicios domésticos no transables o transables internacionalmente.

**a) Bienes y Servicios Domésticos:** En el caso que el proyecto provea este tipo de bienes o servicios se observa:

- i) Un aumento en el consumo del bien.
- ii) Una disminución en la producción de este bien por parte de otros productores.

El mayor consumo del bien es un beneficio para el país, puesto que proporciona satisfacción a quien lo consume; en tanto que la menor producción de otros productores es un beneficio pues implica liberar recursos productivos, que estarán disponibles ahora para producir otros bienes que podrán ser consumidos.

**b) Bienes y Servicios Transables:** Se observa que si el bien producido por el proyecto es importable o exportable, se obtendrán divisas adicionales, pues con el proyecto se importa menor cantidad del bien (si es importable) o se exporta mayor cantidad (si es exportable), sin que se observen cambios en el consumo interno ni en la cantidad que producen otros productores domésticos. La mayor disponibilidad de divisas es un beneficio, puesto que con ellas se podrá comprar más bienes que se transan internacionalmente, los que en definitiva permitirán consumir más.

## 2.2.2 Costos

Se debe hacer la misma distinción que a los beneficios en cuanto a si se trata de bienes y servicios (denominados insumos) domésticos o transables que utilizará el proyecto.

**a) Insumos Domésticos:** El proyecto va a utilizar bienes y servicios tales como mano de obra, materias primas, y otros cuyo valor depende de los usos alternativos en el país, en cuyo caso se observa.

- i) Una disminución de su uso (consumo) en otras actividades.
- ii) Un aumento de su producción.

Ambos representan un costo para el país, pues ocurre exactamente lo contrario de lo indicado para los beneficios. La disminución del consumo reduce la satisfacción, en tanto que un aumento de la producción de un insumo implica utilizar recursos productivos que se hubieran utilizado en producir otros bienes para ser consumidos.

**b) Insumos Transables:** Exactamente al contrario que en el caso de los beneficios, si un bien (insumo) transable (importable o exportable) es utilizado por el proyecto, el país dispondrá de menos divisas y ello es un costo porque con ellas se hubieran comprado otros bienes que a su vez hubieran sido consumidos.

En resumen, consumir bienes domésticos o transables (importables o exportables) es un beneficio para el país y producir (usar recursos domésticos o transables) es un costo.

## 2.3 Clasificación de los Efectos de los Proyectos

En general, se adoptará aquí la clasificación propuesta por E. Fontaine en el anexo de su libro de evaluación social de proyectos.<sup>1</sup> Debe mencionarse que los contenidos de esta cita y otras que más adelante se hacen de este autor, son utilizadas actualmente por organismos como MIDEPLAN, CNR, DOH, etc.

### 2.3.1 Efectos Directos

Al realizar la evaluación social se suele analizar, en primer lugar, los efectos que el proyecto tiene en los mercados de bienes o servicios que serán directamente producidos (beneficios) o utilizados (costos) por éste.

Los efectos directos se dividen entonces en beneficios directos y costos directos.

---

<sup>1</sup> Fontaine, Ernesto R. "Los efectos indirectos de los proyectos, su valoración y su impacto" en Evaluación Social de Proyectos. Undécima Edición, Editorial Alfaomega, México, 2001.

**a) Beneficios Directos:** Para estimar los beneficios directos se parte de las cantidades de cada uno de los bienes que producirá el proyecto por unidad de tiempo y se las valora de acuerdo al beneficio que el país recibirá por disponer de cada unidad adicional. En resumen, los beneficios directos representan el verdadero valor que tiene para el país el hecho de recibir las cantidades adicionales que producirá el proyecto.

**b) Costos Directos:** De igual forma, corresponden al verdadero costo que tiene para el país que el proyecto utilice las cantidades de insumos que requiere.

Estos verdaderos valores económicos unitarios han sido llamados precios sociales, precios sombra o precios de eficiencia. Ellos se calculan a partir de los precios de mercado y en su determinación influirán los llamados efectos primarios (de primera vuelta) y los secundarios (de segunda y más vueltas), según se verá en el punto 2.3.2. Para el cálculo de los efectos primarios se ha supuesto que las curvas de oferta y demanda representan el costo marginal social y el beneficio marginal social, respectivamente.

Así, en la evaluación social para estimar los efectos directos, se parte de las cantidades de bienes que el proyecto producirá y que el proyecto utilizará como insumos, en cada período, pero en lugar de valorarlas según los precios del mercado, se valoran usando precios sociales.

Tal como se indicó al comienzo de este capítulo, a estos valores se deben agregar aquellos costos y beneficios que recaen sobre terceros y que el dueño del proyecto no incluyó al momento de tomar su decisión de inversión, ya que no lo afectan, estos son los que se explican a continuación.

### **2.3.2 Efectos Directos Secundarios**

Estos efectos provienen de distorsiones que ocurren en los mercados de los insumos del proyecto al igual que de los mercados que utilizan al producto de los proyectos como insumo. En el caso de un producto como la remolacha por ejemplo, que es producida por el proyecto en análisis, su curva de oferta puede no representar el costo marginal social, pues puede existir alguna distorsión (impuesto) en el valor de la mano de obra (su precio de oferta no es igual a su precio de demanda porque existe un impuesto al trabajo) y su curva de demanda puede no representar el beneficio marginal social pues existe una distorsión en el mercado del azúcar (un precio mínimo más alto que el de mercado fijado por una banda de precio), cuyos productores demandan remolacha.

El efecto directo secundario puede ser positivo o negativo, interesando el efecto secundario neto total (beneficios-costos).

Sin embargo, para que exista un efecto directo secundario en el mercado de un bien o de un insumo, debe además cambiar el precio del bien debido al proyecto (remolacha en este ejemplo), de manera que se produzcan cambios en las cantidades producidas o consumidas.

Si el bien o insumo es transable (su precio no se altera debido al proyecto), no existirán efectos secundarios, en tanto que para los bienes e insumos domésticos, como la remolacha del ejemplo, debe darse conjuntamente la existencia de distorsión de precios y que cambie su precio debido al proyecto.

### **2.3.3 Efectos Indirectos**

Son los efectos que se observan en los mercados de los bienes complementarios y de los bienes sustitutos con los que el proyecto producirá o con los que el proyecto utilizará como insumos (bienes relacionados con el proyecto). Si debido al proyecto cambia el precio del bien que se produce o de los insumos que utiliza, ello hace cambiar la posición de la curva de demanda de los bienes relacionados y por lo tanto, hace que cambien las cantidades consumidas, producidas y/o las importadas o exportadas del bien relacionado, lo cual representa efectos en las cantidades que deben tenerse en cuenta en la evaluación social. Algunos efectos indirectos representarán un beneficio para el país y otros representarán un costo, interesando el efecto indirecto neto (beneficios-costos).

Sin embargo, para que exista un efecto indirecto neto en una actividad relacionada, no basta que ocurran cambios en ella, sino que esta actividad relacionada debe estar distorsionada. Los efectos indirectos netos totales por período de tiempo se obtienen sumando los efectos en cada mercado relacionado. En el caso de los bienes transables (cuyo precio no se altera debido al proyecto), no hay efectos indirectos.

### **2.3.4 Externalidades Ocasionadas por el Proyecto**

Son aquellos beneficios y costos ocasionados en forma directa por el proyecto que se está analizando pero que no son absorbidos por éste, sino que recaen sobre otros agentes en otros mercados. Por ello se dice que las externalidades son positivas cuando generan un beneficio o negativas cuando originan un costo. A diferencia de los efectos indirectos y directos secundarios, que se producen debido a cambios en los precios debido al proyecto, las externalidades se producen por condicionantes de tipo físico (por ejemplo, m<sup>3</sup> de material contaminado, minutos de tiempo de viaje ahorrados, m<sup>3</sup> de recarga de la napa, etc.).

### **2.3.5 Efectos Intangibles**

Corresponden al conjunto de beneficios y costos, que muchas veces

son externalidades, que resultan difíciles de valorar e incluso, a veces, de medir o tipificar. Si bien parecen ser identificados, dificultades prácticas hacen que no se valoren, pero dado que afectan el bienestar de la comunidad deben ser tenidos en cuenta. Como ejemplos de estos efectos pueden mencionarse la mejor distribución del ingreso de la población y los efectos geopolíticos.

## **2.4 Indicadores de Rentabilidad Social**

Para la evaluación social se utilizan los mismos indicadores que para evaluación privada, principalmente el valor actual de los beneficios netos (VAN), al que se le corrigen los precios y se le agregan los efectos indirectos, externalidades e intangibles para obtener el VAN social.

## **2.5 Los Efectos Redistributivos de los Proyectos**

Otra forma alternativa a la explicada de analizar el impacto sobre el bienestar del país de llevar a cabo un proyecto, es verlo a través de los efectos redistributivos que éste pudiera generar, cuando cambian los precios debido al proyecto.

Siguiendo el planteamiento indicado en el anexo del texto Evaluación Social de Proyectos de Ernesto R. Fontaine, no hay transferencia de ingreso hacia el trabajador por el hecho de que éste se contrate por el proyecto, como tampoco lo hay hacia el productor de acero por el hecho que el proyecto utilice una tonelada de acero, pues tanto trabajar en el proyecto como producir esa tonelada significan un costo; habrá un beneficio en ambos casos sólo si el costo descrito es menor que el precio pagado por ellos. En general, el precio que recibe el proyecto por los bienes producidos o que paga por los insumos, es igual a su costo en el margen. Por lo tanto, el proyecto puede evaluarse ya sea a través de sus efectos reales o a través de sus efectos redistributivos, pero en ningún caso mezclar ambas formas, pues son alternativas de conseguir un mismo impacto.

Así, en el caso de bienes e insumos no transables cuyos precios de mercado pudieran alterarse por el proyecto, se generarán efectos redistributivos por el hecho de que cambian los precios. Sin embargo, lo que unos ganan con este cambio en precios es igual a lo que la contraparte pierde: lo que ganan los consumidores a nivel agregado porque el proyecto aumenta la disponibilidad del bien y éste bajó de precio, es compensado por lo que pierden los demás productores que ahora reciben menos, concluyéndose que el efecto neto de la redistribución debida al proyecto es el mismo que se obtiene cuando se valora las unidades adicionales que produce y utiliza el proyecto.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Para mayor detalle ver Fontaine, E.R., Evaluación Social de Proyectos, Anexo N° I.

### **3. LA EVALUACION DE PROYECTOS DE RIEGO**

#### **3.1 Metodologías de Estimación de Beneficios**

Las metodologías para evaluar proyectos de riego vigentes en el país son las del Método del Presupuesto y la del Valor Incremental del Precio de la Tierra. Ambos procedimientos tratan de estimar por métodos indirectos los beneficios de disponer de más agua para riego, al no conocerse el valor del agua que éste proveerá, suponen que no se cobra por ella, es decir, que su costo variable es cero. Ambos métodos sólo toman en cuenta los efectos directos producidos en el área del proyecto por el hecho de disponer de más agua para riego (aumento de excedentes agrícolas y mayor valor de la tierra, respectivamente) y no toman en cuenta otros efectos-indirectos, externalidades y redistribuciones de ingreso que se podrían producir sobre otros mercados, el entorno del área del proyecto y sobre el bienestar de la comunidad, entre otros. Estos beneficios de disponer de más agua estimados en forma indirecta, se comparan con los costos de inversión, operación y mantención de las obras de riego que lo generan.

#### **3.2 Efectos no Captados por los Métodos de Evaluación de Proyectos de Riego**

Los proyectos de riego por lo común tienen incidencia sobre la producción de una gran cantidad de productos agrícolas presentes en la zona del proyecto, así como en gran cantidad de insumos utilizados en su producción, pudiendo impactar sobre los mercados de bienes e insumos relacionados con ellos; también pueden generar más actividad económica no sólo en el área del proyecto sino en toda la zona donde éste se ubica.

Es así como se piensa que a diferencia de evaluaciones de proyectos de otros rubros, estos efectos indirectos, directos secundarios y externalidades no captados por las metodologías vigentes pudieran cambiar, en el caso del riego, la rentabilidad social de los proyectos.

Conviene entonces recordar lo indicado anteriormente respecto a los efectos indirectos y directos secundarios: para que éstos existan y su valor sea distinto de cero debe darse conjuntamente lo siguiente:

- i) Que debido al proyecto cambie el precio de mercado de los bienes que produce o utiliza éste, y
- ii) Que existan distorsiones tales como impuestos<sup>1</sup>, subsidios, bandas de precios, monopolios u otros en los respectivos mercados.

---

<sup>1</sup> El impuesto debe ser uno discriminatorio, como ser el impuesto al tabaco. El IVA, al ser un impuesto que afecta a todos los productos e insumos en una misma proporción, no genera distorsiones en la economía.

Por lo general, muchos de los productos e insumos agrícolas son transables, lo que quiere decir que el proyecto tomará los precios vigentes en el mercado y éstos no se alterarán debido a su ejecución. Por lo tanto, en estos casos no habrá efectos que agregar a los estimados en los métodos de estimación de beneficios antes descritos, aunque pueda existir alguna distorsión.

Para el caso de los bienes domésticos, cuya producción o utilización por el proyecto de riego pueda hacer cambiar su precio, deberá darse además la existencia de distorsiones en sus mercados. Aún así, como existe un costo en recursos para estimar el efecto, en muchos casos éste puede ser mayor al impacto que se quiere estimar y por ello se considera como un intangible.

