

Metodología para la Evaluación de Proyectos de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola



**GOBIERNO
FEDERAL**

SHCP



www.gobiernofederal.gov.mx
www.hacienda.gov.mx



Vivir Mejor

La presente metodología es un documento de carácter exclusivamente informativo y por lo tanto no sustituye ni supe las disposiciones y normas jurídicas que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público haya emitido o emita en cumplimiento de sus facultades legales o reglamentarias. Se autoriza la reproducción parcial o total de la presente obra siempre y cuando se cite la fuente de origen y la reproducción se efectúe sin fines de lucro.

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. OBJETIVO.....	3
1.3. RESUMEN DE LA METODOLOGÍA.....	4
1.3.1 <i>Oferta</i>	4
1.3.2 <i>Demanda</i>	4
1.3.3 <i>Interacción de la oferta- demanda y problemática</i>	5
2. TIPOS DE PROYECTOS DE INVERSIÓN.....	6
2.1 COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA.....	6
2.1.1 <i>Captación</i>	7
2.1.2 <i>Conducción</i>	8
2.1.3 <i>Distribución</i>	8
3. ANÁLISIS DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....	11
3.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	11
3.1.1 <i>Oferta</i>	11
3.1.2 <i>Demanda</i>	13
3.1.3 <i>Interacción de la oferta-demanda y problemática</i>	15
3.2 SITUACIÓN SIN PROYECTO.....	17
3.2.1 <i>Optimizaciones</i>	17
3.2.2 <i>Oferta</i>	18
3.2.3 <i>Demanda</i>	18
3.2.4 <i>Diagnóstico de la Interacción de la oferta-demanda con optimizaciones a lo largo del horizonte de evaluación</i>	18
3.2.5 <i>Alternativas de Solución</i>	20
3.3 SITUACIÓN CON PROYECTO.....	20
3.3.1 <i>Descripción del proyecto</i>	20
3.3.2 <i>Oferta</i>	22
3.3.3 <i>Demanda</i>	22
3.3.4 <i>Diagnóstico de la Interacción de la oferta y la demanda a lo largo del horizonte de evaluación</i>	22
3.4 EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....	24
3.4.1 <i>Identificación, cuantificación y valoración de costos</i>	24
3.4.2 <i>Identificación, cuantificación y valoración de beneficios</i>	27

3.4.3. Cálculo de los indicadores de rentabilidad	29
3.4.4. Análisis de sensibilidad	31
3.4.5. Análisis de riesgos	32
3.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32
4. ANEXOS.....	33
4.1 ANEXO A: DISEÑO DE LA PRESA	33
4.2 ANEXO B: CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO	34
4.3 ANEXO C: UN MÉTODO DE CUANTIFICACIÓN DEL VOLUMEN TOTAL DE AGUA REQUERIDO POR CULTIVO	37
4.4 ANEXO D: RESUMEN DE VARIABLES EMPLEADAS EN LA EVALUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA.....	40
5. GLOSARIO.....	41
5.1 ACRÓNIMOS	41
5.2 DEFINICIONES	41
6. BIBLIOGRAFÍA.....	46

1. Introducción

1.1. Antecedentes

La asignación de recursos a programas y proyectos de inversión por parte del Gobierno Federal es una tarea relevante, debido a que los recursos que se destinan para cubrir una necesidad identificada, conllevan un costo de oportunidad para la sociedad. Por lo tanto, con el objetivo de maximizar el beneficio social y reducir dicho costo, el Gobierno Federal ha diseñado metodologías específicas que coadyuvan a la eficiente asignación de los recursos públicos.

La Metodología de Evaluación de Proyectos de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola proporciona un marco conceptual específico para la evaluación de proyectos de inversión de este tipo. El contenido de ésta, se desprende de la “Metodología Global de las Etapas que Componen el Ciclo de Inversiones¹”, la cual facilita una perspectiva general del proceso de inversión pública en México.

Adicional a la presente metodología, existen otros dos documentos de apoyo para la evaluación de proyectos de construcción de infraestructura hidroagrícola. El primero es el Manual de Análisis Costo-Beneficio de Proyectos de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola², el cual muestra la aplicación de la metodología mediante un ejemplo ilustrativo. El segundo documento, denominado Guía de Evaluación de Proyectos de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola³ enlista los principales pasos para realizar la evaluación de este tipo de proyectos.

1.2. Objetivo

El objetivo de la presente metodología es explicar la manera en que las Entidades y Dependencias relacionadas con el sector deben elaborar la evaluación de proyectos de inversión de construcción de infraestructura hidroagrícola. Lo anterior con el fin de coadyuvar al proceso de evaluación y analizar la rentabilidad social del proyecto.

¹ Metodología Global de las Etapas que Componen el Ciclo de Inversiones, 2010

² Manual de Análisis Costo-Beneficio de Proyectos de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola, Ejemplo ilustrativo: “Construcción de la

² Manual de Análisis Costo-Beneficio de Proyectos de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola, Ejemplo ilustrativo: “Construcción de la presa Ojo de Agua”, 2010

³ Guía de Evaluación de Proyectos de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola, 2010

1.3. Resumen de la metodología

Los proyectos de construcción de infraestructura hidroagrícola tienen como objetivo satisfacer la demanda de agua para la producción agrícola considerando la extensión de tierra cultivable y los requerimientos de agua para riego según el tipo de cultivo.

En la presente metodología se describe el análisis que deberá realizarse para la evaluación de proyectos de infraestructura hidroagrícola. El análisis se presenta bajo tres escenarios: situación actual, situación sin proyecto y situación con proyecto. Para cada uno de estos escenarios, se evaluarán las variables que intervienen en la determinación de la oferta y la demanda en el área de influencia. Asimismo, se analizará cómo interactúan la oferta y la demanda, obteniendo como resultado de esta interacción, la identificación y descripción de la problemática a resolver.

1.3.1 Oferta

En el caso de los proyectos de construcción de infraestructura hidroagrícola, la oferta de agua para riego se compone del volumen de agua aprovechable, proveniente de las fuentes superficiales y subterráneas de la zona y de la infraestructura existente al momento del análisis.

Además del análisis de la oferta de agua para riego, se deben considerar las características físicas, geológicas y climáticas de la zona relevante, con el fin de contar con una visión de las condiciones que se enfrentan en el área de influencia del proyecto.

1.3.2 Demanda

La demanda de agua para riego se calcula como el volumen consumido para la producción de cultivos en la zona relevante, considerando las restricciones impuestas por la extensión de la superficie cultivable, el tipo de suelo, las características topográficas y las condiciones climatológicas.

Tanto en la oferta como en la demanda de agua para riego, las unidades de medida utilizadas para expresar el volumen podrán ser metros cúbicos (m^3) en un ciclo determinado.

Con el fin de determinar el volumen de agua demandado por los cultivos, el análisis de la demanda debe considerar los cultivos que se producen actualmente en la zona, las láminas de agua utilizadas por hectárea y el número de hectáreas cultivadas.

1.3.3 Interacción de la oferta- demanda y problemática

Una vez que se han determinado los volúmenes ofertados y demandados de agua para riego y se han analizado las características de la producción agrícola de la zona relevante, se debe realizar un análisis de su interacción en tres escenarios: situación actual, situación sin proyecto y situación con proyecto.

A partir de dicho análisis, se debe determinar la existencia de oportunidades de incremento del excedente social agrícola. En tal caso, se debe determinar el requerimiento de agua adicional que permita obtener dicho incremento, ya sea a través de la extensión de la superficie cultivada o sembrada, el incremento en el rendimiento de la producción o por cambio de cultivos.

En el análisis de la situación sin proyecto, se deben considerar las optimizaciones que permitan obtener un mayor excedente agrícola social, ya sea a través del incremento de la oferta de agua o de la mejora de alguno de los insumos utilizados.

El siguiente paso en la elaboración del análisis costo-beneficio, consiste en la identificación, cuantificación y valoración de los costos y beneficios, relacionados con la ejecución del proyecto, que se utilizarán para el cálculo de los indicadores de rentabilidad.

Particularmente, los costos y beneficios asociados a los proyectos de construcción de infraestructura hidroagrícola son:

a. Costos

- Costos de inversión
- Costos de operación y mantenimiento
- Costo de oportunidad del agua
- Costo por molestia

b. Beneficios

- Incremento en el excedente social agrícola
- Valor residual de la infraestructura

Cabe recalcar, que el análisis costo-beneficio elaborado para este tipo de proyectos se desarrollará específicamente a nivel de la zona relevante, entendiéndose ésta como el área delimitada por la problemática identificada, susceptible a ser resuelta mediante un proyecto de construcción de infraestructura hidroagrícola. Asimismo, el proyecto evaluado debe estar alineado a los objetivos y pronósticos de desarrollo nacional, incluidos en los documentos de planeación del Sector Agrícola.

2. Tipos de proyectos de inversión

Los proyectos de infraestructura hidroagrícola se clasifican en: construcción, ampliación, mantenimiento y rehabilitación. La presente metodología se refiere únicamente a aquellos proyectos cuya finalidad es la construcción de infraestructura hidroagrícola.

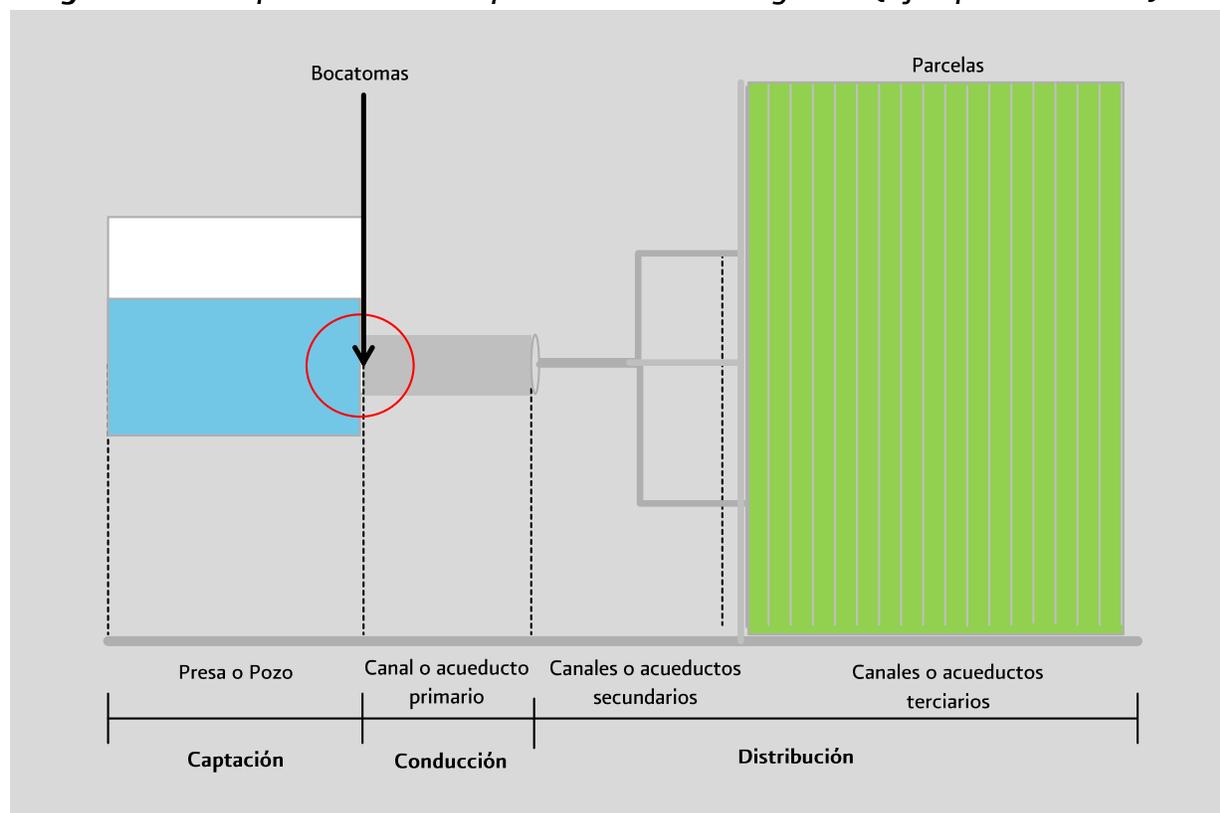
Los proyectos descritos en la presente metodología pueden consistir en la construcción de un sistema hidroagrícola o únicamente de alguno de sus componentes.

