



---

**PROYECTO REGIONAL  
SISTEMAS INTEGRADOS DE TRATAMIENTO Y USO DE AGUAS RESIDUALES EN  
AMÉRICA LATINA: REALIDAD Y POTENCIAL**

**Convenio : IDRC – OPS/HEP/CEPIS  
2000 - 2002**

## **GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS ESTUDIOS VIABILIDAD**

La información recopilada en los Estudios Generales y Complementarios ha sido de gran utilidad para conocer y evaluar los componentes necesarios para una propuesta de integración del tratamiento del agua residual y su uso en actividades productivas, así como para elaborar un inventario de los sistemas de abastecimiento de agua potable, tratamiento de aguas residuales y su uso en la región. En esta tercera etapa de los Estudios de Viabilidad se pretende desarrollar propuestas a la problemática expuesta en los estudios previos, a través del manejo de los aspectos claves en el planeamiento y manejo de sistemas integrados **para el uso productivo del agua residual tratada**, poniendo especial atención a aquellos aspectos sanitarios, ambientales, socioculturales, legales e institucionales que coadyuven la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.

Esta guía constituye el principal material de apoyo para la elaboración de estos Estudios de Viabilidad. Al igual que en los casos anteriores, tiene la finalidad de sistematizar la información relativa al caso y permitirá evaluar y comparar los cuatro Estudios de Viabilidad seleccionados.

El principal criterio para seleccionar la información que debe consignarse en este documento, es su relevancia para el Proyecto. **Debe tenerse presente que el principal objetivo de estos estudios es definir una propuesta viable de tratamiento y uso productivo de agua residual doméstica. Por tanto, el investigador deberá orientar su búsqueda y procesamiento de información hacia este propósito específico, independientemente de la situación real de la que inicie la investigación.**

La extensión total del documento, incluyendo tablas, mapas, cuadros y diagramas, no debe exceder las 60 páginas. Se recomienda al equipo investigador ser breve, conciso y directo al elaborar el Estudio Complementario<sup>1</sup>. El formato de la guía alterna dos opciones básicas de presentación de la información:

---

<sup>1</sup> Para enfatizar las indicaciones, éstas se resaltarán en **negrita**.

- a. Formato discreto: se presenta una serie de opciones entre las que debe seleccionarse una o varias, según el caso.
- b. Formato descriptivo: se solicita redactar un breve resumen del tema tratado.

A continuación, se describen los aspectos específicos propuestos para cada tema contemplado en los Términos de Referencia.

## **1. RESUMEN DEL ESTUDIO**

Se requiere elaborar una breve descripción general del proyecto, que no exceda de una página. Una relación de los aspectos a considerar en este resumen se presenta a continuación:

- a. Tamaño y localización del Proyecto: Ubicación, clima y población.
- b. Objetivo y justificación del Proyecto: explicar las razones que sustentan realizar la propuesta .
- c. El plan agrícola del área de estudio: indicando brevemente la opción de cultivos y/o rotaciones de cultivos seleccionado finalmente.
- d. Tratamiento de aguas residuales: mencionar muy brevemente el tipo de tecnología seleccionada, el tamaño de la planta, calidad que se espera alcanzar, y la inversión y costo de operación y mantenimiento.
- e. Plan de gestión ambiental: listar las principales acciones y el costo para su implementación
- f. Viabilidad social: mencionar los pilares de la estrategia para sostener el proyecto, en términos de su organización y acuerdos interinstitucionales.
- g. Evaluación económica: mencionar los indicadores de rentabilidad
- h. Principales conclusiones y recomendaciones.

## **2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN**

Este capítulo no debe exceder mas de 3 páginas y se concentrará a definir principalmente la justificación de la propuesta que se esta desarrollando. Comprende los siguientes puntos:

### **2.1 Estudios realizados**

Se deberá hacer una breve referencia sobre los estudios anteriores realizados en el área del proyecto relacionados con el manejo del agua, el desarrollo agropecuario y el tratamiento de las aguas residuales. También se debe mencionar los estudios general y complementario ejecutados en el presente proyecto.

### **2.2 Definición de la problemática**

Un resumen del FODA desarrollado en el Estudio Complementario será brevemente presentado a manera de cuadro, seleccionando aquellos factores mas relevantes para el proyecto.

### 2.3 Justificación del Proyecto

En función a la situación definida en el FODA, se deberá consignar las **principales razones** por las que se considera importante la propuesta, especialmente si ésta constituye, a juicio del investigador, la mejor opción para manejar los problemas sanitarios, ambientales y sociales generados por el actual manejo de las aguas residuales domésticas en el ámbito del proyecto.

### 2.4 Objetivos del Proyecto

Se deberá especificar claramente el objetivo general y los específicos para cada caso en especial. A continuación se enumeran los objetivos que hemos establecido para todos los estudios, por lo que se recomienda tenerlos en consideración y adecuarlos al caso específico.

El **Objetivo general** del estudio de viabilidad debe ser sustentar la viabilidad de una propuesta para el uso productivo de las aguas residuales domésticas tratadas del caso seleccionado.