### **3.3 Efectos en los Proyectos de Riego, según Tamaño y Localización del Proyecto y Condiciones Económicas del País**

#### **3.3.1 Tamaño y Localización**

Tanto el tamaño como la localización del proyecto de riego, en principio, influirán en el efecto de que se trate: un tamaño mayor del proyecto podrá en algunos casos afectar los precios de productos e insumos no transables (domésticos) y cubrir una mayor gama de productos e insumos. Por su parte, la localización del proyecto se relaciona con la escasez relativa del agua, siendo mayor su valor en la zona norte que en la zona sur. Por ejemplo, un proyecto de riego en la zona norte provoca que su producción se comercialice en la zona a un costo menor (se evita el flete de traslado desde otras regiones), con el consiguiente beneficio para el consumidor.

#### **3.3.2 Condiciones Económicas del País**

Chile ha venido liberando en forma consistente las trabas al libre comercio internacional. En la actualidad no existen gravámenes a las exportaciones y sólo se tiene un arancel bajo y parejo a las importaciones del 6%, el que ha disminuido de acuerdo a una calendarización acordada. El efecto de la disminución gradual de los aranceles implica una disminución de las protecciones efectivas a la producción nacional, obligando a los productores a ser eficientes para poder competir.

También últimamente Chile ha firmado acuerdos de libre comercio con varios países, siendo los más relevantes los acordados con la Unión Europea y con los Estados Unidos de Norteamérica, lo que ha llevado a que el arancel medio se sitúe en un 3%. Estos acuerdos eliminan gradualmente las trabas al libre comercio, llevando el arancel de importación a cero y eliminando otras formas de distorsiones a los sistemas de precios. Respecto a esto, las bandas de precios han sido desvirtuadas en su aplicación, pues han dejado de ser un instrumento para evitar fluctuaciones bruscas del precio interno, transformándose en un elemento de

protección al productor, pues consistentemente éste recibe un precio superior al precio que existiría sin banda.

El efecto de los tratados de libre comercio sobre la actividad agrícola es que hace menos rentable privadamente aquellos cultivos que hasta ahora tenían algún tipo de protección (aranceles positivos, bandas de precios), los que podrían incluso, en un grado extremo, sustituirse completamente por otros cultivos con ahora mayor rentabilidad relativa.

En la medida en que no existan distorsiones en los sistemas de precios, el precio de mercado resumirá todos los efectos del proyecto y no habrá que agregar a la metodología de beneficios agrícolas ningún efecto indirecto o directo secundario, pues éstos serán nulos. De la misma manera, pequeñas distorsiones de precios implicarán pequeñísimos efectos indirectos y directos secundarios.

### **3.4 Análisis de los Efectos en los Proyectos de Riego**

A continuación se analiza una serie de efectos que actualmente no son captados en las evaluaciones de proyectos de riego.

#### **3.4.1 Efectos Directos y Secundarios**

##### **3.4.1.1 Mercado de Productos**

Corresponden a los beneficios directos del proyecto de riego, pues éste producirá una cantidad de productos anualmente valorados a su precio social, estimado a partir de su precio de mercado utilizando los factores que define MIDEPLAN. De esta forma, estos beneficios directos (primarios) ya son considerados por el método del presupuesto. Como se dijo, de no existir distorsiones, el precio de mercado refleja adecuadamente el precio social del producto. La globalización de la economía y la entrada en vigencia plena de los TLC hará que para la mayoría de los productos agrícolas transables no existan distorsiones (bandas de precios y otros), afectando de paso la rentabilidad privada de producirlos.

Si se quiere incorporar los efectos directos secundarios, se debe determinar las posibles distorsiones que hacen que las curvas de oferta y demanda de los bienes no representen el costo marginal social y beneficio marginal social, al tiempo que debe estimarse el cambio en precios. En la práctica, éstos representan un pequeño porcentaje de los beneficios o costos y su estimación no es fácil, pudiendo resultar más cara su determinación que el proyecto mismo.

Teniendo en consideración lo anterior, los efectos directos secundarios tendrán cada vez menos relevancia en los beneficios y costos del proyecto, recomendándose no distraer esfuerzos y recursos en su estimación.

### **3.4.1.2 Mercado de Insumos**

Corresponde a los costos directos del proyecto de riego, pues éste utilizará anualmente una cantidad de insumos que se valoran a su precio social, estimado a partir del precio de mercado (correcciones por mano de obra no calificada y semicalificada, principalmente, y la divisa). Al igual que lo que sucede con los productos, en ausencia de distorsiones el precio de mercado refleja adecuadamente el precio social del insumo. La rebaja arancelaria de los TLC implicará una rebaja en la adquisición de insumos transables afectados y, por lo tanto, de los costos del proyecto. Los insumos no transables, como la mano de obra, podrán verse afectados por el TLC, representando en este caso un costo para el proyecto si éste genera más empleo.

Si se quiere agregar los efectos directos secundarios, deben estimarse al igual que para los mercados de los productos las distorsiones y cambio de precios en las curvas de oferta y demanda del insumo. Al igual que para los productos, los efectos directos secundarios asociados a insumos tenderán a minimizarse, siendo irrelevante su estimación.

### **3.4.1.3 Mercado Global**

Por mercado global se entenderá el mercado de divisas, que es el mercado que resume el movimiento de divisas de un proyecto de riego. Su valoración afecta a todos los bienes e insumos transables del proyecto, y como tal, corresponde a un beneficio directo primario cuando el proyecto los genera, o a un costo directo primario cuando los utiliza, y que ya están considerados en los mercados de productos e insumos.

Como se dijo, en Chile sólo se aplica un arancel bajo y parejo a las importaciones (6%) y existen tratados de libre comercio que liberan de aranceles al comercio bilateral. El efecto total se traduce en que el precio social de la divisa,  $R^*$ , supera al valor de la divisa en el mercado,  $R^M$ , en un porcentaje de alrededor de un 2%, cifra que podría situarse en el futuro en alrededor de 1%. Para efectos prácticos no existirá distorsión importante en este mercado que tenga implicancia en el cálculo del precio de mercado de los bienes e insumos transables, es decir, sobre Beneficios y Costos Directos del proyecto.

En todo caso, aunque la relevancia de la divisa sea cada vez menor en el cálculo de los bienes e insumos transables, la distorsión entre su valor de mercado y social es captada por los proyectos de riego a través de las fichas de cultivo que se preparan para cada cultivo propuesto en un proyecto.

#### **3.4.1.4 Control de Crecidas**

Los proyectos de defensas fluviales para controlar las crecidas de los ríos se plantean tanto en zonas rurales (principalmente para evitar pérdidas en la producción agrícola, de terrenos, de viviendas e infraestructura productiva, entre otros), como en zonas urbanas (para evitar las inundaciones de calles y viviendas).

Si el proyecto de riego que se está evaluando (que para este efecto se circunscribe sólo a obras de regulación o canalización) está localizado en zonas afectadas por crecidas de ríos, provocando pérdidas a los residentes en ella y en la producción y productividad agrícola, la obra de riego tendrá un efecto positivo en el caudal fluvial, contribuyendo a atenuar la frecuencia, magnitud e intensidad de las crecidas y sus impactos negativos en la población y en el sector agrícola. Además, se evitaría incurrir en el costo de habilitar un proyecto de control de crecidas que logre el mismo efecto.

Metodológicamente se puede optar por dos alternativas: (i) incluir el proyecto de control de crecidas alternativo como parte de la optimización de la situación actual, en la medida que sea rentable, (ii) incluir como beneficio directo de la situación con proyecto de riego el correspondiente control de crecidas. De esta forma, los flujos diferenciales entre los beneficios atribuibles al proyecto reflejarán exactamente los beneficios del proyecto de riego, debiendo elegirse entre ambos. Estas dos alternativas metodológicas son idénticas.

En definitiva, sea en términos de proyectos alternativos entre los cuales se debe elegir, o bien, en calidad de componente de la situación sin proyecto, los beneficios por control de crecidas se deben considerar como un beneficio directo en la situación con proyecto de un proyecto de riego.

#### **3.4.1.5 Desarrollo Organizacional**

La habilitación de áreas de riego puede significar el desarrollo de organizaciones de usuarios del agua, tales como asociaciones de canalistas, productores agrícolas, cooperativas, etc. En general, si estas organizaciones son requeridas para la implementación del proyecto de riego, quiere decir que tanto sus costos como sus beneficios ya han sido incorporados como efectos directos.

Sin embargo, pudiera ser que esta mayor organización de los usuarios del agua logre también desarrollar actividades no contempladas entre sus objetivos originales; estas actividades tendrán beneficios y costos propios y por lo tanto deberán ser evaluadas en forma independiente. Si no existen distorsiones en esas actividades, el beneficio neto de estas actividades es cero.

Se considera que, en general, este efecto no es relevante, y se descarta su cuantificación.

### **3.4.2 Externalidades**

#### **3.4.2.1 Infraestructura Vial<sup>2</sup>**

En proyectos de riego de envergadura importante, principalmente obras de regulación y canales nuevos de gran trazado, en el costo de las obras civiles generalmente se incluye la construcción de un nuevo camino, modificaciones o mejoramientos de caminos ya existentes, ya que ellos son necesarios para el desarrollo más intenso de la actividad agrícola del proyecto. En los casos en que esa infraestructura también favorece a terceros no incluidos en el proyecto (residentes del lugar, nuevos visitantes, etc.), existe una externalidad (en casi la generalidad de los casos, positiva, o, negativa, si es que aumenta el costo generalizado de viajes de los usuarios actuales de la red existente) asociada al proyecto, ya que esos terceros ven modificados sus costos generalizados de viajes.

#### **3.4.2.2 Asentamiento Humano**

Este efecto se produce por la población que se instala debido al proyecto de riego o aquella que no emigra debido a que el proyecto genera nuevas fuentes de empleo en el lugar de su emplazamiento, la que a su vez genera más actividad económica.

Los nuevos empleos corresponden a un costo directo (primario) ya contemplados entre los costos del proyecto, y el beneficio de una menor cesantía está expresado en una corrección del costo privado de contratar mano de obra por un factor de ajuste a valor social menor a la unidad estimado por Mideplan. Ya que la mano de obra empleada en labores agrícolas prácticamente no requiere de gran especialización, son los residentes en el área de influencia del proyecto las personas que se ocuparán debido a su materialización.

Se argumenta que el mayor empleo generado en la zona rural puede reducir la migración campo-ciudad. No obstante, el empleo en el lugar de residencia no necesariamente reduce la migración, ya que ella se produce, principalmente en los jóvenes, porque esperan alcanzar una mayor calidad de vida en la ciudad (mayores servicios y de mejor calidad, etc.). Si el objetivo fuera frenar la migración, y se considera que dar empleo logra este objetivo, el beneficio del proyecto de riego sería el ahorro que se logra al no invertir en proyectos alternativos que generen los mismos empleos, pero en forma más cara. Por el contrario, si el proyecto de riego se ejecuta de todas formas en lugar de un proyecto que requiere de una menor inversión, pero que genera los mismos empleos, se produce un costo social.

---

<sup>2</sup> Los efectos números 4 al 9 han sido tomados del Informe Final "Determinación, Medición y Cuantificación de efectos indirectos y externalidades asociadas a la puesta en marcha de las obras de riego y su inserción en la Evaluación de Proyectos", INVERTEC-IGT, Enero, 1994.

La mayor actividad económica que se genera afecta a un sinnúmero de mercados (restaurantes, bencineras, transportes, recreación, entre otros) muchos de los cuales son proveedores del proyecto y como tal, ya han sido considerados entre los costos del mismo, como sería el caso, por ejemplo, del mayor transporte debido al proyecto.

Se considera que la mayor actividad económica es una externalidad del proyecto de muy difícil valoración (intangibles) pues son muchas las actividades afectadas, pero en la medida que en cada una de ellas no existan distorsiones o no se afecten los precios, no hay efectos económicos reales.

### **3.4.2.3 Nivel Freático**

En el caso de las obras de regadío (embalses, canales), por efecto del riego mismo, se puede producir un efecto positivo o negativo dependiendo del nivel actual en que se encuentre la napa "aguas abajo" y del impacto de la obra de regadío y del riego sobre dicha napa. En efecto, se puede producir un efecto positivo de "recarga" o uno negativo de "avenamiento" o de corte de la recarga de la napa en el caso de las obras de embalse.

En el caso positivo, el proyecto estaría produciendo más agua destinada a "no usuarios" del proyecto, es decir, terceros que se ven afectados positivamente por la ejecución del proyecto, lo que de acuerdo al marco teórico definido inicialmente, constituye una externalidad positiva del proyecto.

En el caso negativo, el proyecto estaría generando niveles de napa más profundos, afectando negativamente a la producción de los regantes "aguas abajo", los que pueden ser o no usuarios del proyecto. Se está en presencia de una externalidad negativa.

### **3.4.2.4 Costo de Oportunidad del Agua**

En la medida que el agua que utilice el proyecto pueda tener usos alternativos, como en los sectores eléctrico y sanitario, e incluso en zonas agrícolas fuera del área de influencia del proyecto, el recurso tiene un costo de oportunidad, debiendo incluirlo como un costo directo agrícola del proyecto. En general no existe un mercado del agua, y si es que éste existiese el valor al cual se transan los derechos correspondería al costo alternativo del recurso. Por tanto, como el método del presupuesto vigente no lo considera entre estos costos, debiera incluirse como una externalidad sobre los otros mercados que compitan por el uso del agua. El efecto externo será positivo en la medida que con el proyecto aumente la disponibilidad de agua a otros usuarios y negativo si acaso disminuye.