Los componentes de la infraestructura hidroagrícola se dividen en: captación, conducción y distribución. Con el fin de presentar de manera integral los métodos utilizados para la evaluación de dichos proyectos, en el presente documento se abarcarán los tres componentes mencionados anteriormente.

2.1 Componentes de la infraestructura hidroagrícola

En el siguiente diagrama se muestra gráficamente un ejemplo particular de los componentes de la infraestructura hidroagrícola.

Diagrama 1 Componentes de la Infraestructura Hidroagrícola (Ejemplo Ilustrativo)

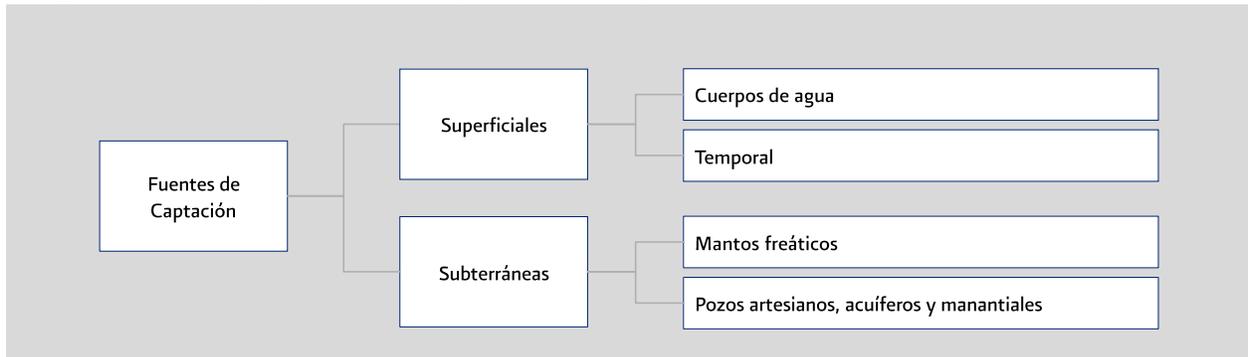


Fuente: Elaboración propia

2.1.1 Captación

Se compone de la infraestructura destinada a almacenar el agua proveniente de fuentes superficiales o subterráneas que se conducen al canal primario, a través de una obra de toma, para su aplicación al riego de cultivos.

Diagrama 2 Clasificación de las fuentes de captación



Fuente: Elaboración Propia

a. Fuentes superficiales

Es el agua que corre por canales naturales y desemboca en ríos, lagos y océanos. Algunos criterios que se deben considerar para la selección del método de captación de agua proveniente de fuentes superficiales son:

- Demanda de agua
- Pendiente del terreno
- Características del suelo (Ver anexo B)
- Costos asociados a la construcción de infraestructura hidroagrícola
- Volumen, intensidad y distribución estacional de las lluvias

b. Fuentes subterráneas

Es el agua que se infiltra en el suelo y queda fuera del alcance de los cultivos. El agua subterránea se incrementa con los embalses y estanques. La cantidad y velocidad de infiltración puede variar dependiendo del tipo de suelo y de su contenido de humedad.

Algunos aspectos que se deben considerar para determinar la ubicación y el diseño de las obras de captación son:

- Características fluviales del cuerpo de agua
- Aspectos geológicos
- Ancho de cauce y pendiente longitudinal
- Condiciones topográficas de la zona
- Caudales máximos, mínimos y extraordinarios

- Cantidad de agua para captarse (Volumen del acuífero)

2.1.2 Conducción

Consiste en la infraestructura necesaria para transportar el agua desde el lugar en donde se capta, hasta los puntos de distribución. El principal componente de la infraestructura de conducción son los canales y acueductos primarios.

Los principales tipos de infraestructura de conducción son:

- a. Canal de tierra

Construcción de tierra, sin recubrimiento, utilizada para la conducción del agua para riego.

- b. Canales recubiertos

Se trata de infraestructura cuyo propósito es disminuir la pérdida de agua ocasionada por la filtración y coadyuvar a la conducción eficiente del agua para riego. El material utilizado para el recubrimiento de este tipo de infraestructura, debe cumplir con las especificaciones de la normatividad vigente⁴.

2.1.3 Distribución

Se compone del conjunto de canales y acueductos cuya finalidad es distribuir el agua hacia las parcelas y en su interior. En el caso de la infraestructura de distribución, los principales componentes son: canales y acueductos secundarios y terciarios.

Los sistemas de riego más comunes son:

- a. Riego por gravedad

Se refiere a la aplicación del agua directamente al suelo, utilizando como energía movilizadora la gravedad.

- Ventajas respecto a otros sistemas de riego:
 - Bajo costo de inversión de la infraestructura de riego.
 - Bajo costo de mantenimiento.
- Desventajas respecto a otros sistemas de riego:
 - Requiere del uso excesivo de agua debido a que su eficiencia oscila entre 35% y 55%⁵.

⁴ La Normatividad Vigente se refiere, a toda aquellas normas aplicables ya sean ambientales, legales, etc. dependiendo del tipo de proyecto a realizar.

⁵ Consejos de Cuenca de la CONAGUA, Curso "Aqua", 2006

- Resulta difícil dosificar la cantidad de agua requerida por cada tipo de cultivo.
- Requiere de mayor infraestructura de captación, para cubrir el requerimiento de agua de los cultivos.

b. Riego por goteo

Es un método de irrigación que se utiliza principalmente para hortalizas, vid y frutales. Este sistema permite aplicar agua filtrada y fertilizantes directamente sobre el sistema radical de cultivo, el recurso es conducido a presión por tuberías y mangueras de riego a lo largo de las parcelas.

- Ventajas respecto a otros sistemas de riego:
 - Se aplica directamente a la raíz de la planta, por lo que tiene un nivel de eficiencia mayor que otros métodos de riego.
 - Se puede realizar de forma automática a través de sensores de humedad.
 - Su eficiencia se encuentra entre 90% y 95%, por lo anterior se considera la más “alta” entre los diferentes sistemas de riego⁶.
- Desventajas respecto a otros sistemas de riego:
 - El monto de inversión inicial es elevado y requiere de la reposición periódica de materiales.
 - Se requiere de mano de obra especializada para operar el sistema de riego.

c. Riego por aspersión

Consiste en la distribución de agua mediante tuberías a presión y su aplicación con aspersores en forma de lluvia. Este método es utilizado en diferentes tipos de cultivos como: hortalizas, cereales, pastos y riegos complementarios.

- Ventajas respecto a otros sistemas de riego:
 - Es posible regular la cantidad de agua utilizada, incluso en superficies irregulares.
 - Tiene un requerimiento de mano de obra bajo en relación con otros sistemas.

⁶Universidad de Talca, Facultad de Ingeniería, Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado. 2001

- La eficiencia en el uso del agua de este sistema es de 80%⁷, debido a su uniformidad en su penetración en el perfil del suelo.
- Desventajas respecto a otros sistemas de riego:
 - En áreas con vientos fuertes, no es posible aplicar el agua de forma uniforme y se incrementan las pérdidas por evaporación.
 - Requiere de una mayor inversión inicial y tiene elevados costos de mantenimiento.

d. Riego por micro-aspersión

Este tipo de riego es similar al riego por aspersores, pero a una escala menor. Consiste en la aplicación del agua de riego a través de emisores individuales o grupales que atomizan el agua y cubren zonas pequeñas. Este método es utilizado principalmente para frutales y vid.

- Ventajas respecto a otros sistemas de riego:
 - Pueden ser aplicados fertilizantes y pesticidas en los volúmenes de riego.
 - Requiere una menor presión de agua en comparación con el riego por aspersión.
 - La eficiencia es de 85% debido a que el agua se aplica en forma localizada sobre la zona radical del cultivo⁸.
- Desventajas respecto a otros sistemas de riego:
 - Requiere que el emisor se encuentre siempre en posición vertical y son dañados frecuentemente por los animales.
 - Es aproximadamente 25% más caro que el riego por goteo⁹.

La selección del tipo de infraestructura hidroagrícola debe justificarse dentro del análisis, considerando los factores de eficiencia de cada uno de sus componentes. Dichos factores se definen como el nivel de aprovechamiento del agua en cada uno de los componentes de la infraestructura y varían dependiendo de la modalidad de riego.

En caso de que el proyecto proponga un cambio de sistema de riego, se debe enlistar el equipamiento necesario y determinar el incremento esperado en la eficiencia de la utilización del agua.

⁷ Universidad de Talca, Facultad de Ingeniería, Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado. 2001

⁸ Universidad de Talca, Facultad de Ingeniería, Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado. 2001

⁹ Consejos de Cuenca de la CONAGUA, Curso "Aqua", 2006

3. Análisis del proyecto de inversión

En la presente sección se describen los principales componentes de la oferta, la demanda y su interacción bajo tres escenarios: situación actual, situación sin proyecto con la inclusión de optimizaciones y situación con proyecto. Lo anterior, con la finalidad de detectar la problemática en el área de influencia del proyecto y evaluar la rentabilidad socioeconómica de llevar a cabo la construcción de infraestructura hidroagrícola.

3.1 Situación actual

El estudio de la situación actual comprende el cálculo de la oferta y la demanda de agua para riego, así como el análisis de su interacción con referencia en las características físicas y la producción agrícola de la zona relevante. El análisis debe recoger la información existente al momento de realizar el estudio, así como una revisión histórica de los factores a analizar, que incluya por lo menos diez años anteriores.

En esta sección debe incluirse una descripción del trabajo de campo realizado para determinar las características de los componentes de la oferta y la demanda, así como las fuentes utilizadas para cada una de las variables utilizadas en su estudio.

A continuación se describe con mayor detalle la oferta y la demanda de agua para riego y productos agrícolas, así como su interacción en la situación actual.

3.1.1. Oferta

La oferta de agua para riego en la situación actual se refiere al volumen mensual de agua aprovechable por los productores agrícolas, proveniente de fuentes superficiales y subterráneas y de la infraestructura existente en la zona relevante.

Los principales aspectos que deben tomarse en cuenta para la medición de la oferta actual de agua para riego son:

a. Fuentes disponibles de agua para riego

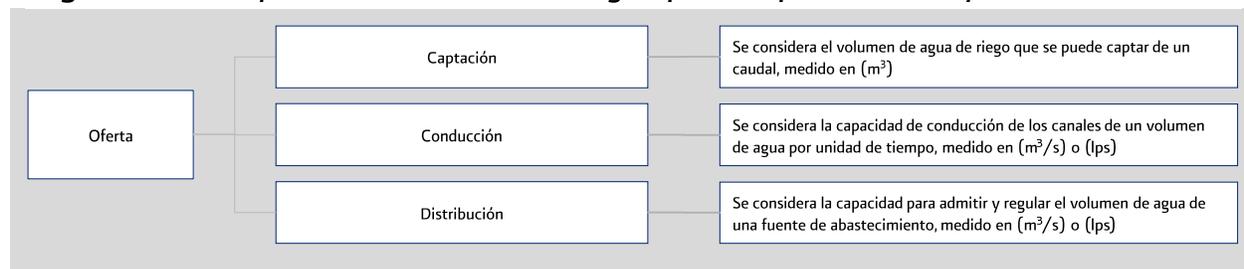
El volumen mensual de agua disponible se debe calcular con base en el dato de precipitación¹⁰ media mensual para la zona relevante, publicado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

¹⁰ La precipitación se refiere al volumen de agua que cae del cielo directamente en la zona relevante.

En caso de que el área de influencia del proyecto contara con infraestructura hidroagrícola previamente construida, la medición de la oferta de agua para riego debe tomar en cuenta la capacidad de almacenamiento y distribución de sus componentes.

En el siguiente diagrama se muestra la clasificación del volumen de agua para riego, según el componente de infraestructura analizado.

Diagrama 3 Clasificación del volumen de agua por componente de infraestructura



Fuente: Elaboración propia

b. Eficiencia técnica de los mecanismos de provisión utilizados

En caso de que se cuente con infraestructura hidroagrícola preexistente, se debe considerar la eficiencia técnica de cada uno de sus componentes para la captación, conducción y distribución del agua para riego. La existencia de bajos niveles de eficiencia en la conducción o distribución del recurso, podrían generar restricciones importantes en la oferta actual del recurso.

Las eficiencias técnicas de los componentes de la infraestructura hidroagrícola son:

- **Eficiencia de conducción:** es la relación entre el volumen de agua para riego que recibe el sistema de distribución al inicio de la misma y el volumen que se deriva de la fuente de abastecimiento.
- **Eficiencia de distribución:** es el volumen de agua que se deriva para riego, como proporción del agua entregada por el sistema de conducción.
- **Eficiencia de aplicación:** es la relación entre el volumen de agua almacenado en la zona de exploración de las raíces de las plantas y el volumen de agua recibido en la parcela.
- **Eficiencia Global:** es el volumen de agua que se deriva para riego, como proporción del agua captada.

c. Estacionalidad del temporal

Debido a que el volumen de agua obtenido de las lluvias no es homogéneo a lo largo del año, es necesario considerar la oferta de agua para riego de forma mensual. Lo anterior, con el fin de no subestimar la escasez de agua para riego que se presenta en la temporada de secas, al considerar el promedio anual.

d. Calidad del agua para riego

La calidad del agua utilizada para riego tiene efectos importantes sobre la producción agrícola, en el corto plazo determina la calidad de la producción de cada tipo de cultivo en particular y en el largo plazo tiene influencia sobre las propiedades del suelo. Por ello, sólo se debe considerar dentro de la oferta el volumen de agua que cumpla con las especificaciones de calidad necesarias para la producción de los cultivos.

En general, los criterios utilizados para la clasificación de la calidad del agua son: salinidad, sodicidad, toxicidad y agentes patógenos.

e. Volúmenes máximos de explotación

En ocasiones la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), impone restricciones sobre los volúmenes máximos de explotación de ciertas fuentes de agua. Dichas restricciones deben considerarse en el análisis de la oferta actual de agua.

3.1.2. Demanda

La demanda de agua para riego en la situación actual está determinada por el volumen de agua requerido por los cultivos producidos en el área de influencia del proyecto.

Además, la demanda de agua para riego depende también de la extensión y las características de la tierra disponible. Por ello, como parte del análisis deberán tomarse en cuenta los siguientes factores:

a. Superficie total

Se refiere a la extensión total de tierra en la zona relevante, medida en hectáreas considerando los respectivos ciclos de cultivo.

b. Superficie cultivable no sembrada

Es la cantidad de hectáreas susceptibles de ser cultivadas de acuerdo con las características físicas, geológicas y climatológicas de la zona relevante.

c. Superficie sembrada

Es el número de hectáreas cultivadas bajo las condiciones actuales, dentro del área de influencia del proyecto.

d. Ciclos de cultivo

Se refiere a los periodos de desarrollo, desde la siembra hasta la cosecha, de los cultivos anuales. Existen dos ciclos de cultivo al año: primavera-verano, comprendido entre los meses de marzo y septiembre; y otoño-invierno, que comprende los meses entre octubre y marzo.

e. Tipo de cultivo

Se refiere a las características de los productos agrícolas cultivados en la zona relevante. Los tipos de cultivo se clasifican de la siguiente forma:

- **Cultivos por ciclo:** especies vegetales cuyo periodo de desarrollo, desde la siembra hasta la cosecha, es menor o igual a un año. Se incluyen los cultivos de manejo anual, cuya producción de semilla requiere más de un año como por ejemplo: ajo, acelga, cebolla, etc. Los cultivos anuales se clasifican en primavera-verano u otoño-invierno, dependiendo la fecha de siembra.¹¹
- **Cultivos de temporal:** son aquellos cultivos que dependen de la precipitación pluvial¹².
- **Cultivos perennes:** "Cultivos cuyo ciclo de maduración es mayor a un año."¹³.

f. Patrones de cultivo

Cantidad de hectáreas destinadas a la producción de cada tipo de cultivo en cada ciclo.

¹¹ Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y Alimentación, (FAO)

¹² Síntesis Metodológica del VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, 2007 (SECURED)

¹³ Glosario integrado para las Estadísticas del Agua en México edición, 2008

g. Rendimientos de la tierra

Número de toneladas producidas por cultivo, entre el número de hectáreas destinadas a su producción.

h. Lámina de agua consumida por cultivo

Se refiere al volumen promedio de agua consumido actualmente por cada tipo de cultivo, medido en m³.

La información para el análisis debe obtenerse de los Distritos de Riego o del Distrito de Desarrollo Rural que corresponda a la zona del estudio y debe comprender el año en el que se realiza el estudio, así como los diez años anteriores considerados para el análisis de la oferta.

3.1.3. Interacción de la oferta-demanda y problemática

El objetivo central del análisis de la interacción de la oferta y la demanda en la situación actual, es determinar la existencia de oportunidades de incrementar el excedente social agrícola dentro del área de influencia del proyecto, relacionadas con el incremento y la estabilización de la oferta de agua a lo largo del año.

El excedente social agrícola se calcula a partir de la utilidad de los productores agrícolas, utilizando la siguiente expresión:

$VPA = \sum_{i=1}^n Q_i * PMR_i$	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El Valor de la Producción Aplicable es la sumatoria de las toneladas producidas de cada cultivo, multiplicadas por su Precio Medio Rural.
$CTP = \sum_{i=1}^n has_i * C_i$	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El Costo Total de la Producción es la sumatoria de las hectáreas producidas de cada cultivo, multiplicadas por su costo de producción.
$ESA = VPA - CTP = \sum_{i=1}^n (Q_i * PMR_i) - (has_i * C_i)$	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El Excedente Social Agrícola es igual a la diferencia del Valor de la Producción Aplicable el Costo Total de la Producción.

En donde:

- Q_i es la cantidad de producción medida en toneladas del producto i
- PMR_i es el Precio Medio Rural¹⁴ por tonelada del producto i

¹⁴ El Precio Medio Rural (PMR) se refiere al precio promedio de comercialización de un producto en la zona de cultivo sin subsidios e impuestos.

Análisis del proyecto de inversión

- *has* se refiere a las hectáreas producidas por cultivo
- C_i es el costo de producción por hectárea del producto ¹⁵
- *VPA* es el Valor de la Producción Aplicable
- *CTP* es el Costo Total de la Producción
- *ESA* es el Excedente Social Agrícola
- *n* es el número de tipos de cultivo

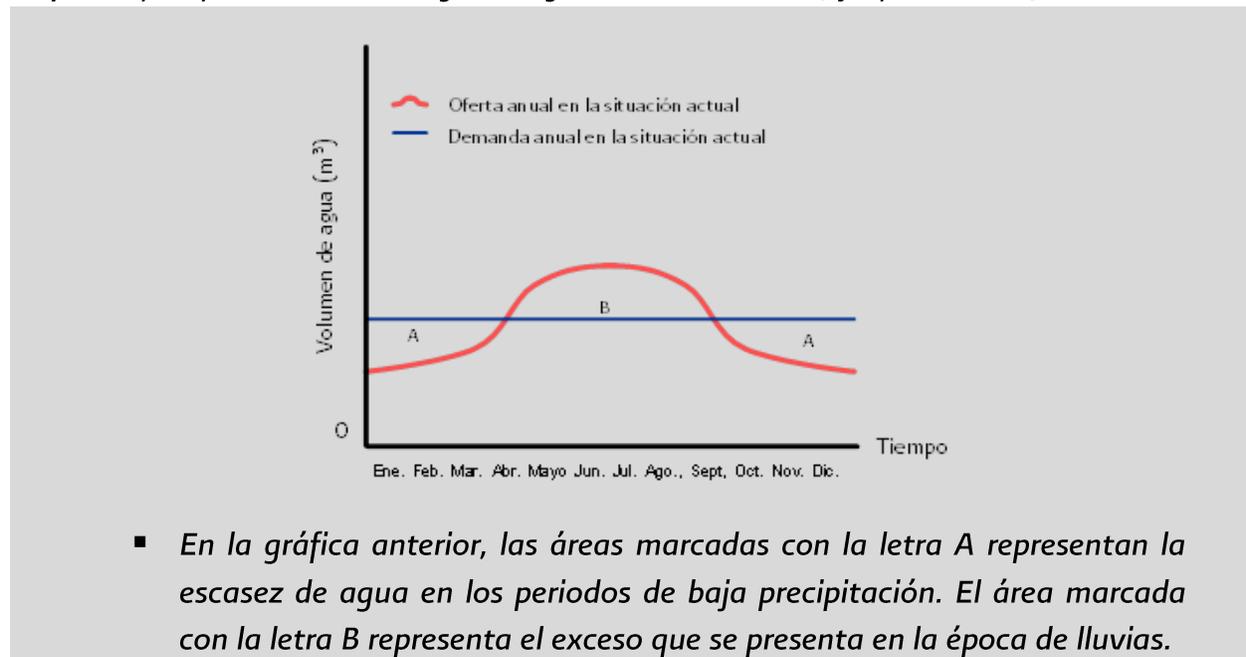
Además de los aspectos determinantes de la oferta y la demanda de agua para riego, el análisis de su interacción debe considerar factores como las posibilidades de comercialización de los cultivos y el costo de oportunidad de los usos actuales de las hectáreas complementarias.

Asimismo, se debe llevar a cabo un comparativo de los rendimientos de los productos cultivados bajo las condiciones actuales, con los rendimientos promedio de los mismos productos en otras zonas de cultivo.