### **3.4.2.5 Efecto Demostración en Pequeños Agricultores**

El objetivo de los proyectos de riego es aumentar la producción agrícola por la mayor disponibilidad de agua que provoca su implementación. En muchos casos, principalmente en proyectos de mayor envergadura, se logra tecnificación del riego aumentado los rendimientos y se introducen nuevos cultivos, lo cual está asociado generalmente a la presencia de grandes empresas agrícolas y agricultores con capacidad empresarial.

El mayor desarrollo en el área de influencia del proyecto puede lograr que los pequeños agricultores, que practican una agricultura tradicional, tiendan a seguir las pautas de las grandes empresas citadas anteriormente, intentando alcanzar una mayor tecnificación del riego e introduciendo otro tipo de productos.

Si es que en la concepción del proyecto no se consideró que el pequeño agricultor tendría beneficios, este "efecto demostración" se constituye en una externalidad del proyecto, cuyo beneficio no puede exceder el costo que hubiese significado incluir explícitamente en el proyecto una asistencia técnica y transferencia tecnológica a ese estrato de agricultores.

En este caso, se debe señalar que lo habitual es incluir a los pequeños agricultores dentro de las medidas propuestas en situación con proyecto, los cuales necesariamente deben cambiar su hábitos productivos, en un mayor período de tiempo en relación a los de mayor tamaño y capacidad empresarial. El costo asociado a este cambio se encuentra considerado en la capacitación.

### **3.4.3 Efectos Intangibles**

#### **3.4.4.1 Efectos Geopolíticos**

Se entiende por estos efectos (de carácter intangible) a los causados por el proyecto en zonas limítrofes en las cuales se desea mantener asentamientos humanos por razones de soberanía. Sin embargo, debe señalarse que pueden haber otras formas distintas (más baratas) que provoquen el mismo efecto en las zonas fronterizas. Desde este punto de vista valen los mismos comentarios indicados en Asentamientos Humanos.

#### **4. IDENTIFICACIÓN DE EFECTOS DE IMPACTO AMBIENTAL**

##### **4.1 Identificación de Efectos Ambientales**

Resulta conveniente uniformar criterios al referirse a los ciclos de vida de un proyecto, así como a los tipos de obras que puedan darse en la práctica. Los ciclos de vida de un proyecto corresponden a los siguientes: Idea o Perfil, Prefactibilidad y/o Factibilidad, Diseño, Construcción y Operación, y Abandono.

En cuanto a la tipología de proyectos, su función no es más que dar un orden o clasificación para que más adelante se puedan utilizar los cuadros que permiten ayudar a la identificación de los principales impactos ambientales que pudieran presentarse en la práctica. La Tipología de proyectos corresponde a la siguiente:

- Proyectos de Embalses u Obras de Regulación
- Proyectos de Nuevos Canales (incluida las obras de captación)
- Proyectos de Mejoramiento de Canales
- Proyectos de Drenaje
- Proyectos de Explotación de Aguas Subterráneas
- Práctica Agrícola (riego, adecuación del riego, del suelo, uso de agroquímicos, etc.)

Los proyectos anteriores comprenden una serie de obras, de las cuales para efectos de la aplicación de este manual debieran considerarse las más importantes. En particular, dentro de lo que se ha denominado práctica agrícola, se incluyen todas las obras intraprediales. De acuerdo a ello, a continuación se entrega el listado de obras de riego para ser utilizada a continuación sobre aspectos ambientales de este manual. La lista es la siguiente:

- Embalses (muro, elementos de control, de captación, de evacuación, túnel de desvío, etc).
- Captaciones de agua superficial o Bocatomas de canales (gravitacional o mecánica)
- Captaciones de agua subterránea
- Canales (su trazado y obras de arte menores)
- Canoas, Sifones, Caídas de Agua<sup>1</sup>.
- Obras de drenaje
- Práctica Agrícola (incluye ejecución o modificación de obras intraprediales)

Generalmente, cuando se enumeran los impactos y factores ambientales, se tienen en cuenta las fases de Construcción, Operación y

---

<sup>1</sup> Caídas de agua que pueden ser vertical, en pendiente, descubiertas o entubadas, según el Manual de Obras Tipo para Riego de la DR-MOP, Documento de Trabajo N°8 y 9 de 1978.

Abandono. Dichas fases son importantes y producen efectos de impacto ambiental que difieren en la oportunidad en que se producen. Así, la fase de construcción produce principalmente efectos de duración transitoria, como: los efectos asociados a movimientos de tierras y uso de maquinarias pesadas, que corresponden, por ejemplo, a ruidos y emisión de material particulado; también hay otros efectos transitorios asociados a desviaciones de cauces, instalaciones de trabajo, etc..

No obstante lo anterior, hay efectos de carácter permanente asociados a la fase de construcción, como el cambio en la morfología que producen movimientos de tierra en el caso de obras de envergadura, que resultan análogos a los generados en la fase de operación, por lo que serán tratados como efectos de impacto ambiental asociado a la operación y explotación de las obras.

Los efectos de carácter transitorio, correspondientes a la fase de construcción, generalmente tienen medidas de mitigación asociadas que son implementadas por los mismos contratistas y cuyos costos ya han sido considerados dentro de los presupuestos de las obras. Por ejemplo se tienen los siguientes impactos: niveles de ruido, emisión de polvo, contaminación del suelo, alteración de la cubierta de suelo, residuos sólidos, modificación transitoria de cauces, tala de bosques, migración de fauna local, demanda por servicios, aparición de vectores de enfermedades, etc.

Para el caso de los niveles de ruido, se implementan medidas de protección de los trabajadores expuestos, se planifican las actividades que utilizan explosivos, dando avisos oportunos de cuándo serán ejecutadas, se restringe el tránsito y operación de maquinaria pesada a horarios determinados, etc.

En el caso de emisión de material particulado, se adoptan medidas como el riego de caminos y la protección o recubrimiento de los materiales transportados para minimizar la emisión asociada al transporte.

Los impactos ambientales permanentes sobre las componentes hídrica, biótica y abiótica que suelen presentarse durante la fase de construcción son a menudo análogos a los que aparecen en la operación y explotación de la obra pero de menor intensidad y/o duración.

Además, dada la naturaleza sinérgica de los efectos ambientales asociados a la actividad agrícola y a que en dicha actividad interviene en forma importante el medio físico, los impactos de mayor significación son aquellos que se producen durante el funcionamiento de la obra y su consecuente desarrollo agrícola, más que durante su construcción o posterior abandono. Por ello, en los cuadros que siguen a continuación se incluyen principalmente los efectos de la operación y abandono, sin perjuicio de que también se incluyen algunos importantes efectos que son típicos de la construcción de una obra.

Cabe señalar que en el informe se presentan cuadros donde están tipificados los efectos por tipo de obra, lo que permite al proyectista tener una guía metodológica para identificar los impactos posibles. No obstante, será cada caso en particular el que determine exactamente el tipo e importancia del impacto a ser considerado en la evaluación del proyecto de riego.

#### **4.2 Valorización de los Efectos Ambientales**

Las técnicas de valorización de impactos ambientales más utilizadas en los estudios que se realizan en el país son esencialmente cualitativas (listas de chequeo, matrices, método Delphi, etc), prestándose sus resultados para diversas interpretaciones. Por ello, valorizar monetariamente los impactos ambientales de un determinado proyecto de inversión, genera una medida de la pérdida que experimenta la sociedad al dejar de percibir los beneficios de un determinado bien ambiental.

Para efectos de la presente guía, los impactos ambientales son homologados como externalidades y, por consiguiente, para su medición se pueden aplicar técnicas que permitan valorizarlas total o parcialmente en términos monetarios.

Para ello lo que se recomienda es un procedimiento indirecto que consiste en cuantificar los efectos ambientales a través de la evaluación de los costos de las correspondientes medidas de mitigación, compensación o reparación asociadas a cada impacto identificado.

El Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, señala en el Párrafo 1º, Título III "De los Contenidos de los Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental", que debe incluirse un Plan de Medidas de Mitigación, Reparación y/o Compensación, cuando ello sea procedente.

Respecto a los planes de mitigación, señala que éstos tienen por finalidad evitar o disminuir los efectos adversos del proyecto o actividad, mientras que los planes de reparación y/o restauración, tienen como objetivo reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la inicial, y en los casos que no sea posible, restablecer las propiedades básicas.

Respecto a los planes de compensación, se señala en el Artículo 61 que las medidas de compensación tienen por finalidad producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso identificado, especificando que dichas medidas incluirán el reemplazo o sustitución de los recursos naturales o elementos del medio ambiente afectados por otros de similares características, clase, naturaleza y calidad, y que deben llevarse a cabo en las áreas o lugares en que los efectos adversos significativos se presenten o generen.

En consecuencia, en los Cuadros 4.2-1 al 4.2-4 se proponen las medidas correspondientes a los impactos identificados en el punto anterior. En cada cuadro se señala si la medida (o el impacto que la determina) es frecuente que aparezca en la fase de construcción, operación (incluido abandono) o ambas. Las medidas se pueden referir a mitigación o compensación o reparación según sea el caso.

En las acciones señaladas en dichos cuadros deben ser incluidos los costos en estudios, gestión o ejecución de obras.

CUADRO 4.2-1  
MEDIDAS ANTE IMPACTOS  
COMPONENTE AGUA

IMPACTO	MEDIDAS PARA MITIGAR, COMPENSAR O REPARAR
Modificación del régimen de caudales, alturas de agua, velocidades, derrames, recuperaciones.	Adecuación del cauce para satisfacer requerimientos hidráulicos (altura y velocidad), conducción de derrames, etc.  Permitir el libre escurrimiento y la restitución de los cursos superficiales en obras como desvíos, ataguías, etc. (construcción y operación)
Alteración de la escorrentía subterránea y/o recarga.	Recarga artificial del acuífero (construcción y operación)
Modificación del equilibrio sedimentológico	Control de erosión retrógrada (operación)
Alteraciones del eje hidráulico con efectos sobre el cauce y riberas	Obras para corrección del eje hidráulico Protección de riberas Mejoras en el cauce (construcción y operación)
Cambios del nivel freático	Medidas para minimizar los efectos de subida de nivel (drenaje) o descenso (profundización de captaciones) (construcción y operación)
Efectos sobre el rendimiento de otras captaciones subterráneas.	Reducción de los caudales de explotación del acuífero Compensación económica a los afectados (pagar por el menor rendimiento o entregar agua) (operación)
Desequilibrio por inversión del gradiente hidráulico	Ejecución de obras para minimizar el efecto como barreras hidráulicas, pozos de inyección, etc. (construcción y operación)
Desequilibrio y Agotamiento del acuífero	Compensación económica a los afectados Recarga artificial del acuífero (operación)
Generación de aguas superficiales.	Encauzamiento de las aguas, conducción, drenaje, etc. (construcción y operación)
Eutroficación	Recuperación de hábitat afectados Compensación económica por degradación de la calidad del agua. Reducción de afluentes con carga orgánica. (operación)

CUADRO 4.2-1  
MEDIDAS ANTE IMPACTOS  
COMPONENTE AGUA

IMPACTO	MEDIDAS PARA MITIGAR, COMPENSAR O REPARAR
Contaminación química (sustancias agroquímicos), física (turbiedad, sólidos en suspensión, etc) y bacteriológica.	Control de uso de agroquímicos Control de la erosión y derrames Monitoreo de canales y cauces Evitar el vertido de sustancias, elementos o compuestos a las aguas Almacenamiento adecuado de sustancias contaminantes, revestimiento con materiales impermeables del sitio de almacenaje Tratamiento de residuos peligrosos y de aguas servidas en faena Utilización de baños químicos Establecer planes de abandono de depósitos receptores de efluentes de las instalaciones. (construcción y operación)
Modificación del balance másico que implica reducción de la calidad del agua subterránea	Recarga artificial de acuíferos Cambios en la explotación Compensación económica por tratamiento de agua. (operación)

CUADRO 4.2-2  
MEDIDAS ANTE IMPACTOS  
COMPONENTE SUELO

IMPACTO	MEDIDAS PARA MITIGAR, COMPENSAR O REPARAR
Derrumbes, deslizamientos y hundimientos de tierra	Implementación de sistemas de drenaje que garantice un correcto escurrimiento de las aguas Construcción en rellenos estables Adecuar las pendientes de corte a las características de estabilidad del suelo. Minimizar la remoción de vegetación. Reconstituir la cubierta vegetal. (construcción y operación)
Erosión hídrica y modificación de las características físicas (densidad, compactación, aireación) y químicas (fertilidad, nutrientes, pH, salinidad, etc.)	Implementación de sistemas de drenaje que garanticen un correcto escurrimiento de las aguas Construcción en laderas estables Adecuar las pendientes de corte a las características de estabilidad del suelo. Minimizar la remoción de vegetación. Reconstituir la cubierta vegetal. Protección de la capa vegetal del suelo Plantaciones adecuadas para terrenos en pendiente (por ejemplo riego tecnificado) Evitar el uso de surcos en plantaciones en pendiente. (construcción y operación)
Modificación de la estructura, textura y propiedades físico químicas del suelo. (colmatación, reducción de la capacidad de infiltración)	Escarificado y aplicación de nueva capa de suelo de espesor adecuado Readecuación y recuperación de suelos Selección de áreas de mala calidad de suelo para el tránsito y almacenamiento de vehículos pesados (construcción y operación)
Agotamiento de nutrientes (lavado, sobre explotación, drenaje)	Reincorporación al suelo de nutrientes (operación)
Contaminación del suelo	Recuperación de suelos  Escarificado y aplicación de nueva capa de suelo de espesor adecuado Selección de áreas de mala calidad de suelo para el acopio de materiales contaminantes (construcción y operación)
Salinización del suelo	Dosificación del riego Introducción de sustancias para amortiguar o revertir el efecto Compensación económica en las áreas afectadas (operación)
Cambio uso de la tierra	Compensaciones económicas a los afectados
Subsidencia del terreno	Evitar o minimizar el tránsito innecesario de vehículos pesados. (construcción y operación)