Lo anterior, con el fin de no atribuir a la oferta de agua incrementos del excedente social agrícola, no realizables o relacionados con otros factores.

En la siguiente gráfica se ejemplifica la interacción de la oferta y la demanda de agua en la situación actual, para la zona de influencia.

Gráfica 1 Oferta y demanda anual de agua de riego en la situación actual (Ejemplo Ilustrativo)



¹⁵ La evaluación deberá contener un anexo en el que se detalle el desglose de los costos que componen el costo de producción.

- *En este sentido, las variaciones en la oferta de agua disminuyen el excedente social agrícola.*

Fuente: Elaboración propia

El resultado del análisis de la interacción entre la oferta y la demanda en la situación actual, debe arrojar la posibilidad de incrementar el excedente social agrícola a través de la disminución de la brecha existente entre el volumen disponible y el volumen demandado de agua de riego en cada periodo de tiempo.

3.2 Situación sin proyecto

El cálculo de la oferta, la demanda y su interacción en la situación sin proyecto, se asemeja a los descritos en la situación actual. Sin embargo, existen dos diferencias fundamentales:

- Se deben considerar las optimizaciones posibles, que consisten en medidas administrativas o pequeñas inversiones que permitan incrementar la producción o lograr la sustitución de cultivos.
- La demanda de agua debe proyectarse a lo largo del horizonte de evaluación, tomando como referencia la situación futura de los factores que la determinan.

3.2.1. Optimizaciones

Las optimizaciones consideradas dentro del análisis de la situación sin proyecto deben ser medidas que permitan obtener un mayor excedente social agrícola, ya sea a través del incremento de la oferta de agua o de la mejora de alguno de los insumos utilizados.

El objetivo de incluir dichas medidas dentro del análisis es estimar los beneficios realizables sin la necesidad de ejecutar un Proyecto de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola. Algunas de las optimizaciones realizables son:

- Instaurar medidas que permitan mejorar la eficiencia de la infraestructura existente
- Mejorar la calidad de las semillas utilizadas para el cultivo
- Mejorar la calidad de los fertilizantes utilizados
- Mejorar el proceso de comercialización
- Sustitución de cultivos
- Cambio en el uso de la tierra productiva
- Proyecto de riego menor

En relación con lo anterior y para fines de la evaluación, la situación optimizada es la situación sin proyecto.

3.2.2. Oferta

La oferta de la situación sin proyecto se determina de la misma forma que en la situación actual, considerando las optimizaciones aplicables a la zona relevante para cada año del horizonte de evaluación.

3.2.3. Demanda

En el caso de la situación sin proyecto, la demanda de agua para riego depende de las características físicas y climáticas de la zona relevante, así como de las características del mercado de productos agrícolas. Por ello, su estimación debe considerar un análisis de las oportunidades de comercialización de productos agrícolas que se cultivan en la zona relevante, además del comportamiento de aquellos que podrían ser producidos con la inclusión de las optimizaciones correspondientes. Dicho análisis debe basarse en información histórica disponible en fuentes oficiales, tales como el Distrito de Riego, SIAP, SAGARPA, etc.

De este modo, la demanda en la situación sin proyecto se calcula como el volumen de agua requerido por el patrón de cultivo proyectado para la zona relevante, considerando la inclusión de las optimizaciones correspondientes.

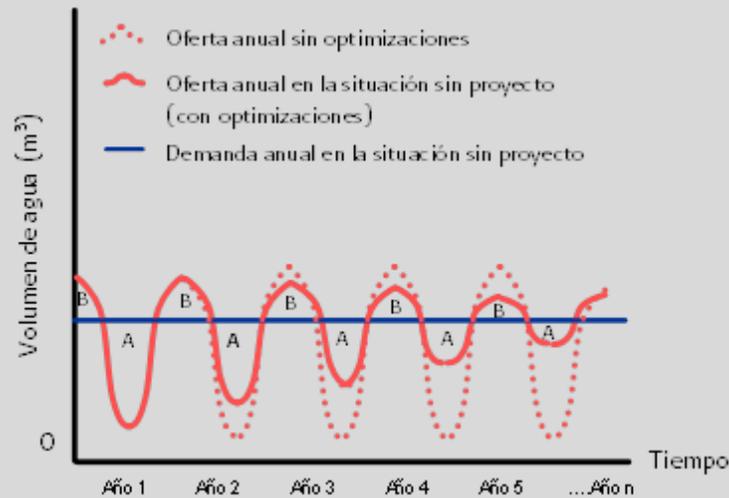
La determinación del patrón de cultivo y los rendimientos utilizados para el estudio de la situación sin proyecto, deben ser consistentes con las condiciones actuales de la zona relevante. De este modo, las cantidades y tipo de cultivo, deberán guardar relación con las características físicas, geológicas y climatológicas del área de influencia del proyecto.

3.2.4. Diagnóstico de la Interacción de la oferta-demanda con optimizaciones a lo largo del horizonte de evaluación

El objetivo principal del análisis de interacción de la oferta y la demanda en la situación sin proyecto, es determinar las variaciones en el balance hídrico a lo largo del horizonte de evaluación, considerando la implementación de las optimizaciones aplicables y el comportamiento de los cultivos en la zona relevante.

De este modo, la interacción de la oferta y la demanda en la situación sin proyecto debe reflejar el incremento en el excedente social agrícola, como resultado de la implementación de optimizaciones en la zona relevante. Dicha situación, se representa igual que la interacción en la situación actual, proyectando las variables necesarias para determinar el comportamiento del balance hídrico y considerando las optimizaciones correspondientes.

Gráfica 2 Oferta y demanda anual de agua de riego en la situación sin proyecto (Ejemplo Ilustrativo)



- Al igual que en la gráfica de la situación actual, las áreas marcadas con la letra A representan la escasez de agua en los periodos de secas, mientras que la letra B representa el exceso de agua generado por la estacionalidad de la oferta.
- La línea punteada muestra el escenario que se presentaría con la ausencia de optimizaciones.
- La reducción gradual del año 1 al año 3 en las áreas de escasez de la situación sin proyecto, muestra el impacto de las optimizaciones en la oferta de agua.
- Dicha reducción de las brechas entre la demanda y la oferta generan un incremento en el excedente social agrícola como resultado de la posibilidad de aumentar la producción o sustituir cultivos.

Fuente: Elaboración propia

El resultado del análisis de la interacción entre la oferta y la demanda en la situación sin proyecto, debe mostrar la variación en las brechas entre el volumen disponible y el volumen demandado de agua de riego en cada periodo y el cálculo del incremento en el excedente social agrícola derivado de la implementación de las optimizaciones.

3.2.5. Alternativas de Solución

Se deberán describir las dos mejores alternativas de solución consideradas para atender la problemática identificada, así como los criterios utilizados para seleccionar la mejor. Se incluirán las características de cada una, la vida útil de cada alternativa seleccionada y se expondrán las razones por las que se eligió el proyecto.

3.3 Situación con proyecto

La situación con proyecto comprende la evaluación de la oferta y la demanda de agua para riego y su interacción a través del horizonte de evaluación. A diferencia de la situación sin proyecto, en este escenario se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La oferta en la situación con proyecto incluirá la capacidad adicional como consecuencia de la construcción de infraestructura hidroagrícola en la zona relevante. Por ello, este escenario debe incluir una sección descriptiva del proyecto de inversión propuesto.
- Para el cálculo de la demanda de agua para riego, se tiene que considerar los requerimientos de agua para riego con base en la cantidad y combinación potencial de cultivos, que contribuya a incrementar el excedente social agrícola del área de influencia del proyecto.

3.3.1. Descripción del proyecto

Dentro del análisis costo-beneficio se detallan las características del Proyecto de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola propuesto. La descripción del proyecto debe incluir los siguientes apartados:

a. Descripción general

Detallar las características físicas y la forma de operar de los componentes que resultarían de la ejecución del proyecto.

b. Localización geográfica

Describir la ubicación geográfica dónde se desarrollará el proyecto, así como su zona de influencia. Asimismo, deberá utilizarse un croquis y un diagrama para señalar su ubicación exacta.

En esta sección es necesario incluir una breve descripción de los estudios topográficos y geológicos, las prospecciones sísmicas y los sondeos realizados, así como referenciar los

dictámenes que determinan la ubicación de cada componente de la infraestructura construida.

c. Calendario de actividades

Debe incluir la programación de las principales actividades que serían necesarias para generar y operar los componentes del proyecto de inversión.

El calendario de actividades debe especificar el tiempo de llenado de la presa, el cual deberá justificarse dentro de la descripción del proyecto.

d. Monto total de inversión del programa o proyecto

Se deben considerar los recursos totales sin importar la fuente de financiamiento: para efectos de presupuestación se incluyen los impuestos y para efectos de la evaluación no se tomarán en cuenta.

e. Fuentes de financiamiento

En esta sección, deben detallarse todas las fuentes de financiamiento del proyecto de inversión, así como el porcentaje con el cual participará cada una de ellas. Para realizar lo anterior, debe especificarse si los recursos son federales, estatales, municipales, fideicomisos o privados.

f. Vida útil del programa o proyecto de inversión

Debe calcularse como el tiempo de operación del proyecto expresado en años, con base en el horizonte de evaluación del PPI.

g. Descripción de los aspectos más relevantes de los estudios utilizados

Debe incluir los estudios técnicos, legales, ambientales, de mercado y específicos realizados. Los aspectos a considerar deben ser aquellos que tienen un impacto significativo en el resultado del proyecto de inversión.

h. Identificación de los principales agentes económicos involucrados

En esta sección deben listarse los principales actores que participan o son impactados de alguna forma por la ejecución y operación del proyecto de inversión.

3.3.2. Oferta

Para el análisis de la situación con proyecto, la oferta se determina como el volumen de agua para riego aprovechable por los productores agrícolas, proveniente de las fuentes superficiales y subterráneas, la infraestructura existente y el volumen adicional disponible como resultado de la ejecución del proyecto.

Bajo estas consideraciones, el cálculo de la oferta en la situación con proyecto se realiza aplicando el mismo ejercicio que en la situación actual para cada año del horizonte de evaluación.

3.3.3. Demanda

Al igual que en el caso anterior, la demanda de la situación con proyecto, consiste en el volumen de agua que sería necesario para cubrir los requerimientos del patrón de cultivo proyectado para la zona relevante. En este caso, la proyección debe considerar la elección de la cantidad y tipo de cultivo que resultaría de la construcción de infraestructura hidroagrícola en la zona relevante.

La determinación del uso de la tierra en cuanto a los tipos de cultivo y sus rendimientos esperados bajo esta situación, debe constituir una aproximación de las posibilidades de producción y comercialización de productos agrícolas en el área de influencia del proyecto. Para ello, se deben considerar la tierra utilizable, los patrones de cultivo actuales y la elección de los cultivos depende de la capacidad de ser comercializables.

3.3.4. Diagnóstico de la Interacción de la oferta y la demanda a lo largo del horizonte de evaluación

El objetivo principal del análisis de interacción de la oferta y la demanda de agua para riego en la situación con proyecto, es determinar el incremento en el excedente social agrícola de la zona relevante, derivado de la oferta adicional de agua propiciada por la construcción de la infraestructura hidroagrícola propuesta.

El análisis de la situación con proyecto debe realizarse tomando en cuenta la tasa de incorporación¹⁶ de la superficie productiva adicional, así como la tasa de maduración¹⁷ de la

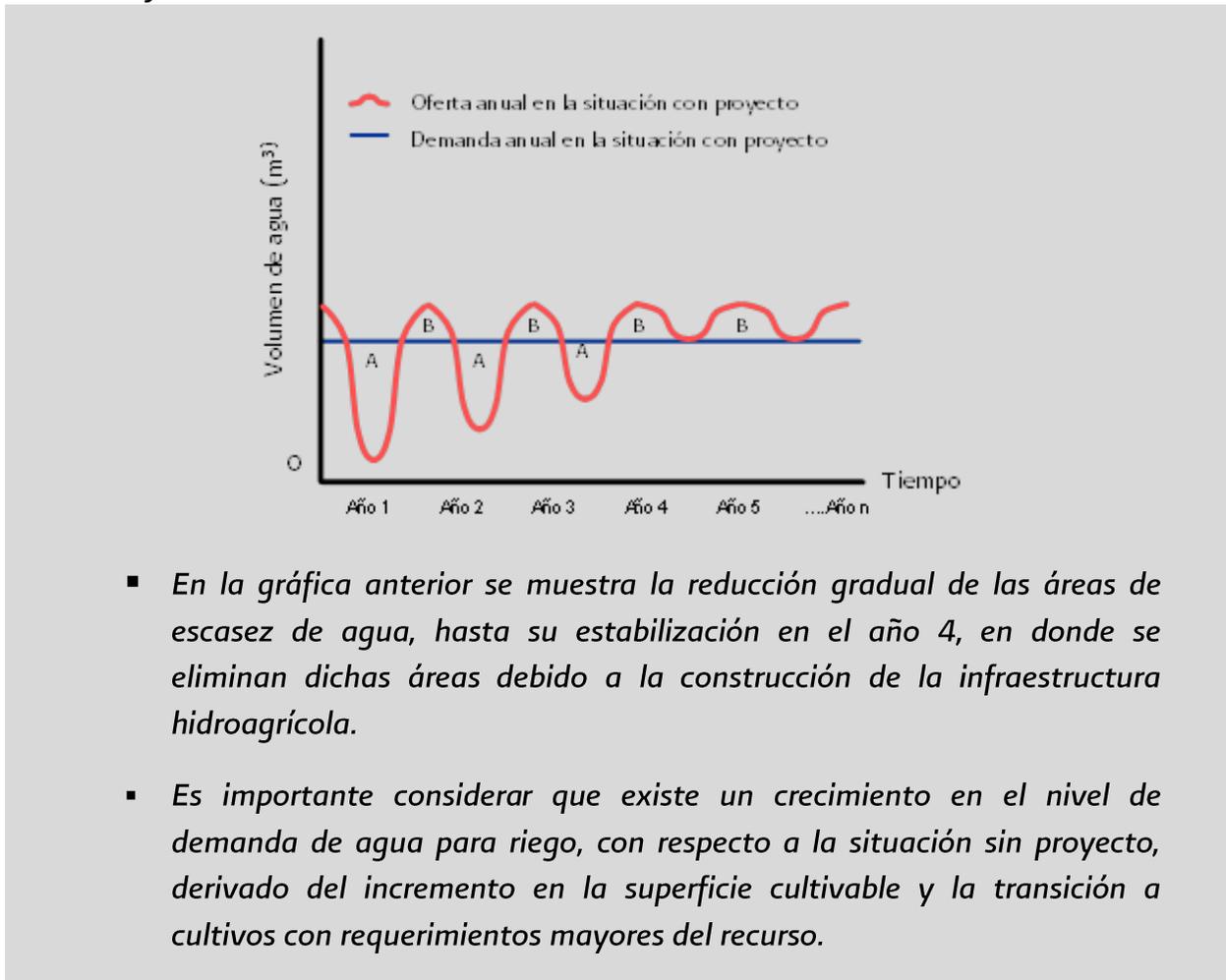
¹⁶ La tasa de incorporación se refiere a la cantidad de hectáreas, con relación en el tiempo que se requiere para incorporarlas en una superficie determinada por tipo de cultivo. (Expresado en %)

¹⁷ La tasa de maduración se refiere al tiempo de maduración por cultivo, con relación a la curva de aprendizaje de los agricultores. (Expresado en %)

producción a lo largo de la vida útil del proyecto. Además, debe considerarse que en la práctica nunca se alcanza el 100% de incorporación de la superficie, en el caso de cambio por cultivos.

De este modo, la interacción de la oferta y la demanda en la situación con proyecto se calcula igual que la interacción en la situación actual, proyectando las variables necesarias para determinar el impacto del proyecto, a lo largo del horizonte de evaluación.

Gráfica 3 Oferta y demanda anual de agua de riego en la situación con proyecto (Ejemplo Ilustrativo)



- En la gráfica anterior se muestra la reducción gradual de las áreas de escasez de agua, hasta su estabilización en el año 4, en donde se eliminan dichas áreas debido a la construcción de la infraestructura hidroagrícola.
- Es importante considerar que existe un crecimiento en el nivel de demanda de agua para riego, con respecto a la situación sin proyecto, derivado del incremento en la superficie cultivable y la transición a cultivos con requerimientos mayores del recurso.

Fuente: Elaboración propia

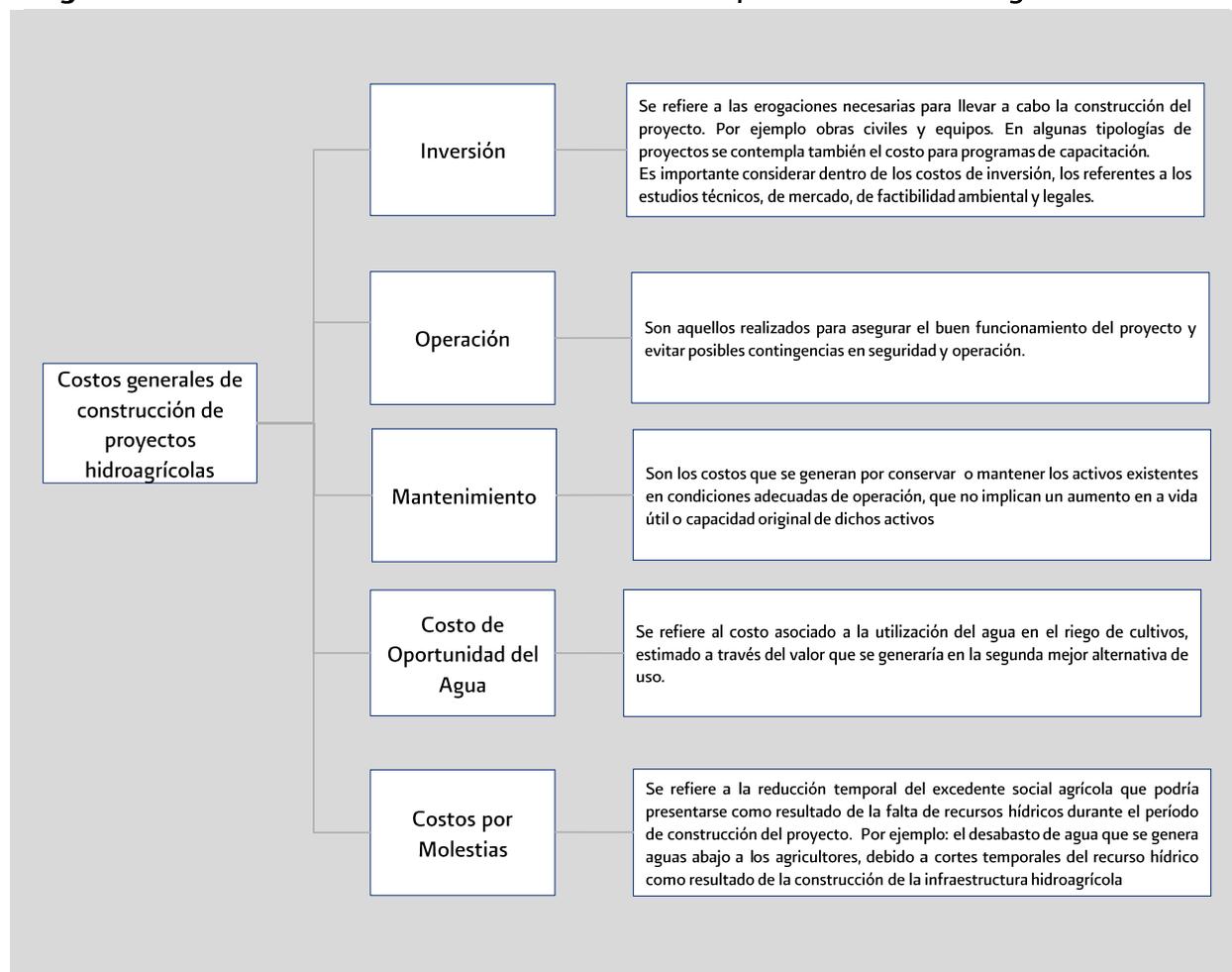
El incremento en el volumen de agua ofertado posibilita la inclusión de tierra productiva, así como un aumento en el rendimiento de la producción y la sustitución de algunos de los cultivos por otros más rentables. Lo anterior contribuye a incrementar el excedente social agrícola dentro del área de influencia del proyecto.

3.4 Evaluación del proyecto

3.4.1. Identificación, cuantificación y valoración de costos

Los costos que se deben considerar para la evaluación de proyectos de construcción de infraestructura hidroagrícola son:

Diagrama 4 Costos asociados a la construcción de infraestructura hidroagrícola



Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar, que todos los costos considerados para la evaluación del proyecto se deben expresar en pesos constantes del año de evaluación y no deben considerar impuestos o subsidios, ya que representan una transferencia que no incide sobre el costo social.

Asimismo, es importante recordar que al momento de considerar los costos de inversión, operación y mantenimiento, no se deben incluir factores de ajuste a los precios de los insumos utilizados.

a. Inversión

Los costos de inversión son las erogaciones relacionadas con la construcción del proyecto y las obras complementarias indispensables para ponerlo en operación. Adicionalmente, deben considerarse como parte del proyecto los costos relacionados con la pre-inversión.

Algunos ejemplos de los costos de inversión en los que se incurre durante la pre-inversión y ejecución del proyecto de construcción de infraestructura hidroagrícola son:

- *Pre-inversión*
 - *Estudios*
 - *Estudios de mercado*
 - *Estudios legales*
 - *Estudios de factibilidad ambiental*
 - *Estudios técnicos*
- *Inversión*
 - *Costos directos de la obra*
 - *Obra civil*
 - *Mano de obra*
 - *Supervisión de la obra*
 - *Equipamiento*
 - *Costo de oportunidad del terreno donde se ejecuta la obra*
 - *Otros costos*
 - *Mitigación de impactos arqueológicos*
 - *Mitigación y reposición por impacto ambiental*
 - *Permisos y derechos*

b. Operación y mantenimiento

Los costos de operación se refieren a aquellos en los que se incurrirá como parte de la operación y administración de la infraestructura construida.

Algunos ejemplos de costos de operación aplicables a los Proyectos de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola son:

- *Energía eléctrica*
- *Mano de Obra*
- *Maquinaria y equipo*
- *Combustibles*
- *Supervisión*

En general, dentro del total de los costos de operación, se incluye el paquete tecnológico, que se refiere al conjunto de insumos, procesos y conocimientos necesarios para llevar a cabo la producción de un bien final, en este caso, de los productos agrícolas de la zona relevante.