CUADRO 4.2-3  
MEDIDAS ANTE IMPACTOS  
COMPONENTE BIOTA

IMPACTO	MEDIDAS PARA MITIGAR, COMPENSAR O REPARAR
Alteración o pérdida de hábitat (flora, fauna, vegetación) cerca de la obra.	<p>Minimizar en lo posible las actividades cerca de las áreas sensibles</p> <p>Establecer barreras que permitan aislar las actividades del proyecto</p> <p>Impedir o evitar introducir maquinaria en zonas definidas como de riesgo biótico</p> <p>Reforestar igual superficie de vegetación afectada (construcción y operación)</p>
Alteración, Destrucción, desaparición o disminución de la flora o fauna en peligro, rara, amenazada o endémica.	<p>Excluir las actividades en o cerca de las áreas protegidas</p> <p>Establecer barreras que permitan aislar las actividades del proyecto</p> <p>Traslado de individuos afectados a áreas de similares características de hábitat. Reintroducir la especie afectada en el mismo hábitat (construcción y operación)</p>
Alteración o Destrucción de la vegetación acuática y de hábitat húmedos.	<p>Minimizar las actividades cerca de los humedales</p> <p>Evitar alteración de niveles de agua de esteros, ríos, lagunas, etc.</p> <p>Evitar desvíos de cauces o interrupción de los cursos de agua que alimenten humedales (construcción y operación)</p>
Efecto barrera para el desplazamiento de las especies	Mantenimiento de la conexión de las poblaciones mediante métodos naturales o artificiales (corredores ecológicos, by pass, etc.). Implementar atravesos para animales (construcción y operación)
Proliferación de vectores o insectos	Evitar la contaminación de las aguas (construcción y operación)
Pérdida de lugares de alimentación o reproducción	<p>Mantenimiento de los lugares de reproducción mediante métodos naturales o artificiales.</p> <p>Traslado de individuos a áreas de similares características (construcción y operación)</p>
Proliferación de algas, microorganismos (fitoplancton, zooplancton, bentos)	Evitar la contaminación de las aguas y el exceso de nutrientes (construcción y operación)

CUADRO 4.2-4  
 MEDIDAS ANTE IMPACTOS  
 COMPONENTE PAISAJÍSTICO, SOCIAL, CONSTRUIDO

IMPACTO	MEDIDAS PARA MITIGAR, COMPENSAR O REPARAR
Impacto en la calidad estética (turística) de los paisajes	Incorporación de criterios de diseño que integren la obra y su entorno al paisaje existente.  Mantención de la limpieza y aspecto de la obra  Mantención de la vegetación, plantación en taludes y con pantallas vegetales  Restauración del relieve en la medida de lo posible (construcción y operación)
Alteración del sistema de vida de un grupo étnico	Evitar intervención en sitios importantes, considerados de interés cultural o sagrado (construcción )
Destrucción o alteración de recursos culturales (patrimonio arqueológico, arquitectónico y religioso)	Realizar un Plan de Manejo Arqueológico. Instalación y retiro cuidadoso de equipos e instalaciones de faena (construcción)
Deterioro en la calidad de vida de comunidad cercana a la obra	Delimitación del horario de los trabajos de construcción  Establecer acuerdos con la comunidad  Dejar franja de circulación peatonal en los casos en que se afecte el tránsito.  Asegurar el acceso a los servicios y equipamientos de la población afectada a un nivel equivalente al actual. (construcción y operación)

En el Cuadro 4.2-5 siguiente se formulan recomendaciones para abordar la evaluación de las medidas antes señaladas.

Finalmente, cabe señalar que en el proyecto se deberá dejar bien claro si la medida de mitigación o reemplazo del bien afectado fue efectivamente evaluada o estimada, señalándose todos los supuestos que fueron utilizados. También se deberá tener cuidado de verificar si la medida ha sido o no incluida en la certificación ambiental del proyecto (trámite en el SEIA). Es decir, se debe verificar si la medida ya fue internalizada en los costos del proyecto. En ese caso no debiera ser considerada en la evaluación de las externalidades ambientales.

CUADRO 4.2-5  
RECOMENDACIONES PARA EVALUAR LAS MEDIDAS AMBIENTALES

MEDIDA AMBIENTAL	RECOMENDACIÓN PARA SU EVALUACIÓN
Obras para corrección del eje hidráulico, Protección de riberas, Mejoras en el cauce, Encauzamiento de las aguas, conducción, drenaje, ataguías, construcción en rellenos estables, etc.	Son proyectos hidráulicos-geotécnicos cuantificables técnica y económicamente.
Reducción de los caudales de explotación del acuífero.	Indemnización a los afectados o entrega de agua para revertir la merma sufrida.
Recarga artificial del acuífero. Medidas para minimizar los efectos de subida de nivel (drenaje) o descenso (profundización de captaciones).	Sería el costo de las obras de recarga o de drenaje necesarias.
Ejecución de obras para minimizar el efecto como barreras hidráulicas, pozos de inyección, etc.	Son proyectos cuantificables técnica y económicamente.
Recuperación de hábitat afectados, Compensación económica por degradación de la calidad del agua. Reducción de afluentes con carga orgánica.	Son medidas de más difícil evaluación. Habría que estimar cuanto cuesta eliminar la causa que está afectando al hábitat (por ejemplo, eliminar o tratar descargas).
Control de uso de agroquímicos  Monitoreo de canales y cauces  Almacenamiento adecuado de sustancias contaminantes, revestimiento con materiales impermeables el sitio.  Establecer planes de abandono de depósitos receptores de efluentes de las instalaciones.	Todas estas medidas tienen costos asociados para su implementación y operación, que pueden ser calculados o estimados.
Plantaciones adecuadas para terrenos en pendiente (por ejemplo riego tecnificado). Dosificación del riego.	El costo asociado al método de riego adecuado para el caso.
Escarificado y aplicación de nueva capa de suelo de espesor adecuado. Readecuación y recuperación de suelos.	Las medidas pueden ser difíciles de cuantificar, aunque se pueden estimar en la medida de lo posible.

## **5. PROPUESTA METODOLÓGICA**

### **5.1 Introducción**

A continuación se presentan en forma resumida las principales recomendaciones contenidas en la propuesta metodológica para evaluar proyectos de riego que se ha elaborado como parte del estudio y que se puede revisar en detalle en el documento Guía Metodológica para la Evaluación de Proyectos de Riego, que también forma parte de este informe final.

### **5.2 Cuantificación de Efectos Directos**

#### **5.2.1 Metodología General**

El método del presupuesto es de uso generalizado en la evaluación de proyectos de riego, por lo que el procedimiento de trabajo es ampliamente conocido. Se considera que una descripción detallada del método es innecesaria, pero sí es conveniente, en forma muy resumida, presentar las actividades y grupos de actividades que se deben ejecutar para establecer la rentabilidad de los proyectos.

Con el fin de presentar la metodología general de una evaluación se ha preparado la Malla de Actividades que se adjunta, en la que se muestran las relaciones y precedencias de las actividades y grupos de actividades que es preciso desarrollar.

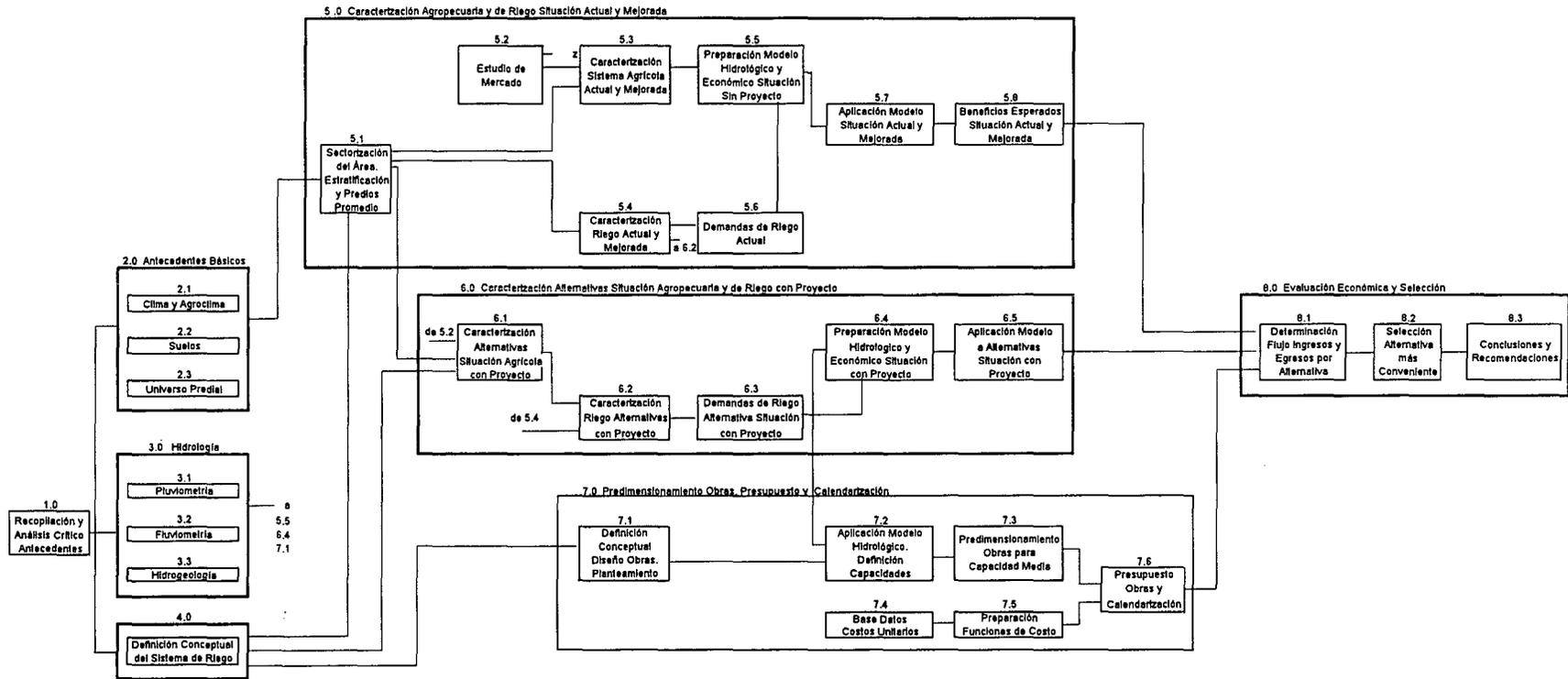
A continuación se listan los trabajos a efectuar en la evaluación de los proyectos de riego.

- a) Antecedentes generales y recursos básicos
- b) Caracterización agropecuaria y de riego: situación actual y mejorada
- c) Caracterización de alternativas de situación agropecuaria y de riego con proyecto
- d) Predimensionamiento de obras, presupuesto y calendarización
- e) Evaluación económica y selección

#### **5.2.2 Temáticas Relevantes**

Se presenta a continuación una serie de temas contemplados en las evaluaciones económicas, que actualmente son tratados en los proyectos de diversas formas y con distintos niveles de profundidad. Con el análisis siguiente se pretende que en los futuros proyectos de riego se adopten criterios homogéneos para uniformar el modo de abordar este tema de los supuestos, lo cual es relevante en los resultados de la rentabilidad de los proyectos.

## DIAGRAMA DE ACTIVIDADES EVALUACIÓN PROYECTO DE RIEGO



**a) Recopilación y análisis crítico de antecedentes**

En los proyectos de riego se debe efectuar una detallada recopilación de los antecedentes disponibles que tengan relación con los diferentes aspectos que se deben tratar, tales como la existencia y potencialidad de los recursos del área del proyecto, características de la actividad agropecuaria actual y perspectivas de desarrollo a futuro, entre otras.

La recopilación de antecedentes debe lograrse a través de la revisión de información bibliográfica y mediante visitas al área de estudio.

Una vez recopilada la información, se debe analizar en forma crítica, con el propósito de poder calificar el uso que se le dará durante el desarrollo del estudio y determinar con precisión aquellos antecedentes que se requiere actualizar, complementar y en ciertos casos generar. Esto último, se debe llevar a cabo cuando la calidad de la información recopilada no es adecuada para la finalidad que persigue el proyecto o simplemente ésta es inexistente.

**b) Estudios básicos**

**b.1) Suelos**

Respecto a los suelos se debe tener presente que posterior a la detección de potenciales áreas de riego es necesario efectuar un reconocimiento detallado de estos, con el fin de determinar las reales posibilidades de producción, las cuales para proyectos de riego se deberán realizar a una escala de terreno de 1:20.000 y para proyectos de drenaje a escala 1:10.000 o menor.

Se debe efectuar un completo recorrido en terreno con el propósito de hacer una revisión de las principales unidades cartográficas, definiéndose para cada una de ellas, las Clasificaciones Técnicas de:

- Clase y Sub-Clase de Capacidad de Uso
- Categoría y Subcategoría de Riego
- Clase de Drenaje
- Aptitud Frutal
- Aptitud Agrícola
- Erosión

Dicha clasificación técnica se debe llevar a cabo tanto para la situación actual como potencial, y de esta manera se estará en condiciones de obtener el plano definitivo de suelos.

En el caso específico de aquellos proyectos que poseen información previa de estudios de suelos a nivel de detalle, se debe analizar dicha información a través de una inspección general en terreno.

El informe debe incluir la caracterización general del área, la descripción de series de suelos, rango de variación y la ubicación geográfica, un detalle de las características de cada Fase indicando además su Clase y Subclase de Capacidad de Uso, Categoría y Subcategoría de Riego, Clase de Drenaje, Aptitud Frutícola, Aptitud Agrícola y Erosión.

En aquellos proyectos en donde se utilicen suelos sobre cota de canal, es recomendable elaborar un mapa con el uso actual de los suelos, de tal forma de contar con la cota piezométrica, necesaria para efectuar los cálculos correspondientes a elevaciones mecánicas.

## **b.2) Clima y Agroclima**

El clima y agroclima debe elaborarse en función de las fuentes de mayor actualización. La fuente más actualizada corresponde al Atlas Agroclimático de Chile, elaborado por la Universidad de Chile para las regiones IV, V, RM, VI, VII y VIII. En el caso de regiones no cubiertas por dicho trabajo, el estudio denominado Mapa Agroclimático de Chile del INIA es el que posee la mayor cobertura nacional y la información contenida, al igual que en el estudio de la U. de Chile, es mensual, pero ya que los distritos son muy amplios, es necesario complementarlo con el elaborado por Ciren Corfo (Atlas Agroclimático de Chile).

Con respecto a la información de Evapotranspiración Potencial, ésta debe ser verificada utilizando el estudio "Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile" elaborado por Ciren-Corfo y la Comisión Nacional de Riego, 1997.

## **c) Universo de Usuarios**

Con respecto a la determinación del universo de usuarios, se debe señalar que la información contenida en distintas fuentes (Ortofotos de Ciren Corfo, Catastro de Usuarios de la Dirección General de Aguas (DGA), Rol Extracto Agrícola del Servicio de Impuestos Internos (SII), Base de Datos Prediales del VI Censo Nacional Agropecuario del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y listados de usuarios de las Asociaciones de Canalistas), generalmente no es concordante, ya que éstas se encuentran desfasadas en el tiempo, por lo que la obtención del universo predial debe efectuarse a través de una complementación de las distintas fuentes.

Para estos efectos, es necesario definir los límites de la envolvente del proyecto. Posteriormente, el área en estudio debe subdividirse en sectores de riego, de acuerdo a la extensión y heterogeneidad que ésta presente, lo que estará en función de la red de canales de riego actual o propuesta, de la situación actual y potencial de riego, de la información generada del estudio de suelos y clima y de la respectiva adaptabilidad de las distintas especies.

La determinación de los estratos de tamaño, debe ser efectuada previo a la aplicación de la encuesta, y esta deberá representar en la forma más real posible la situación que actualmente enfrenta la zona. La estratificación debe realizarse esencialmente en base a la información proporcionada por el VI Censo Nacional Agropecuario del INE y antecedentes previos recopilados en la zona.

Debe recalarse que la estratificación por tamaño predial, es esencial efectuarla con base en las tipologías de agricultores, siendo necesario agrupar los predios de acuerdo a un mismo propietario y no trabajar a nivel de rol individual.

Finalmente en esta actividad se debe elaborar un mapa de propiedades sobre un mapa base a la escala requerida por el proyecto.

#### **d) Aspectos Sociales**

Los antecedentes sociales deben ser recopilados mediante la revisión bibliográfica disponible en el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Ministerio de Planificación (MIDEPLAN) e I. Municipalidades. Estas fuentes son complementarias y útiles para caracterizar la población comunal en sus aspectos socio-económicos. Se debe precisar que la definición de estos aspectos en áreas específicas del estudio se debe complementar con encuestas efectuadas en terreno.

#### **e) Mercados**

En esta parte del estudio es necesario determinar el destino de la producción y los efectos de los tratados de libre comercio, con el objeto de calcular la evolución de los precios en los distintos mercados. Habitualmente se diferencian las cotizaciones en los mercados, aunque en muchos casos con antecedentes puntuales de precios. Los efectos de los tratados de libre comercio deben ser incorporados en todos los estudios de mercados, ya que el escenario para cada producto agrícola puede sufrir importantes cambios respecto de la situación actual e histórica. Además, es necesario determinar la evolución histórica de la superficie destinada a cada cultivo y de la estructura productiva en la región, provincia, comuna o área del proyecto.

Se debe realizar un estudio de mercado, comercialización y precios de productos, tanto para la situación actual agropecuaria, como para las situaciones optimizada y futura con proyecto. Esto último, se efectuará a través de la determinación de aquellos productos que son potencialmente atractivos y para los cuales se propondrá su incorporación o intensificación en el área de influencia del proyecto.

La selección de los rubros más importantes de analizar, debe basarse en la información proporcionada por las encuestas censales del VI Censo Nacional Agropecuario del INE, ODEPA, Catastro CORFO, la recogida en la encuesta

muestral agropecuaria y en la obtenida en los Estudios de Casos. Los rubros más importantes de analizar serán aquellos que ocupan la mayor superficie en el área del proyecto y que, además, pueden ser representativos de otros por sus similitudes fisiológicas y de rentabilidad.

## **f) Caracterización de la Situación Actual**

### **f.1) Encuesta Simple**

Con el objeto de recabar antecedentes para el diagnóstico de la situación actual y obtener los Estudios de Casos que permitan caracterizar a los Predios Promedios, se debe efectuar una encuesta muestral o censal, cuya distribución y cobertura dependerá de los estratos de tamaño presentes al interior del universo de agricultores. El formato de esta encuesta debe ser simple, lo cual dependerá de la ejecución o no de una posterior encuesta de detalle.

### **f.2) Predios Promedio y Estudio de Casos**

La metodología de obtención de Predios Promedio corresponde a una situación intermedia entre Predios Tipo Reales y Predios Tipo Promedio. Esta consiste en la subdivisión de cada estrato de tamaño, de manera que puedan ser representadas al máximo todas las variables que participan al interior de las tipologías prediales (sectores, suelos, clima, niveles tecnológicos, uso de suelos, disponibilidad de agua, etc.), procediendo posteriormente a seleccionar un predio promedio, el cual es la resultante del cociente entre el área de cada subdivisión predial y el número de predios que representa.

Cabe señalar que esta mecánica es idéntica a la de los predios tipo reales, con la diferencia que al momento de seleccionar el predio promedio, no se elige a ningún rol presente al interior de la subdivisión predial, optándose por seleccionar un predio que sea el promedio de ellos.

### **f.3) Uso del Suelo**

Para efectuar una adecuada caracterización del área, se requiere necesariamente de la identificación de los límites de la envolvente de riego del área a estudiar. Esto debe efectuarse demarcando en planos los terrenos que poseen potencial para ser cultivados. Una vez que se obtengan mayores antecedentes de la zona en estudio, se debe efectuar la subdivisión en sectores de riego.

Considerando los antecedentes que se dispongan relativos a sectores, estrato de tamaño, distritos agroclimáticos y estudio de suelos, se debe determinar las superficies brutas, netas, improductivas y arables.

La condición de riego o seco se establece a través de la determinación de condiciones propias de cada sector en cuanto al riego actual de éste, las que se refieren principalmente a la existencia o carencia de red de riego.

Finalmente, el uso del suelo se obtiene a través de la expansión de las superficies brutas de cada Predio Promedio al interior de la tipología representada. Mediante la suma respectiva de ellos, se obtendrán los resultados por estrato de tamaño, sectores y para el total del área en estudio.

#### **f.4) Fichas de Cultivo**

Para efectos de determinar las fichas de cultivo de situación actual se debe utilizar la información de las encuestas de detalle; a medida que la cobertura de ellas es más alta, mayor será el grado de precisión.

Los rubros productivos que se identifiquen por Predio Promedio en el área de proyecto deben ser caracterizados por medio de fichas de cultivo. Éstas deben ser valoradas a precios de mercado y sociales de acuerdo a factores establecidos por MIDEPLAN. Las fichas deben incluir los ítems correspondientes a mano de obra, maquinaria, tracción animal, insumos, operación y mantención de riego presurizado, fletes, costos financieros e imprevistos. Estos se traducirán en los costos directos por hectárea.

#### **f.5) Demandas de Agua**

Las necesidades de agua de riego se deben determinar para cada uno de los cultivos asignados por Predio Promedio y sector de riego, consistiendo básicamente en el cociente entre la evapotranspiración real (ETr) y la eficiencia de riego a nivel del potrero.

Para los efectos la determinación de la ETr media por sector, se pondera la ETr propia de cada cultivo por la superficie que le ha sido asignada dentro del total del sector.

#### **f.6) Factor Hídrico para ser Usado en un Modelo de Simulación Hidrológico**

El cálculo de los rendimientos está en directa relación con el factor hídrico, el cual en períodos de déficit, en especial de sequías severas, provoca que la producción de los rubros productivos, tanto en términos físicos como económicos, se vea notablemente disminuida.

Al respecto, es importante considerar que el criterio con el cual actualmente se elaboran los proyectos de riego, correspondiente al de 85% de

seguridad de riego, no es el más adecuado debido a que no se ajusta a los requerimientos de satisfacción de la demanda de los cultivos, así como tampoco al comportamiento de los agricultores al momento de producirse problemas de sequía. En efecto, el criterio del 85% de seguridad no considera que los cultivos multianuales deben tener un 100% de satisfacción de sus demandas de agua, así como tampoco que en un año seco siguen utilizándose recursos eventuales, como es el agua de primavera, con lo cual en un año seco, si las condiciones climáticas lo permiten es factible adelantar siembras y cosechas a través de cultivos de tipo anual y hortalizas de un ciclo productivo más corto.

Se recomienda trabajar con funciones de producción relacionadas a los factores de satisfacción de las demandas de agua, según la operación de un modelo de simulación hidrológico y económico que considere los efectos anuales y mensuales de los caudales correspondientes a las series hidrológicas utilizadas, con lo que el área de influencia de un proyecto determinado no será definido por el año 85%, sino por una optimización económica resultante del modelo planteado, en que la variable de ajuste es la superficie destinada, por ejemplo, a praderas naturales, cultivos anuales u otros.

#### **f.7) Asistencia Técnica y Crediticia**

Se deberán identificar y analizar aquellas instituciones que actualmente brindan apoyo técnico a la actividad agropecuaria del área de estudio, necesario para lograr las metas del programa de desarrollo que se proponga. Además, es necesario identificar las instituciones financieras que permitan contar con el apoyo crediticio adecuado para sustentar el programa de implementación predial.

#### **g) Caracterización de la Situación Mejorada**

Previo a la caracterización agropecuaria futura, con proyecto, se debe efectuar la caracterización de la situación actual mejorada, la que debe contemplar un mejoramiento de la situación actual con beneficios que superen la tasa normal de crecimiento del Producto Interno Bruto Agrícola.

La finalidad de valorizar la situación actual mejorada, es la de servir de alternativa de referencia para la evaluación económica del proyecto, con costos por agricultor que no superen los costos directos de producción asociados a los cultivos más el valor promedio normal, resultante entre un programa de transferencia tecnológica estatal (INDAP) y uno efectuado por privados.

Por definición, la situación actual mejorada se plantea como un mejoramiento de las condiciones agropecuarias del área, sin la realización de obras de riego, sino sólo como resultado de un buen manejo de los recursos existentes, lo que se consigue a través de la implementación de un programa de Capacitación y Asistencia Técnica, orientado principalmente a la adopción de

habilidades y destrezas por parte de los agricultores y al conocimiento de las nuevas tecnologías aplicables en las labores agrícolas. Junto con lo anterior, la optimización de la situación actual puede estar apoyada por cualquier inversión marginal o medidas de organización que permitan mejorar la situación agrícola (en este caso) del área de influencia del proyecto sin que sea necesario invertir en las obras del proyecto para ello.

## **h) Caracterización de la Situación Desarrollada o con Proyecto**

### **h.1) Criterios de Desarrollo y Transición**

La definición de la situación futura de cada proyecto de riego debe estar basada en un conjunto de criterios de desarrollo según la realidad del área, en sus aspectos de recursos naturales, capacidad empresarial de los agricultores, disponibilidad de mano de obra, tendencias de mercado e infraestructura productiva, entre otros.

En primer término, previo a establecer la estructura productiva, es necesario plantear un conjunto de criterios que permitan fundamentar una proyección de la situación con proyecto. Estos criterios se refieren a tipos de cultivos a considerar y rentabilidad de ellos, uso futuro del suelo, variaciones en la estructura predial, prioridad en la asignación de los nuevos recursos de agua, etc. Igualmente, se deben establecer criterios para plantear la alternativa de desarrollo agrícola a partir de la realidad del área. De acuerdo a los antecedentes de mercados, Estudios de Casos, calidad de los suelos, clima y de la situación socioeconómica de los agricultores, se deberá definir un conjunto de productos agrícolas representativos de la productividad media del área, expresada en cultivos específicos reconocidos actualmente.