Los costos de mantenimiento son los que se generan por conservar o mantener los activos existentes en condiciones adecuadas de operación, que no implican un aumento en la vida útil o capacidad original de dichos activos.

Algunos ejemplos de costos de mantenimiento en los que se incurren durante la operación de proyectos de infraestructura hidroagrícola son:

- *Equipo necesarios para el mantenimiento del proyecto*
 - *Equipo de limpieza y desazolve, dragas, etc.*

c. Costo de oportunidad del agua

Se refiere al costo asociado a la utilización del agua en el riego de cultivos de la zona relevante, estimado a través del valor que generaría en la segunda mejor alternativa de uso.

En ocasiones el agua captada por la nueva infraestructura deja de ser utilizada por comunidades aguas abajo, en cuyo caso, el costo de oportunidad asociado debe ser igual al beneficio neto que el agua captada generaba a dichas comunidades.

d. Costos por molestias

Se define como la disminución temporal de los beneficios dentro del área de influencia, durante el periodo de construcción del proyecto, debido a la restricción generada a los factores productivos. Se calculan como la diferencia entre el beneficio neto de la zona relevante con construcción y sin construcción durante los años de ejecución.

Por ejemplo: El desabasto de agua que se genera aguas abajo a otros agricultores, debido a cortes temporales del recurso hídrico como resultado de la construcción de la infraestructura hidroagrícola.

La cuantificación y valoración de los costos por molestias deberá llevarse a cabo considerando el mejor escenario posible de construcción, es decir, aquel que minimice la disminución de los beneficios a lo largo de todo el periodo de ejecución del proyecto.

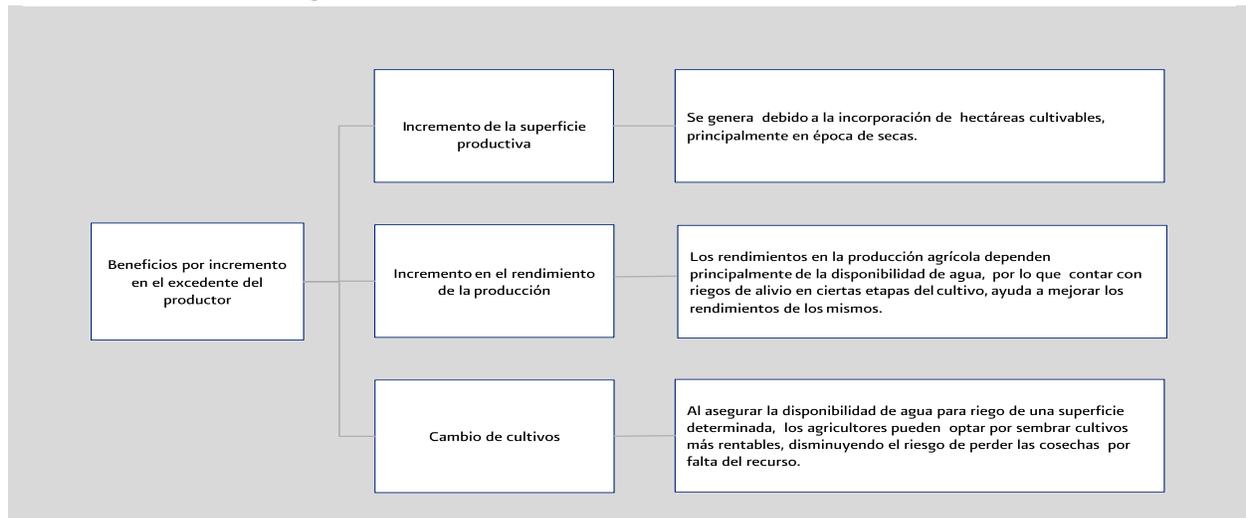
3.4.2. Identificación, cuantificación y valoración de beneficios

Los beneficios identificados en los proyectos de infraestructura hidroagrícola son el incremento en el excedente social agrícola y el valor residual de la infraestructura construida. Ambos beneficios se describen a mayor detalle en la presente sección.

a. Incremento en el excedente social agrícola

El beneficio por incremento del excedente social agrícola se puede obtener por tres fuentes, resultado de la disponibilidad adicional de agua para riego.

Diagrama 5 Beneficios sociales por el excedente agrícola derivados de la construcción de infraestructura hidroagrícola



Fuente: Elaboración propia

Para la cuantificación del beneficio por incremento en el excedente social agrícola, se debe estimar el diferencial entre el valor neto de la producción en la situación con proyecto y sin proyecto, como se describe a continuación:

- En la situación sin proyecto, se deben utilizar los patrones de cultivo actuales y las optimizaciones identificadas. Esto, con la finalidad de no atribuir al proyecto beneficios que no le corresponden.
- En la situación con proyecto, se deben proponer patrones de cultivo respaldados por los Distritos de Riego, resultados históricos y estudios de mercado. Adicionalmente, se debe calcular la superficie a incorporar y la producción adicional, en función al volumen de agua disponible y las láminas de agua requeridas.
- Se debe considerar la tasa de incorporación de los cultivos, ya que por diversos factores, el beneficio no es inmediato.
- Para el cálculo del excedente social agrícola, se debe utilizar la expresión presentada en el apartado del análisis de la situación actual¹⁸. El beneficio está dado por la siguiente expresión.

$$B = ESA_{cp} - ESA_{sp}$$

En donde:

B = beneficio total

ESA_{cp} = Excedente Social Agrícola en la situación con proyecto

ESA_{sp} = Excedente Social Agrícola en la situación sin proyecto

I. Incremento en la superficie productiva.

- Se genera como resultado del incremento de utilización de hectáreas cultivables, principalmente en la época de secas. El cálculo del beneficio por incremento en la superficie productiva debe considerar que existe un costo de oportunidad por el cambio de actividad en las tierras de uso no agrícola.
- Para su cálculo se debe estimar el valor neto de la producción total en la superficie incorporada como resultado de la ejecución del proyecto, descontando el excedente de la situación sin proyecto.

¹⁸ Metodología para la Evaluación de Proyectos de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola, Punto 3.1.1 Interacción de la oferta-demanda y problemática.

II. Incremento en el rendimiento de la producción

- Los rendimientos en la producción agrícola dependen principalmente de la disponibilidad de agua, por lo que los riegos de alivio en ciertas etapas del cultivo contribuye a su incremento.
- Para su cálculo se debe estimar el valor neto de la producción adicional en la situación con proyecto, tomando como referencia la superficie cultivada en la situación sin proyecto.

III. Cambio de cultivos

- Al asegurar la disponibilidad de agua para riego de una superficie determinada los agricultores pueden optar por sembrar cultivos más rentables.
- Para su cálculo se debe estimar el diferencial del valor neto de la producción sustituida de la situación sin proyecto a la situación con proyecto. Este beneficio debe considerar el riesgo asociado al abastecimiento de los recursos hídricos de varias temporadas.
- Considerar que en la práctica no es posible lograr incorporar el 100% de la superficie.

b. Cuantificación y valoración del valor residual

Debido a que la vida útil de la infraestructura construida supera el horizonte de evaluación del proyecto, el valor de rescate de la infraestructura, debe considerarse como un beneficio adicional. Este beneficio es equivalente al 100% del costo total de inversión de la infraestructura de captación, del terreno, de la presa y otros gastos de capital, a precios constantes, al final del periodo de evaluación.

De este modo, al realizar el cálculo de los indicadores de rentabilidad, el valor residual será descontado por el número de periodos totales del horizonte de evaluación.

3.4.3. Cálculo de los indicadores de rentabilidad

Una vez que se han obtenido los costos y los beneficios para cada año del horizonte de evaluación del proyecto de inversión, se debe realizar la evaluación del proyecto a través del cálculo de indicadores de rentabilidad. Para los proyectos de construcción de

infraestructura hidroagrícola los indicadores más importantes son el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

a. Valor Presente Neto (VPN)

El VPN es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa social. Para el cálculo del VPN, tanto los costos como los beneficios futuros del PPI son descontados, utilizando la tasa social para su comparación en un punto en el tiempo o en el “presente”. Si el resultado del VPN es positivo, significa que los beneficios derivados del PPI son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VPN es negativo, significa que los costos del PPI son mayores a sus beneficios.

La fórmula del VPN es¹⁹:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Dónde:

- B_t : son los beneficios totales en el año t
- C_t : son los costos totales en el año t
- $B_t - C_t$: flujo neto en el año t
- n: número de años del horizonte de evaluación
- r: es la tasa social de descuento
- t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

Por lo tanto, el VPN del programa o proyecto de inversión debe ser mayor a cero.

b. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR se define como la tasa de descuento que hace que el VPN de un PPI sea igual a cero. Es decir, el valor presente de los beneficios netos del PPI son iguales a cero y se debe comparar contra una tasa interna de retorno deseada.

¹⁹ Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión.

La TIR se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula²⁰:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

Donde:

B_t : son los beneficios totales en el año t

C_t : son los costos totales en el año t

$B_t - C_t$: flujo neto en el año t

n: número de años del horizonte de evaluación

TIR: Tasa Interna de Retorno

t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

En este punto, es importante resaltar que no se debe utilizar la TIR por sí sola para comparar alternativas de un PPI, ya que puede existir un problema de tasas internas de retorno múltiple. Las tasas internas de retorno múltiple ocurren cuando existe la posibilidad de que más de una tasa de descuento haga que el VPN sea igual a cero.

3.4.4. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad tiene el objetivo de identificar aquellas variables que, en caso de presentar cambios significativos durante la ejecución u operación, provocarían cambios en los indicadores de rentabilidad y de esta manera determinar si el VPN podría ser negativo y la TIR menor a la tasa social de descuento.

El análisis de sensibilidad se debe hacer realizando cambios en una variable a la vez y observando los efectos en el VPN y en la TIR. Se recomienda hacer los siguientes análisis aunque dependiendo de las particularidades del proyecto, podrían realizarse otros adicionales a consideración del evaluador.

- Incremento en el monto de inversión
- Extensión del periodo de ejecución del proyecto al 50% y 100% del tiempo
- Incremento en los costos de mantenimiento y operación

²⁰ Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión.

- Porcentaje de incremento en el monto de inversión que hace que el VPN sea igual a cero
- Porcentaje de reducción en los beneficios que hace que el VPN sea igual a cero

3.4.5. Análisis de riesgos

En esta sección se deben identificar y describir los principales riesgos asociados al proyecto de inversión en sus periodos de ejecución y operación, con base en la probabilidad de ocurrencia, el impacto derivado de su materialización y algunas acciones de mitigación de los mismos.

Para el caso de Proyectos de Construcción de Infraestructura Hidroagrícola, algunos de los riesgos comúnmente evaluados incluyen:

- Incumplimiento del contratista: Existe la posibilidad de que el contratista no termine las obras a tiempo y con las especificaciones requeridas.
- Disponibilidad de material: Existe la posibilidad de no disponer de material necesario para la construcción, de acuerdo a los tiempos establecidos por el proveedor.
- Riesgos sociales.