La aplicación de los criterios a que se hizo mención debe permitir la formulación de una estrategia de desarrollo que considere la política económica vigente, la que se expresará por estratos de tamaño, sectores y Predios Promedio. Además deben precisarse las bases, mecanismos y supuestos necesarios.

### **h.2) Uso del Suelo**

Una vez analizados los criterios necesarios, se deben elaborar las nuevas asignaciones de cultivos para todos los Predios Promedio, tomando en cuenta las variables señaladas en el acápite de criterios de desarrollo.

### **h.3) Fichas de Cultivo**

Para cada uno de los rubros productivos que se asignen en la situación con proyecto por Predio Promedio, se deben elaborar fichas de cultivo, las que serán

valoradas a precios de mercado y social de acuerdo a los factores establecidos por MIDEPLAN, utilizando información bibliográfica preferentemente de la zona en estudio, antecedentes obtenidos en terreno a través de la encuesta simple y la encuesta a los Estudios de Casos, entre otros.

#### **h.4) Inversiones**

Este ítem corresponde al análisis y determinación de las inversiones que se requieren para cumplir con el planteamiento de desarrollo propuesto, tanto en términos físicos como monetarios.

Para esto se deberán individualizar los costos correspondientes a inversiones en nuevas plantaciones, sistemas de riego, capital de operación, construcciones, equipamiento y otros que se requiere efectuar para lograr el cumplimiento de las metas propuestas. Especial importancia en este aspecto tiene la distribución de estas inversiones en el tiempo, con el objeto de poder establecer los flujos requeridos para la evaluación económica del proyecto.

#### **h.5) Demandas de Agua**

La metodología para la obtención de las demandas de agua en situación futura o con proyecto es básicamente la misma que en situación actual o sin proyecto, con la diferencia que ésta se determina para cada uno de los cultivos con potencial asignados por Predio Promedio y sector de riego.

Por otra parte, las eficiencias de riego para aquellos cultivos asignados, será la que se produce a nivel de potrero de acuerdo a los factores indicados en la Ley N°18.450 de Fomento al Riego y Drenaje. Éstas variarán según sea el método de riego de que se trate, ya sea éste presurizado o tradicional.

#### **h.6) Factor Hídrico para ser Utilizado en el Modelo de Simulación**

La metodología de cálculo del factor hídrico sobre la producción de los cultivos es idéntica a la señalada en la situación actual o sin proyecto que ya ha sido descrita.

#### **h.7) Asistencia Técnica y Crediticia**

Para efectuar el programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica que se genere con ocasión del proyecto, se debe partir de la premisa de que se cuenta con un apoyo técnico y crediticio adecuado.

La identificación de las instituciones de apoyo y el análisis de ellas para su posterior utilización serán conocidas, al igual que las medidas de acción actualmente existentes, a través de la información que se obtendrá de las encuestas realizadas en el área del proyecto y entrevistas a informantes calificados.

Por otra parte, se encuentran disponibles para los agricultores algunos instrumentos CORFO, tales como FAT y PROFOS y el programa de capturas tecnológicas desarrollado por el Ministerio de Agricultura a través del FIA.

### **i) Indicadores de Capacidad de Pago**

Dependiendo de la orientación del financiamiento del proyecto, es factible utilizar dos modalidades; la primera corresponde al análisis financiero y recuperación de costos, la cual es utilizada en proyectos financiados por medio del DFL N°1.123, y la segunda, definida por la determinación del DAP, para proyectos acogidos a la Ley de Concesiones.

En el primer caso, debido a que son los agricultores los que deben pagar en forma directa la inversión y operación atribuible al proyecto, el análisis financiero y de recuperación de costos es una herramienta acertada para determinar las cuotas de pago. En cambio la determinación del DAP (Disposición a Pagar Máxima), está referida a estimar el valor máximo del precio del agua, situación que se ajusta a los requerimientos del Concesionario, el cual debe financiar su proyecto a través del cobro que realiza por proveer el recurso hídrico.

Sin perjuicio de lo anterior, en aquellos proyectos que son financiados por el DFL N°1.123, cuando existen excedentes de agua, el método del DAP permite valorizar este recurso para destinarlo a eventuales ventas o arriendos fuera del área de estudio, pero que representan un beneficio adicional al proyecto en cuestión, mejorando los índices finales de rentabilidad.

## **5.3 Cuantificación de Externalidades**

### **5.3.1 Infraestructura Vial**

Si debido al proyecto de riego es necesario construir o modificar caminos, los que a su vez son utilizados por terceros, se produce una externalidad del proyecto ya que, por una parte hay un cambio en el costo generalizado de viajes de los usuarios, y además, puede inducirse tránsito hacia el camino asociado al proyecto.

En el caso del cambio del costo generalizado de viajes, en general la externalidad producida es medible y cuantificable, ya que hay metodologías y modelos de amplio uso para ello (HDM III para flujo libre, o su versión más simplificada, el COPER).

No obstante, cuantificar el beneficio por el tráfico inducido por proyectos de riego a veces puede ser impracticable, por lo que es necesario analizar la situación caso a caso. De no ser posible una cuantificación con un costo y resultados razonables, este beneficio deberá considerarse como un intangible.

### **5.3.2 Control de Crecidas**

Cuando un proyecto de riego se localiza en zonas afectadas por crecidas de ríos que provocan pérdidas económicas, y la obra de riego tiene efectos positivos sobre el cauce, atenuando la frecuencia y magnitud de las crecidas (en general disminuyendo total o parcialmente los impactos negativos de dichas crecidas), entonces los beneficios asociados al control de las crecidas pueden usarse como una medida de la externalidad del proyecto de riego.

En efecto, la externalidad puede cuantificarse incluyendo los beneficios que se obtienen por el control de crecidas (generados por el proyecto de riego) como parte de los beneficios del proyecto de riego. La cuantificación de los beneficios se efectúa estimando:

- Los daños evitados en el sector agrícola: producción perdida y superficie expuesta a las crecidas que no es cultivada, valor de terrenos perdidos y valor de habilitación de terrenos, etc.
- Los daños evitados no agrícolas: principalmente viviendas, infraestructura, vialidad, etc.

### **5.3.3 Nivel Freático**

Si por el proyecto de riego se produce un cambio en el nivel freático aguas abajo del área de influencia, se genera una externalidad positiva o negativa en los regantes de esa zona.

Para cuantificar esta externalidad, el modelo hidrológico que se utiliza para determinar los beneficios agrícolas del proyecto de riego, deberá extenderse para incluir la situación sin y con proyecto de los usuarios aguas abajo del área beneficiaria del proyecto.

### **5.3.4 Costo de Oportunidad del Agua**

En caso que el agua utilizada por el proyecto de riego tenga un uso alternativo en otros sectores del área o en zonas agrícolas fuera del área del estudio, se genera una externalidad positiva.

Para estimar el valor de la externalidad cabe indicar que si se trata de una obra concesionada, el precio del m<sup>3</sup> de agua está definido por el privado.

En el caso de obras no concesionadas, la operación de un modelo hidrológico que incluya las demandas de todos los sectores interesados en el recurso (agrícola, sanitario, energético, etc.) es el procedimiento a usar.. Los pasos que se debe seguir para cuantificar la externalidad son los siguientes:

- i) Utilizando el modelo de simulación, realizar el balance hidrológico para la situación sin proyecto (incluyendo las demandas de todos los sectores, para cada mes y año de la estadística disponible.
- ii) Definir los requerimientos de agua incluyendo las demandas agrícolas previstas en la situación con proyecto, y realizar el balance hidrológico para la nueva situación.
- iii) La diferencia entre ambos balances proporciona los recursos excedentes para cada mes y año de la serie.
- iv) Valorizar los antecedentes del recurso considerando todos los sectores demandantes. La valorización debe efectuarse considerando para cada caso los valores netos (beneficios menos costos de producción).

## **5.4 Cuantificación de Impactos Ambientales**

### **5.4.1 Efectos Considerados**

A continuación se señalan las principales medidas relevantes y que se recomienda sean consideradas en la evaluación de un proyecto, para las cuales en el siguiente subcapítulo se formulan indicaciones para su cuantificación.

- Protección de riberas, mejoras en el cauce, encauzamiento de las aguas, conducción, drenaje, ataguías (en general corrección del eje hidráulico).
- Reducción de los caudales de explotación del acuífero.
- Recarga artificial del acuífero. Medidas para minimizar los efectos de subida de nivel (drenaje) o descenso (profundización de captaciones).
- Ejecución de obras para corregir la dinámica del flujo subterráneo tales como barreras hidráulicas, pozos de inyección, etc.
- Recuperación de hábitat afectados. Compensación económica a los afectados por la degradación de la calidad del agua. Reducción de afluentes con carga orgánica. Monitoreo de canales y cauces, sólo para controlar alguna medida anterior.
- Plantaciones adecuadas para terrenos en pendiente (por ejemplo riego tecnificado). Dosificación del riego.

- Escarificado y aplicación de nueva capa de suelo de espesor adecuado. Readecuación y recuperación de suelos.
- Control de uso de agroquímicos.
- Reincorporación al suelo de nutrientes.
- Minimizar o excluir en lo posible las actividades cerca de las áreas ambientalmente sensibles.
- Traslado de individuos afectados a áreas de similares características de hábitat. Reintroducir la especie afectada en el mismo hábitat.
- Mantención de la conexión de las poblaciones mediante métodos naturales o artificiales (corredores ecológicos, by pass, etc.). Construir atravesos para animales. Mantención de los lugares de reproducción mediante métodos naturales o artificiales
- Incorporación de criterios de diseño que integren la obra y su entorno al paisaje existente. Implementar un Plan de Manejo Arqueológico. Evitar la intervención en sitios importantes, considerados de interés cultural o religioso

#### **5.4.2 Procedimientos para su Cuantificación**

Para cuantificar los efectos ambientales se recomienda que esas externalidades sean estimadas a partir de los costos en medidas de mitigación, compensación o de reparación, debiendo tenerse presente que en algunos casos los costos en que hay que incurrir para concretar dichas medidas pueden superar con creces el efecto económico que esa medida representa en la rentabilidad del proyecto global.

Los efectos ambientales que no se logren cuantificar o aquellos cuya estimación resulte excesivamente onerosa, deberán incluirse como intangibles en la evaluación global del proyecto, representando a su vez un criterio a considerar en la decisión de ejecutar o suspender el proyecto.

Además, cabe destacar que no todos los efectos ambientales pueden resultar en medidas negativas o representan un costo para el proyecto. En muchos casos existen beneficios en el mediano o largo plazo que pueden generar externalidades positivas para la sociedad. Por ejemplo, el saneamiento de un cauce contaminado del cual se obtiene agua de riego, puede lograr que en la zona se introduzcan especies de mayor rentabilidad cuyo cultivo, con anterioridad al saneamiento, estaban prohibidas. Este impacto es perfectamente cuantificable.

A continuación se entregan recomendaciones metodológicas sobre como evaluar las principales medidas ambientales de acuerdo con lo señalado en el punto anterior.

CUADRO 5.4.2-1  
RECOMENDACIONES PARA EVALUAR LAS MEDIDAS AMBIENTALES

MEDIDA AMBIENTAL	PROCEDIMIENTO RECOMENDADO
Protección de riberas, Mejoras en el cauce, Encauzamiento de las aguas, conducción, drenaje, ataguías, etc. Obras para corrección del eje hidráulico,	Son proyectos hidráulicos-geotécnicos cuantificables técnica y económicamente. La elaboración de estos proyectos dentro del contexto del proyecto principal proveerá de valores de flujos de caja así como inversión inicial que puede ser incluida en la evaluación del proyecto principal.
Reducción de los caudales de explotación del acuífero.	Indemnización a los afectados o entrega de agua para revertir la merma sufrida. Habría que considerar el costo de suministrar agua para compensar la reducción de los caudales de explotación, según los valores de mercado del agua o el costo de reemplazo con otra fuente de agua. Esto sólo es válido para el caso que no exista intervención de la DGA, ya sea para declarar área de restricción o de prohibición para el acuífero.
Recarga artificial del acuífero. Medidas para minimizar los efectos de subida de nivel (drenaje) o descenso (profundización de captaciones).	Sería el costo de las obras de recarga o de drenaje necesarias. El o los proyectos proveerán valores de flujos de caja así como de inversión inicial que pueden ser incluidos en la evaluación del proyecto principal. Para el caso de recarga artificial del acuífero hay que considerar que puede haber un efecto positivo dado por la posibilidad de solicitar nuevos derechos de agua subterránea con cargo al incremento en la recarga.
Ejecución de obras para minimizar corregir la dinámica del flujo subterráneo como barreras hidráulicas, pozos de inyección, etc.	Son proyectos cuantificables técnica y económicamente de igual forma que el caso anterior. También puede surgir la misma externalidad positiva del caso anterior.
Recuperación de hábitat afectados, Compensación económica a los afectados por degradación de la calidad del agua. Reducción de afluentes con carga orgánica.	Son medidas de más difícil evaluación. Una opción indirecta sería estimar cuanto cuesta eliminar la causa que está afectando al hábitat (por ejemplo, eliminar o tratar descargas). Otra alternativa sería intentar evaluar directamente los costos de recuperación del hábitat, tales como: compra y/o traslado de especies, adecuación del entorno para dichas especies, costos de control y recuperación in situ de dicha adecuación, etc.
Monitoreo de canales y cauces	El monitoreo de cauces y canales, según las normas vigentes, puede ser evaluado a partir de los costos de los análisis de laboratorio, transporté, honorarios, viáticos, etc.
Control de uso de agroquímicos	Todas estas medidas tienen costos asociados para su implementación y operación, que pueden ser calculados o estimados. Honorarios de los técnicos calificados para el control. Se recomienda la consulta previa en organismos relacionados, principalmente el SAG que llevaría actualmente controles de venta de agroquímicos en las regiones.
Plantaciones adecuadas para terrenos en pendiente (por ejemplo riego tecnificado). Dosificación del riego.	Esta dado por el costo de implementar y mantener un determinado método de riego adecuado para el caso en particular. Sólo en el caso que el proyecto en sí no lo requiera, es decir, que surja como medida ambiental exclusivamente.
Escarificado y aplicación de nueva capa de suelo de espesor adecuado. Readequación y recuperación de suelos.	Las medidas pueden ser difíciles de cuantificar, aunque se pueden estimar en la medida de lo posible. La aplicación de nueva capa de suelo y/o su recuperación es otro proyecto cuyos flujos se deben considerar en el proyecto principal.

CUADRO 5.4.2-1  
RECOMENDACIONES PARA EVALUAR LAS MEDIDAS AMBIENTALES

MEDIDA AMBIENTAL	PROCEDIMIENTO RECOMENDADO
Reincorporación al suelo de nutrientes.	Es el costo de emplear los productos correspondientes y la mano de obra necesaria.
Minimizar o excluir en lo posible las actividades cerca de las áreas ambientalmente sensibles.	Es el costo en que se debe incurrir en el proyecto para modificar, reducir o eliminar la acción que generaría el problema. Puede ser de difícil evaluación, aunque no imposible.
Traslado de individuos afectados a áreas de similares características de hábitat. Reintroducir la especie afectada en el mismo hábitat.	Medidas cuantificables asociados a transporte y adecuación de individuos en el medio, tales como: traslado de especies y costos para su obtención, adecuación del entorno para dichas especies, costos para el control inicial y recuperación in situ de dichas especies, etc.
Mantenimiento de la conexión de las poblaciones mediante métodos naturales o artificiales (corredores ecológicos, by pass, etc.). Implementar y construir ataviesos para animales. Mantenimiento de los lugares de reproducción mediante métodos naturales o artificiales	Sería el costo de las medidas materiales y operativas para permitir la circulación requerida. Incluyen la construcción de corredores, mantenimiento del hábitat, gastos operativos como insumos, sueldos, etc.
Incorporación de criterios de diseño que integren la obra y su entorno al paisaje existente. Realizar un Plan de Manejo Arqueológico. Evitar intervención en sitios importantes, considerados de interés cultural o religioso.	Serían los mayores costos en que se incurre en el proyecto para llevar a cabo dichas medidas. Evitar la intervención de ciertos sitios puede redundar en mayores costos para el proyecto.

## **6. APLICACIÓN A CASOS REALES: PROYECTO LLACA - LLACA**

### **6.1 Descripción del Proyecto**

Ubicado en la Comuna de Curepto, VII Región, este proyecto si bien beneficia a un reducido número de hectáreas (alrededor de 120 há, Volumen de embalse aproximadamente 1 millón de m<sup>3</sup>), su potencial y dinamismo ha superado todas las expectativas. Este embalse con una antigüedad inferior a los cinco años, beneficia en un 100% a pequeños agricultores y actualmente además de la intensificación y diversificación que ha tenido lugar en la zona, el 30% de su superficie se encuentra regada con métodos de riego presurizados.

El área regada actualmente por el Embalse Llaca–Llaca, se ubica en el Secano Costero. Originalmente, el área actualmente regada estaba dedicada al cultivo de legumbres, chacras y empastadas, las que se regaban por surcos y tendido, utilizando métodos de baja eficiencia, siendo abastecida directamente por los caudales de primavera del estero Llaca–Llaca, que sólo estaban disponibles hasta fines de Noviembre, dependiendo de la pluviometría del año. El agua era elevada con bombas desde el estero.

A mediados de 1996 se terminó la construcción del Embalse, subsidiada por la Ley 18.450, permitiendo el riego permanente de unas 100 há, que siguieron abasteciéndose con los mismos métodos, ya que el embalse entregaba los caudales regulados al cauce del estero, con la ventaja que ahora podían incorporar cultivos permanentes de mayor rentabilidad, como frutales, hortalizas y alfalfa. Posteriormente en 1999, también con subsidio de la Ley de Fomento al Riego y Drenaje, se construyó una red de tuberías que se inicia desde la obra de entrega del embalse, para permitir la entrega en la cabecera de cada predio, eliminando las pérdidas por conducción, con lo cual se pudo aumentar la superficie abastecida a unas 120 há. Además de esta ventaja, los regantes empezaron a recibir el agua en forma gravitacional, ahorrándose los costos de bombeo. A partir de ese año, los regantes han presentado individualmente a los concursos de la Ley 18.450, diversos proyectos para la tecnificación del regadío, con lo cual se podría incrementar significativamente la superficie regada.

A continuación se presenta un resumen de los resultados de la evaluación económica del proyecto, obtenidos a partir de la aplicación de la Propuesta Metodológica presentada en el Capítulo 5.

## 6.2 Evaluación Económica

Los efectos directos, costos y beneficios, se han determinado a través del Método del Presupuesto. Las externalidades, de acuerdo al análisis realizado como parte del estudio, en la generalidad de los proyectos de riego se reducen a 4, en términos de justificar su análisis más detallado para determinar si corresponde su valorización.

De acuerdo al análisis realizado y que se presenta en el texto del informe, en el proyecto Llaca-Llaca debe considerarse como una externalidad positiva el efecto que tiene el embalse sobre el control de crecidas.

El daño evitado, que es el beneficio del proyecto en control de crecidas, corresponde a la diferencia entre las situaciones con y sin proyecto, y es \$175.800. Este beneficio esperado debe considerarse para todos los años de funcionamiento del embalse.

En cuanto a efectos de impacto ambiental, no se han identificado en este proyecto efectos de este tipo que resulten relevantes.

### 6.2.1 Indicadores Económicos

Con la información de ingresos y egresos, además del beneficio asociado a la externalidad señalada, se ha establecido el flujo diferencial entre las 2 situaciones con el objeto de medir la rentabilidad del proyecto Llaca-Llaca.

El flujo de ingresos y egresos del proyecto se obtiene de restar los flujos de los efectos directos (situación con proyecto menos situación sin proyecto), y adicionar los beneficios correspondientes a las externalidades.

Los indicadores que resultan de la comparación son :

	<u>Precios de Mercado</u>	<u>Precios Sociales</u>
VAN (millones de pesos)	-331,37	-213,37
TIR (%)	6,73	7,92

De los resultados se aprecia que el proyecto no es rentable en términos privados ni sociales.

## 6.2.2 Análisis de Sensibilidad

Para establecer cómo se modifican los indicadores económicos ante variaciones de los parámetros más influyentes en la evaluación, se ha efectuado un análisis de sensibilidad en el que se considera una tasa de descuento de 8% y 7%, una variación en el valor de las obras de -10% y -20%, y un aumento en 5% en el precio de los frutales.

Los resultados que se obtiene son los siguientes:

	<u>Precios de Mercado</u>	<u>Precios Sociales</u>
- Tasa 8%		
VAN (millones \$)	-154,89	-10,25
TIR (%)	6,73	7,92
- Tasa 7%		
VAN (millones \$)	-36,48	125,09
TIR (%)	6,73	7,92
- Obras -10%		
VAN (millones \$)	-282,93	-167,36
TIR (%)	7,09	8,30
- Obras -20%		
VAN (millones \$)	-234,49	-121,35
TIR (%)	7,48	8,72
- Frutales + 5%		
VAN (millones \$)	-263,51	-210,29
TIR (%)	7,51	7,95

Las modificaciones efectuadas en los parámetros de interés van en el sentido de mejorar la rentabilidad del proyecto, ya que se ha disminuido la tasa de descuento y valor de las obras y se ha aumentado el precio de los productos de mayor margen. Sin embargo, los indicadores continúan siendo negativos.

## **7. APLICACIÓN A CASOS REALES: PROYECTO PENCAHUE**

### **7.1 Descripción del Proyecto**

Ubicado en la Comuna de Pencahue, VII Región, este proyecto se considera exitoso y de gran envergadura. Al respecto, en la actualidad la Dirección de Obras Hidráulicas ha desarrollado todo un programa de reforzamiento del riego, superándose todas las expectativas inicialmente planteadas por el proyecto.

El área regada actualmente por el canal Pencahue, se encuentra en el Secano Interior y originalmente estaba dedicada principalmente al cultivo de cereales de primavera y legumbres. Sólo en las zonas más húmedas, cercanas al estero Los Puercos y sus quebradas afluentes se cultivaba hortalizas para subsistencia y melones y sandías para comercializar. Existía una pequeña zona, abastecida por el Tranque predial Las Doscientas que tenía algunos cultivos de riego y también en el sector de Lo Figueroa se desarrollaba cultivos de riego abastecidos por norias. Para este último sector el impacto del riego ha sido el poder regar en forma gravitacional.

En las zonas cercanas al río Claro también se desarrollaban cultivos de riego con altos costos al tener que hacer anualmente grandes tacos en el río para llevar el agua hacia las bocatomas, que era el caso de los canales Rauquén y Corinto. También se realizaban elevaciones mecánicas de agua desde el río Claro en la zona actualmente abastecida por el canal matriz, como era el caso de los fundos Maitenhuapi, Bellavista y Las Tinajas, principalmente.

Con la llegada del riego, se produjo un cambio radical en los cultivos y en los métodos de aplicación del agua. El proyecto en completo desarrollo regará sobre 10.000 há, de las cuales, actualmente se abastecen alrededor de 8.000 há, mayoritariamente destinadas al cultivos de viñas finas y frutales, cultivos industriales y, en menor proporción, a hortalizas y empastadas. Un 62% de la superficie se riega con métodos tecnificados (37% goteo, 19% micro aspersion, 6% aspersion). Esto ha sido posible por la instalación de grandes empresas vitivinícolas como Concha y Toro y San Pedro, que cultivan importantes superficies y riegan sólo por goteo. El resto del riego tecnificado y semi tecnificado (californiano) se aplica a cultivos industriales y maíz semillero.

La gran mayoría de los cultivos que se desarrolla actualmente con riego, son de alta rentabilidad (vinos de exportación, tomate industrial, hortalizas para congelados) en contraste con la situación original, cuya producción llegaba a un reducido mercado local sirviendo escasamente para la subsistencia de los pequeños agricultores. Los fundos se mantenían básicamente por sus cultivos extensivos.

A continuación se presenta un resumen de los resultados de la evaluación económica del proyecto, obtenidos a partir de la aplicación de la Propuesta Metodológica presentada en el Capítulo 5.

## **7.2 Evaluación Económica**

Los efectos directos, costos y beneficios, se han determinado a través del Método del Presupuesto. Las externalidades, de acuerdo al análisis realizado como parte del estudio, en la generalidad de los proyectos de riego se reducen a 4, en términos de justificar su análisis más detallado para determinar si corresponde su valorización.

De acuerdo al análisis realizado y que se presenta en el texto del informe, no se han identificado externalidades asociadas al proyecto Pencahue. Tampoco se han identificado efectos de impacto ambiental que resulten relevantes.

### **7.2.1 Indicadores Económicos**

Como se ha señalado, en el proyecto no se han establecido externalidades, por lo que los efectos directos del proyecto corresponden también a los del proyecto global.

Con el flujo de ingresos menos egresos de la situación con proyecto y el margen neto de la situación sin proyecto (que corresponde al flujo de esta situación para todo el horizonte de la evaluación), es posible establecer el flujo diferencial entre ambos casos con el objeto de medir la rentabilidad del proyecto Pencahue.

Restando el flujo de la situación sin proyecto del flujo de ingresos y egresos de la situación con proyecto, se obtienen los ingresos y egresos de la situación diferencial, con los que se determinan los indicadores económicos VAN y TIR.

Los indicadores que resultan de la comparación son :

	<u>Precios de Mercado</u>	<u>Precios Sociales</u>
VAN (millones de pesos)	8.202,45	9.240,41
TIR (%)	12,09	14,62

De los resultados se aprecia que el proyecto es rentable en términos privados y sociales.

## 7.2.2 Análisis de Sensibilidad

Para establecer como se modifican los indicadores económicos ante variaciones de los parámetros más influyentes en la evaluación, se ha efectuado un análisis de sensibilidad en el que se modifica la tasa de descuento, se realiza una variación en el valor de las obras de +20%, y una caída en 15% en el precio de los frutales.

Los resultados que se obtiene son los siguientes:

	<u>Precios de Mercado</u>	<u>Precios Sociales</u>
- Tasa	11%	13%
VAN (millones \$)	3.844,60	5.165,60
TIR (%)	12,09	14,62
- Tasa	12%	14%
VAN (millones \$)	275,60	1.791,60
TIR (%)	12,09	14,62
- Obras +20%		
VAN (millones \$)	5.931,28	7.214,58
TIR (%)	11,42	13,93
- Frutales - 15%		
VAN (millones \$)	766,62	2.945,08
TIR (%)	10,31	12,99

Las modificaciones efectuadas en los parámetros de interés van en el sentido de definir éstos en condiciones más estrictas con respecto a la rentabilidad del proyecto, ya que se ha aumentado la tasa de descuento y el valor de las obras y se ha disminuido el precio de los productos de mayor margen. En todos los casos, los indicadores continúan siendo positivos.