3.5 Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones y recomendaciones buscan exponer de forma clara y precisa la conveniencia de realizar el proyecto, son el resultado de la evaluación y se relacionan principalmente con dos aspectos:

- Indicadores de rentabilidad: ¿Cuáles son los valores obtenidos del VPN y TIR? ¿Qué representan para el proyecto? ¿Cómo se comportan en el análisis de sensibilidad? Considerando lo anterior ¿es conveniente llevar a cabo el proyecto?
- Análisis de riesgos: ¿Cuáles deberían ser las medidas de mitigación necesarias o aspectos a observar durante las etapas de ejecución y operación?

4. Anexos

4.1 Anexo A: Diseño de la presa²¹

Una presa se define como, la infraestructura diseñada para el almacenamiento de grandes volúmenes de agua. Se puede clasificar de la siguiente forma:

- De gravedad: Este tipo de presa retiene el agua por el tipo de materiales que la componen, algunos materiales utilizados para su construcción son mampostería u hormigones.
- De contrafuerte: Este tipo de presa está formada por una pared impermeable situada aguas arriba, y contrafuertes resistentes que le dan estabilidad, situados aguas abajo.
- De arco-bóveda: En este tipo de presas se aprovecha el efecto transmisor del arco para distribuir los empujes del agua al terreno.
- De tierra: Su núcleo está compuesto de material arcilloso, mismo que puede ser tratado químicamente o con inyecciones de cemento.

Los aspectos generales que se deben considerar para el diseño de una presa son:

- Tipo de presa
- Altura máxima (m)
- Longitud de coronamiento (m)
- Ancho de coronamiento (m)
- Cota de coronamiento (m.s.n.m)
- Nivel máximo del embalse (m.s.n.m)
- Superficie máxima inundada (ha)
- Volumen total embalsado (m³)
- Volumen máximo de regulación (m³)
- Caudal de diseño del vertedero (m³/s)
- Análisis de datos climatológicos e hidrométricos
- Almacenamientos históricos según el tipo de presa
- Volúmenes utilizados por los agricultores de la zona
- Tiempo de llenado de la presa

Adicionalmente se deben considerar los aspectos particulares, según el tipo de presa seleccionado.

²¹ Ingendensa, Chile

4.2 Anexo B: Clasificación del tipo de suelo²²

Las clases de suelo, en términos de riego agrícola se refieren al conjunto de tierras que ofrecen semejanzas con respecto al grado de las limitaciones y el riesgo en el uso del suelo. Cada clase puede incluir diferentes tipos de tierras, y las tierras de una misma clase pueden requerir manejo y tratamiento distintos.

Cabe destacar que la propia clase de tierra apta para el riego, indica la totalización del grado de limitación y riesgos que pueden afectar el uso agrícola de la tierra, pero no indica la clase de esa limitación. Algunos ejemplos de limitaciones son:

- Grado de delgadez
- Grado de humedad
- Grado de salinidad
- Grado de pedregosidad
- Grado de pendiente

Cada clase puede incluir diferentes tipos de tierras, y muchas de las tierras de una misma clase pueden requerir manejo y tratamiento distintos.

A continuación se describen ocho clases de tierras aptas para el riego:

Clase I. Suelos muy valiosos, sin limitaciones, posibles de cultivar con los métodos ordinarios de labranza. Disponen de suficiente agua ya sea por precipitación pluvial o mediante sistemas de riego.

Son terrenos con pendientes muy suaves o planos, poco expuestos a la erosión; fáciles de trabajar (independientemente del uso que se les imponga), profundos y con adecuada retención de humedad debido a su drenaje natural o, en algunos casos, como consecuencia de la implantación de obras de drenaje artificial. Están situados de tal manera, dentro del paisaje natural, que no corren el riesgo de sufrir inundaciones.

Clase II. Suelos valiosos, con limitaciones moderadas, que se trabajan con prácticas de labranza especiales, poco complicadas, como nivelación del terreno, eliminación de pedregosidad y técnicas de control de erosión.

²² INEGI, Dirección General de Geografía "Guías para la Interpretación de Cartografía"

Disponen de agua ya sea por precipitación o por sistemas de riego. Son áreas con escasa pendiente, expuestas a erosión (por efecto del agua o del viento) poco acentuada; tienen profundidad media y, a veces, presentan salinidad, sodicidad o ambas en grado incipiente; ocasional o periódicamente sufren inundaciones, debidas a fenómenos atmosféricos como ciclones, tormentas tropicales o desbordamiento de ríos.

Las prácticas de conservación que estos terrenos requieren son: cultivos en contorno, en fajas o fajas amortiguadoras; barreras o cercos vivos y obras de infraestructura hidráulica para control de agua.

Clase III. Suelos con limitaciones severas que necesitan forzosamente métodos de labranza especiales y de mayor complicación. Sólo disponen de agua por precipitación.

Son tierras con pendiente moderada a fuerte, muy susceptibles a la erosión; el suelo tiene escasa profundidad, presentando a la vez piedras grandes o cantidades considerables de fragmentos rocosos en su superficie; estos suelos adolecen de salinidad, sodicidad o ambas, en grado moderado, tienen mínima retención de humedad, drenaje interno deficiente y limitaciones considerables por inundación periódica.

Aquí las prácticas agronómicas como las fajas en contorno se establecen con menos anchura y los cercos vivos se utilizan con mayor cercanía. Existen además, otras prácticas más complejas como la formación de terrazas y la construcción de desagües.

Clase IV. Suelos con limitaciones muy severas para cultivos anuales. Sólo adecuados para pratericultura (pastizales) o cultivos perennes.

Son tierras donde la pendiente varía entre moderada y fuerte, con alta susceptibilidad a la erosión por viento y agua. Con suelos delgados, cuyas condiciones físicas son desfavorables para la retención de la humedad, muy porosos y drenaje interno deficiente.

En los terrenos planos, cuando se presenta inundación, ésta se considera una fuerte limitante; resulta difícil drenarlos o regarlos aún con infraestructura, y poseen un alto grado de salinidad, sodicidad o ambas fases químicas. Esta clase es de transición entre las tierras adecuadas para cultivos y las apropiadas para vegetación permanente. No apropiadas para cultivos anuales, pero sí para cultivos perennes o vegetación natural.

Clase V. Suelos apropiados para pratericultura o silvicultura sin limitaciones. Son terrenos con pendiente que varía entre moderada y fuerte; suelos poco profundos y gran cantidad de piedras, o con escasa pendiente pero que están sujetos a intensas inundaciones.

Pertenecen a esta clase los terrenos de tipo pantanoso difíciles de drenar, pero que pueden producir pastizales de calidad.

Clase VI. Suelos apropiados para praticallyura con limitaciones moderadas. Son terrenos con pendiente que varía de moderada a fuerte -que ofrecen escasa resistencia a la erosión causada por el agua-, suelos someros, pedregosidad excesiva y que, en caso de ser planos, contienen altas concentraciones de sales y/o sodio.

Clase VII. Suelos sólo apropiados para praticallyura o silvicultura, con limitaciones severas. Son terrenos con pendiente muy escarpada y suelos delgados que presentan mínima resistencia a la acción erosiva del agua y viento. No apropiadas para usos agropecuarios y forestales

Clase VIII. Agrológicamente inútiles. Son tierras con serias limitantes en su entorno ambiental (escabrosas, arenosas, húmedas o áridas, etc.) como para dedicarlas a la agricultura, praticallyura o silvicultura, pero que aún pueden ser adecuadas para sostenimiento de animales silvestres; algunos de estos terrenos son útiles para la extracción de materiales para la construcción. En esta clase quedan incluidos: pantanos, zonas de dunas (costeras y de desierto), terrenos muy erosionados (atravesados por numerosas cárcavas) y, áreas muy escarpadas y rocosas.

4.3 Anexo C: Un método de cuantificación del volumen total de agua requerido por cultivo

Determina la demanda actual de agua para riego y se calcula utilizando las variables que se describen a continuación:

- **Evapotranspiración Potencial del Cultivo (Eto):** se refiere a la cantidad de agua consumida en un suelo cubierto por una vegetación homogénea, densa y con buen suministro de agua, durante un determinado periodo de tiempo. Se expresa en milímetros por mes (mm/mes).
- **Factores de Cultivo (Kc):** se refiere a las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de cada cultivo y expresan la capacidad del cultivo para extraer el agua del suelo en las distintas etapas del periodo vegetativo. No se expresa en unidades.
- **Áreas Parciales de Cultivo (A):** es el área parcial utilizada para cada uno de los diferentes cultivos, expresadas en hectáreas.
- **Factor de Cultivo Ponderado (Kc_{ponderado}):** se refiere al promedio del Factor de Cultivo ponderado para un área de siembra determinada. Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Kc_{ponderado} = \frac{\sum(A_{(has)} * Kc)}{\sum A_{(has)}}$$

- **Evapotranspiración Real del Cultivo o Uso Consuntivo (Uc):** se refiere al consumo real de agua por cultivo. Dicho valor considera un consumo diferenciado de agua según el estado de desarrollo del cultivo en cuestión y se expresa en milímetros por día (mm/día). Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Uc_{(mm/día)} = Eto_{(mm/mes)} * Kc_{ponderado}$$

- **Precipitación Efectiva (P_{efectiva}):** se refiere a la cantidad de agua total de precipitación que es aprovechada por la planta para cubrir sus necesidades parcial o totalmente, se expresa en milímetros (mm).

- **Requerimiento de Agua (Req):** se refiere a la lámina adicional de agua que se debe aplicar a un cultivo para que supla sus necesidades totales de agua para riego. Se calcula como la diferencia entre el uso consuntivo y la precipitación efectiva expresada en mm.

$$Req_{(mm)} = Uc_{(mm)} - P_{efectiva(mm)}$$

- **Requerimiento Volumétrico Neto (Req_{neto}):** se refiere al volumen de agua que requiere una hectárea de cultivo y se expresa en metros cúbicos por hectárea (m³/ha).
- **Eficiencia de riego del proyecto:** se refiere al factor de eficiencia del sistema de riego e indica el factor de aprovechamiento del agua. Dichos factores varían con base en las modalidades de riego utilizadas.
- **Requerimiento Bruto de Agua (Req_{bruto}):** se refiere al requerimiento de agua ponderado por la eficiencia del tipo de riego utilizado y se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Req_{bruto\left(\frac{m^3}{has}\right)} = \frac{Req_{neto\left(\frac{m^3}{has}\right)}}{Eficiencia\ de\ riego\ del\ proyecto}$$

- **Número de horas de riego (hrs.):** se refiere al tiempo efectivo en que se podrá utilizar el sistema, expresado en horas.
- **Módulo de Riego (MR):** se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$MR_{\left(\frac{m^3}{seg}/has\right)} = \left(Req_{neto\left(\frac{m^3}{has}\right)}\right) * \left(\frac{1000}{Tiempo\ de\ riego\ (seg)}\right)$$

$$Tiempo\ de\ riego = 3600seg * \#hrs\ de\ riego\ al\ día * \#días\ de\ riego$$

- **Área Total de la Parcela (Área total):** se refiere a la cantidad total de terreno cultivable que se encuentra dentro del área de influencia del proyecto.

- **Cantidad de Agua Demandada ($Q_{demandada}$):** se refiere al caudal requerido por el sistema, de manera tal que se atienda el total de la superficie cultivable, dentro del área de influencia del proyecto. Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Q_{demanda(m^3/seg)} = \text{Área total}_{(has)} * MR_{\left(\frac{m^3}{seg}/has\right)}$$

Tomando como referencia la expresión anterior, la demanda actual de agua para riego estará medida en m^3/seg .

4.4 Anexo D: Resumen de variables empleadas en la evaluación socio-económica

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA
<i>Volumen de agua</i>	m ³ /s o lps
<i>Superficie total</i>	has
<i>Superficie cultivable</i>	has
<i>Superficie sembrada</i>	has
<i>Lámina de agua consumida por cultivo</i>	m ³ /s o lps
<i>Eficiencia del sistema de riego</i>	%
<i>Costos de inversión</i>	\$
<i>Costos de operación y mantenimiento</i>	\$
<i>Costo por molestia</i>	\$
<i>Costo de oportunidad del agua</i>	\$
<i>Excedente social agrícola</i>	\$
<i>Valor residual de la infraestructura existente</i>	\$
<i>Ciclo por cultivo</i>	Primavera- Verano Otoño-Invierno
<i>Patrones de cultivo</i>	has/ciclo
<i>Rendimiento de la tierra</i>	%
<i>Vida útil del programa o proyecto de inversión</i>	años

5. Glosario

5.1 Acrónimos

Para efectos del presente documento se entenderá por:

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

MDP: Millones de Pesos (mdp)

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SHCP: Secretaría de Hacienda y Crédito Público

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

PPIs: Programas y Proyectos de Inversión

TIR: Tasa Interna de Retorno

UI: Unidad de Inversiones

VPN: Valor Presente Neto

FAO: Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y Alimentación

5.2 Definiciones

Para efectos del presente documento se entenderá por:

- i. **Agua aprovechable:** se refiere al volumen de agua disponible para riego que actualmente no es utilizada.
- ii. **Análisis Costo Beneficio:** consiste en determinar la conveniencia de un programa o proyecto de inversión mediante la cuantificación en términos monetarios de los costos y beneficios asociados directa e indirectamente, incluyendo externalidades, a la ejecución de dicho programa o proyecto de inversión.
- iii. **Análisis de Sensibilidad:** se realiza al documentar el cambio en los resultados de la evaluación de un programa o proyecto de inversión al realizar variaciones de los valores proyectados de variables significativas.
- iv. **Beneficio Social:** es el incremento en el bienestar de la sociedad derivado de la ejecución de un programa o proyecto de inversión.

- v. **Calidad del agua:** se refiere a los materiales y sustancias que el recurso lleva disueltos o en suspensión y los organismos que ahí se encuentran. Cuando el agua tiene materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales o domésticos que alteran sus características naturales se dice que está contaminada.
- vi. **Capacidad total de una presa:** se refiere al volumen que puede almacenar una presa al Nivel de Aguas Máximas Ordinarias o de Operación
- vii. **Ciclo Otoño-Invierno:** periodo en el que se lleva a cabo la siembra de cultivos anuales, mismo que está comprendido principalmente entre los meses de octubre y febrero.
- viii. **Ciclo Primavera-Verano:** periodo en el que se lleva a cabo la siembra de cultivos anuales, mismo que está comprendido principalmente entre los meses de marzo y septiembre.
- ix. **Costo de oportunidad del agua:** se define como la cantidad de producción que otros agricultores están dejando de producir, por el volumen de agua aprovechado por otros agricultores.
- x. **Costo de oportunidad del terreno:** se define como la cantidad de tierra que se deja de utilizar para alguna otra actividad por ejemplo ganadera.
- xi. **Costo social:** es el costo total de un programa o proyecto de inversión que es asumido por la sociedad.
- xii. **Cultivos anuales:** especies vegetales cuyo periodo de desarrollo, desde la siembra hasta la cosecha, es menor o igual a un año. Se incluyen los cultivos de manejo anual, cuya producción de semilla requiere más de un año como por ejemplo: ajo, acelga, cebolla, etc. Los cultivos anuales se clasifican en primavera-verano u otoño-invierno.

- xiii. **Cultivos perennes:** se refiere a árboles frutales, plantaciones o pastos cultivados, cuyo periodo de desarrollo es mayor a un año.
- xiv. **Distrito de Riego:** se refiere a las áreas geográficas donde se proporciona el servicio de riego mediante obras de infraestructura hidroagrícola, tales como vaso de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros.
- xv. **Efectos directos:** son aquellos costos y beneficios relacionados con la producción y el consumo de bienes y/o servicios producidos por el programa o proyecto de inversión.
- xvi. **Efectos indirectos:** son aquellos costos y beneficios derivados de la ejecución y operación de un programa o proyecto de inversión y que tienen un impacto en la producción y consumo de bienes y/o servicios en mercados relacionados con el programa o proyecto de inversión. Dichos efectos sólo se observarán en mercados distorsionados.
- xvii. **Eficiencia del agua:** es el porcentaje del volumen de agua, efectivamente utilizado respecto del volumen de agua proporcionado a nivel de bocatoma, conducción o distribución, dependiendo del sistema que se analice.
- xviii. **Escorrentía:** volumen de agua, proveniente del agua de lluvia que corre sobre la superficie del suelo.
- xix. **Evaluación socioeconómica:** consta de la identificación, cuantificación y valoración de todos los costos y beneficios sociales a lo largo de un horizonte de evaluación.
- xx. **Externalidad:** se definen como todos los efectos que tenga el proyecto sobre el medio ambiente.
- xxi. **Fuente del agua para riego:** procedencia del agua utilizada para el riego de cultivos.

- xxii. **Hectárea:** medida de superficie equivalente a 100 áreas o a 10,000 metros cuadrados.
- xxiii. **Indicadores de rentabilidad económica:** son aquellos que se utilizan para medir el valor o rentabilidad de un proyecto de inversión. Los indicadores de rentabilidad utilizados en la presente metodología son el VPN y TIR.
- xxiv. **Manantial:** fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas.
- xxv. **Parcela:** porción de terreno de extensión variable destinada a la agricultura, la cual se asigna a cada uno de los miembros del ejido para su explotación en forma individual o colectiva.
- xxvi. **Paquete Tecnológico agrícola:** se refiere a la aplicación de un conjunto de conocimientos, prácticas y técnicas que se aprovechan en la agricultura, con el propósito de incrementar la cantidad y la calidad de la producción, dependiendo de la zona relevante.
- xxvii. **Presa:** construcción de infraestructura diseñada para el almacenamiento de grandes volúmenes de agua.
- xxviii. **Riego de alivio:** También conocidos como riegos auxiliares, se refieren al volumen de agua liberado de la fuente de abastecimiento, para compensar la falta de recurso hídrico respecto a la precipitación pluvial esperada en la zona relevante.
- xxix. **Río:** corrientes naturales que son aprovechadas para la captación de agua para el riego de cultivos.
- xxx. **Terreno:** superficie continua de tierra, con límites reconocidos por el productor o responsables, perteneciente a un solo régimen de tenencia y un mismo tipo de derechos.
- xxxi. **Tenencia de la tierra:** formas de propiedad reconocidas por la ley, en las que una persona o grupo de personas posee la tierra, como puede ser ejidal, comunal, propiedad privada, de colonia y pública.

- xxxii. **Valor Presente Neto (VPN):** es la suma de los flujos periódicos de costos y beneficios ajustados por una tasa de descuento determinada.
- xxxiii. **Vida útil:** es la duración estimada que un activo puede tener, cumpliendo correctamente con las funciones para las que fue creado.

6. Bibliografía

- Belli, Pedro et al, Banco Mundial. Operational Core Services Network Learning and Leadership Center. "Handbook on economic analysis and investment operations", 1998. Internet. 29 Mar 2010. <<http://siteresources.worldbank.org/INTCDD/Resources/HandbookEA.pdf>>.
- Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP). "Metodología General para la Evaluación de Proyectos". México: Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C., 2008.
- CONAGUA. "Metodologías de Evaluación Socioeconómica para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento y Protección a Centros de Población", 2008. Internet. 18 Mar 2010. <www.conagua.gob.mx>.
- Dixon, John A. Instituto del Banco Mundial. "A Brief Introduction to Environmental Economics." 2003. Internet. 10 Mar 2010. <http://info.worldbank.org/etools/library/latestversion_p.asp?objectID=39140&lprogram=3>.
- Florio, Massimo et al. Comisión Europea. Structural Fund-ERDF, Cohesion Fund and ISPA. "Guide to cost-benefit analysis of investment projects", 2007. Internet. 29 Mar 2010. <http://www.strukturifondid.ee/public/GUIDE_CostBenefitAnalysis_1__20071005101025.pdf>
- Hull, Rob. "Capital Budgeting: some complications." Washburn University, 2010. Web. 5 May 2010. <<http://www.washburn.edu/sobu/rhull/cf12.html>>.
- Gobierno de Chile. Ministerio de Planificación. "Metodología de Preparación y Evaluación de proyectos de evacuación y drenaje de aguas lluvias". Internet. 10 Mar 2010. <http://sni.mideplan.cl/documentos/Metodologias/me_evac_drenaje_aguas_lluvias.pdf>.
- Gobierno de Chile. Ministerio de Planificación. "Metodología de Preparación y Evaluación de proyectos de caletas pesqueras". Internet. 10 Marzo 2010. <http://sni.mideplan.cl/documentos/Metodologias/me_caletas_pesqueras.pdf>.
- Gobierno de Chile. Ministerio de Planificación. "Metodología de Proyectos de Riego". Internet. 10 Marzo 2010. <http://sni.mideplan.cl/documentos/Metodologias/me_proy_riego.pdf>.
- Gobierno de Chile. "Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Vialidad Intermedia"., Internet. 30 Abril 2010.

- Pereyra, Guillermo. "La brecha de demanda y la oferta optimizada." *Microeconomia.org*. Microeconomía.org, 08/Ene/2006. Internet. 6 May 2010. <<http://microeconomia.org/guillermopereyra/2006/01/08/la-brecha-de-demanda-y-la-oferta-optimizada/>>.
- Ross, Stephen, Westerfield Randolph, y Bradford Jordan. "Fundamentos de Finanzas Corporativas". Quinta edición. México: Irwin McGraw-Hill, 2001. 757. Impreso.
- SHCP. Lineamientos para la Elaboración y Presentación de los Análisis Costo y Beneficio de los Programas y Proyectos de Inversión. Publicados del día 18 de Marzo de 2008 en el Diario Oficial de la Federación.
- Soluciones Integrales, 2001. Adaptado de Penning-Rowsell and Chatterton, "The benefits of flood alleviation. A manual of assessment techniques (Blue Manual)", Gower Publishing Group, Hampshire, United Kingdom, 1977.
- Gobierno de Bolivia, 2010 Ministerio de Medio Ambiente y Agua Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego, Guía para la elaboración de proyectos de riego mayores.
- Consejos de Cuenca de CONAGUA, Curso Aqua, 2006.
<http://.consejosdecuenca.org.mx/pub/downloads/CNA/Dir_Gral/>
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería y Centro de Investigación y Estudios de Posgrado y Área Agro geodésica.
- CONAGUA, Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua (IMTA).
http://www.imta.mx/index.php?Itemid=80&catid=52:enciclopedia-del-agua&id=179:precipitaciones-pluviales-extremas&option=com_content&view=article
- INEGI, Dirección General de Geografía "Guías para la Interpretación de Cartografía"