## **8. APLICACIÓN A CASOS REALES: PROYECTO SANTA JUANA**

### **8.1 Descripción del Proyecto**

Ubicado en las Comunas de Vallenar y Huasco, III Región, este proyecto, si bien se puede considerar como un proyecto mayor, no ha sido exitoso. La principal dificultad que ha enfrentado es la baja intensificación de la puesta en riego, lo poco innovadores que son sus agricultores y el escaso apoyo técnico registrado en la zona.

Es necesario mencionar que en el estudio del volumen óptimo del embalse Santa Juana, se determinó que el embalse debía ser de 100 millones de m<sup>3</sup> de capacidad. Sin embargo, por consideraciones de tipo sociales y/o políticas, se decidió construir un embalse con un volumen de acumulación de 160 millones de m<sup>3</sup>. Cabe mencionar que esto incide directamente en la evaluación económica de la rentabilidad del embalse, puesto que al estar sobredimensionado los costos de inversión son mayores disminuyendo el beneficio neto, lo que disminuye la rentabilidad del proyecto.

Por otro lado, el Proyecto Embalse Santa Juana contemplaba originalmente la construcción del embalse y el mejoramiento e implementación de infraestructura adecuada para la distribución del agua almacenada. De esta forma se mejoraría el riego de aproximadamente 12.000 há ubicadas aguas abajo del embalse, en las secciones tercera y cuarta del río Huasco, y aumentaría la disponibilidad de recursos para el riego de la primera y segunda secciones, correspondientes a los valles de los ríos San Félix y El Tránsito, respectivamente.

El principal problema que se ha visto en el valle del río Huasco, es que la infraestructura de riego necesaria para la distribución del agua, que había sido contemplada en el proyecto original, no ha sido implementada en su totalidad y prácticamente, sólo ha habido mejoramientos de canales en la tercera sección, que corresponde a la de mejores condiciones de suelos, clima, etc.

En relación con esto, así como en la tercera sección se han ejecutado obras de mejoramiento; en la cuarta sección, correspondiente al sector bajo del Huasco, no se ha invertido en infraestructura, probablemente debido a las condiciones de clima y suelos existentes, que no resultan tan favorables en comparación con la tercera sección, puesto que por ejemplo respecto a la calidad de los suelos, en esta zona presentan una alta salinidad debido en gran medida a los problemas de drenaje existentes.

Además, se ha observado que los agricultores de la zona, que en su mayoría corresponden a pequeños agricultores que no pertenecen a ninguna organización, no se han mostrado muy abiertos a realizar cambios en los cultivos, ya sea por razones culturales o bien de tipo económicas, puesto que realizar cambios en la estructura de cultivos les significaría costos que para ellos pueden resultar elevados.

## 8.2.2 Indicadores Económicos

El flujo de ingresos y egresos del proyecto se obtiene restando, para los efectos directos, el flujo de la situación sin proyecto del flujo de ingresos y egresos de la situación con proyecto, adicionando además los beneficios correspondientes a las externalidades.

Los indicadores que resultan de la comparación son :

	<u>Precios de Mercado</u>	<u>Precios Sociales</u>
VAN (millones de pesos)	6.691,79	3.656,99
TIR (%)	11,36	12,84

De los resultados se aprecia que el proyecto es rentable en términos privados y sociales.

## 8.2.6 Análisis de Sensibilidad

Para establecer como se modifican los indicadores económicos ante variaciones de los parámetros más influyentes en la evaluación, se ha efectuado un análisis de sensibilidad en el que se modifica la tasa de descuento, se realiza una variación en el valor de las obras de +20%, y una caída en 15% en el precio de los frutales.

Los resultados que se obtiene son los siguientes:

	<u>Precios de Mercado</u>	<u>Precios Sociales</u>
- Tasa	11%	13%
VAN (millones \$)	1.596,25	-617,67
TIR (%)	11,36	12,84
- Tasa	12%	14%
VAN (millones \$)	-2.594,98	-4.164,17
TIR (%)	11,36	12,84
- Obras +20%		
VAN (millones \$)	1.304,88	-1.532,95
TIR (%)	10,24	11,68
- Frutales - 15%		
VAN (millones \$)	267,01	-1.173,93
TIR (%)	10,06	11,71

Otro problema que se observa en el valle del Huasco es la baja eficiencia de los métodos de riego utilizados, que por lo general corresponden a riego por surco o por tendido, existiendo en menor medida el riego por goteo y microaspersión. Aumentar la eficiencia de riego significaría invertir en maquinaria y tecnología, lo que para los pequeños agricultores a veces resulta inalcanzable.

Además de lo anterior, otro punto a considerar es el mercado al cual distribuir los productos del valle del Huasco. Si bien existen ciudades importantes relativamente próximas, como son La Serena y Copiapó, éstas son abastecidas principalmente con la producción propia, por lo que el mercado para el valle del Huasco queda limitado al propio valle y, eventualmente, a la exportación.

Finalmente, se debe mencionar que en la zona prácticamente no existe asistencia técnica, lo que se aprecia en casi todos los cultivos que se producen en el valle, con la excepción de la producción de uva de mesa y pisquera, que cuentan con organizaciones e infraestructura agroindustrial funcionando.

A continuación se presenta un resumen de los resultados de la evaluación económica del proyecto, obtenidos a partir de la aplicación de la Propuesta Metodológica presentada en el Capítulo 5.

## **8.2 Evaluación Económica**

Los efectos directos, costos y beneficios, se han determinado a través del Método del Presupuesto. Las externalidades, de acuerdo al análisis realizado como parte del estudio, en la generalidad de los proyectos de riego se reducen a 4, en términos de justificar su análisis más detallado para determinar si corresponde su valorización.

De acuerdo al análisis realizado y que se presenta en el texto del informe, las externalidades asociadas al proyecto Santa Juana corresponden a cambios en el costo generalizado de viajes y variaciones en el nivel freático del valle.

En cuanto a efectos de impacto ambiental, no se han identificado en este proyecto efectos de este tipo que resulten relevantes.

### **8.2.1 Externalidades**

Como se ha señalado, en el proyecto Santa Juana se producen variaciones en el costo generalizado de viajes, que en este caso corresponden a aumentos (externalidad negativa) y variaciones en el nivel freático, que en este caso corresponden a niveles más superficiales (externalidad positiva).

Las modificaciones efectuadas en los parámetros de interés van en el sentido de definir éstos en condiciones más estrictas con respecto a la rentabilidad del proyecto, ya que se ha aumentado la tasa de descuento y el valor de las obras y se ha disminuido el precio de los productos de mayor margen. Como era de esperar, cuando la tasa de descuento utilizada supera a la TIR, la rentabilidad del proyecto es negativa. En el caso del aumento del valor de las obras, la rentabilidad social del proyecto pasa a ser negativa, al igual que cuando se disminuye el precio de los frutales.

## 9. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

Habiéndose determinado en el capítulo anterior los indicadores económicos resultantes para los 3 casos analizados, se presenta a continuación una comparación de los valores obtenidos con respecto a los de las evaluaciones de los estudios originales, para verificar la consistencia de los análisis realizados en esta oportunidad e identificar las posibles causas que expliquen las discrepancias con los resultados de los estudios desarrollados en años anteriores.

### a) Proyecto Llaca-Llaca

Con respecto al embalse Llaca-Llaca, cabe mencionar que no se realizó un estudio de factibilidad para decidir su construcción, por lo que no hay datos para su comparación. Debe recalarse que el análisis efectuado en el marco del presente estudio refleja de la mejor forma posible la realidad actual del sector, lo que se logró como fruto de un exhaustivo trabajo realizado en terreno.

### b) Proyecto Penciahue

El proyecto Penciahue, que considera la construcción y operación de un sistema de canales en la comuna de Penciahue, VII Región, entrega las siguientes rentabilidades en el estudio original y en el presente trabajo.

	<u>Estudio Base</u>		<u>Estudio actual CNR</u>	
	<u>Precios de Mercado</u>	<u>Precios Sociales</u>	<u>Precios de Mercado</u>	<u>Precios Sociales</u>
VAN (millones \$)	1.030	---	8.203	9.240
TIR (%)	30,7	---	12,1	14,6

En el estudio original sólo se realizó una evaluación a precios de mercado, apreciándose que sus resultados, en cuanto a tasa interna de retorno, son muy superiores a los alcanzados en esta oportunidad. Los motivos que explicarían estas diferencias se presentan a continuación:

- Costo de las obras: en el estudio base el valor de las obras, en moneda de diciembre de 2003, es un 50% inferior al costo utilizado en el presente estudio.
- Estructura de cultivos: el estudio original consideró que un 50% de la superficie estaría destinada a praderas mixtas, a las que supuso rendimientos excesivos, con eficiencias de riego de alrededor de 50%.
- Modelo de simulación hidrológico: el estudio referencial no dispuso de esta herramienta, y los coeficientes de satisfacción de la demanda utilizados fueron prácticamente 1,0. Para este estudio se hizo uso de

un modelo hidrológico simplificado para la situación con proyecto, cuyo procesamiento arroja como resultados coeficientes de satisfacción de las demandas consistentemente inferiores a los “k” empleados en el estudio base.

- En el análisis realizado en el marco de este estudio se ha efectuado una representación del área del proyecto a través de la definición de 35 predios promedio, con lo que se ha logrado una mejor aproximación a la vocación agrícola del área mediante la reasignación de cultivos de acuerdo a los estratos de tamaño de los predios.

### c) Proyecto Santa Juana

El proyecto del embalse Santa Juana, que beneficia las comunas de Vallenar y Huasco en la III Región, entrega los siguientes resultados económicos para el proyecto base y este estudio:

	<u>Estudio Base</u>		<u>Estudio actual CNR</u>	
	<u>Precios de Mercado</u>	<u>Precios Sociales</u>	<u>Precios de Mercado</u>	<u>Precios Sociales</u>
VAN (millones \$)	-85	527	6.692	3.657
TIR (%)	9,75	11,76	11,36	12,84

De los resultados que se han obtenido para ambos estudios, se aprecia que los indicadores de rentabilidad (TIR) son bastante más parecidos en este caso que en el proyecto anterior. Sin embargo, la rentabilidad alcanzada en el presente estudio supera a la del proyecto original. Las causas que explicarían estas diferencias son las siguientes:

- Estructura de cultivos: si bien en este estudio se mantuvo los cultivos previstos en el estudio referencial, ellos se readecuaron de acuerdo a los estratos de tamaño de los 16 predios promedio que se han definido en esta oportunidad.
- Priorización de riego: el principal motivo que explica que en el presente estudio la rentabilidad supere la del estudio original, es que ahora, en el interior de cada predio promedio, se ha priorizado el uso del agua hacia los cultivos más rentables. Con esto se ha privilegiado la satisfacción de las demandas de los rubros frutícolas y viñas, la jojoba e higuera, y las chacras y hortalizas.

## 10. CONCLUSIONES DEL TRABAJO REALIZADO

Finalizado el estudio corresponde presentar las principales conclusiones que se derivan de él.

En primer término, es necesario recalcar que en la generalidad de los casos son los efectos directos de los proyectos de riego los más importantes en el resultado de su rentabilidad. Tanto los beneficios como los costos de estos proyectos son perfectamente cuantificables, recomendándose para la valorización de los beneficios el uso del método del presupuesto. Este procedimiento, a pesar de ser bastante laborioso y requerir de varios supuestos que aumentan la incertidumbre en los resultados esperados de la evaluación, permite estimar los beneficios del agua de riego que se genera con el proyecto a partir de los excedentes agrícolas producidos.

Sin embargo, ya que con el método del presupuesto sólo se establecen los efectos directos que los proyectos de riego provocan en su área de influencia, deben determinarse, por otras vías, las externalidades e impactos de tipo ambiental asociados a su materialización. Así, en este trabajo se han identificado una serie de efectos de este tipo, analizándose también su posible cuantificación.

Respecto a las externalidades analizadas, se ha logrado proponer procedimientos para valorizar el costo generalizado de viajes por la construcción o mejoramientos de caminos, los beneficios asociados al control de crecidas, cambios en el nivel freático aguas abajo del área de influencia del proyecto, y el costo de oportunidad del agua por su uso alternativo en otros sectores de la economía. La entrada en vigencia de los tratados de libre comercio reducirá cada vez mayormente las distorsiones aún presentes en la agricultura, con lo que los efectos directos secundarios serán cada vez menos relevantes no recomendándose, por tanto, distraer demasiados esfuerzos y recursos en su estimación.

En cuanto a los efectos de impacto ambiental, se ha identificado y seleccionado una serie de medidas ambientales que permiten indirectamente evaluar los efectos ambientales no considerados hasta hoy en las evaluaciones de proyectos, recomendándose la forma de estimar dichos costos y así internalizar esas externalidades ambientales en la evaluación económica.

Se recomienda utilizar la Guía Metodológica para la Evaluación de Proyectos de Riego, elaborada como parte de este trabajo, ya que en ella se entregan a modo de recomendación, los procedimientos a utilizar para cada etapa de dicho proceso.

Finalmente, cabe mencionar que las nuevas condiciones del entorno, que difieren de las existentes hasta hace poco, con la puesta en servicio de grandes obras concesionadas y la entrada en vigencia de los tratados de libre comercio, ameritan un replanteamiento del rol de los proyectos de riego, principalmente en los estratos de propietarios de predios más pequeños y de agricultura de subsistencia.