Dependiendo de cada caso, los **objetivos específicos** pueden ser los siguientes:

- a. Estimar el potencial agrícola del área de estudio, en función a la disponibilidad de tierras y agua, las características de las actividades existentes, el mercado y los cultivos potenciales; definiendo por lo menos tres opciones para un Plan Agrícola del área de estudio que comprenda extensiones y cultivos, sistema de riego, plan de siembra, requerimientos y gastos de inversión y producción.
- b. Establecer el balance hídrico anual conformado por la oferta y demanda de agua en la actividad agrícola actual y potencial del área de estudio, incluyendo las principales fuentes: lluvia, aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas residuales.
- c. Definir el sistema de tratamiento requerido para cada opción del Plan Agrícola antes descrito, sustentado en los requerimientos de calidad y cantidad de agua y la evaluación de las opciones tecnológicas. También comprenderá los diseños y costos de inversión, operación y mantenimiento de este sistema de tratamiento.
- d. Evaluar los impactos significativos para establecer un Plan de Gestión Ambiental, consistente con los objetivos establecidos por las autoridades para el área del proyecto.
- e. Evaluar la viabilidad social de las opciones en función a la situación política, legal, institucional y cultural del contexto y de los actores involucrados en el proyecto. Dentro de ello se deberá definir la organización y administración mas adecuada para una gestión eficiente del proyecto, así como una estrategia de implementación de la propuesta que integre los aspectos evaluados.

- f. Evaluar la viabilidad económica y financiera del Proyecto de las opciones desarrolladas en el plan agrícola y el sistema de tratamiento, incluyendo los costos ambientales y sociales involucrados.

## **2.5 Tamaño y localización del Proyecto**

Ubicación política (distrito, provincia, departamento, estado u otra división política del país), distancia y posición cardinal respecto a la capital del país, cuenca a la que pertenece la ciudad en la que se localiza el proyecto, importancia administrativa, altitud y extensión. Un mapa de localización del proyecto será de utilidad.

## **3. RECURSOS AGUA Y TIERRA**

En este capítulo se presenta la información de base que permitirá sustentar la viabilidad técnica de la propuesta integrada. Se requiere presentar información que muestre cuales son los recursos de agua y tierra disponibles para la propuesta integrada.

### **4.1 Agua**

Descripción y cuantificación de las fuentes (ofertas) de agua en la zona de estudio, tanto para uso urbano como agrícola. Independientemente de cual sea la fuente de agua para riego más usual o preponderante se requiere información sobre las demás opciones, de manera de tener una visión más completa que permita establecer un balance hídrico en la zona de estudio.

Para realizar este balance, se requiere entonces conocer la demanda de agua (agrícola y municipal), y prestar especial atención a la estacionalidad (variación a lo largo del año) tanto para las ofertas como para las demandas. El análisis de la estacionalidad permite determinar si existen épocas del año en las que existe un déficit, tomando en consideración que para un manejo adecuado de cultivos y para la obtención de altos rendimientos, el agua no sólo debe estar disponible en cantidades adecuadas, si no también distribuida de acuerdo con las necesidades de los cultivos, las cuales pueden variar significativamente a lo largo de su periodo de crecimiento. El balance hídrico y su variación estacional permite también evaluar si en determinadas épocas del año, a pesar de existir agua suficiente en la zona de estudio, el agua no está efectivamente disponible para el riego agrícola.

Finalmente, en esta sección se debe hacer un análisis de la calidad sanitaria y agronómica de las aguas de cada una de las fuentes existentes, según cuales sean los cultivos producidos. En relación con la calidad sanitaria se debe analizar las aptitudes de dichas aguas para el riego de distintos tipos de cultivos (de porte herbáceo, arbustivo o arbóreo; de consumo en fresco o procesado), lo cual determinará si el uso de dichas aguas presenta algún factor de riesgo real o potencial para los consumidores (patógenos, elementos tóxicos, etc.). La calidad agronómica se refiere a la posibilidad de que las aguas de riego, en especial las residuales, puedan aportar elementos nutritivos que afecten positivamente ya sea la productividad de los cultivos o la calidad del producto cosechado. Por otro lado,

las aguas también pueden contener sales, elementos en suspensión o sustancias tóxicas (por ejemplo las contaminadas por la actividad minera) que afectan el crecimiento y desarrollo de los cultivos o que dejan residuos en el producto cosechado, los que pueden ser perjudiciales para los consumidores.

## **4.2 Tierra**

Descripción de los principales grupos de suelos en la zona de estudio en relación con su aptitud para la agricultura (capacidad de uso). Las características básicas de los suelos son aquellas físicas (textura, permeabilidad, pedregosidad, drenaje, densidad aparente, etc.), químicas (contenido de macro y micronutrientes, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, pH, conductividad eléctrica o salinidad, contenido de carbonatos) y biológicas (actividad microbiológica). Estas características permiten clasificar a los suelos según su capacidad de uso, para lo que existen sistemas de clasificación nacionales o internacionales, como los utilizados por la FAO.

Adicionalmente, esta sección debe contener información sobre la extensión y calidad de las tierras disponibles para el desarrollo agrícola, lo cual obviamente requiere explicar el concepto de desarrollo agrícola que sustenta cada propuesta de integración entre reuso y tratamiento. El desarrollo de la agricultura puede deberse a varios factores, los cuales pueden estar o no incorporados en la propuesta integrada: aumento de la frontera agrícola, mejoras en la productividad o calidad de los cultivos por el uso de aguas con una mayor carga de nutrientes, distribución y uso más eficiente del agua de riego a través de sistemas de riego tecnificado, organización de los productores para una administración más eficiente del agua, etc.

## **4. EL PLAN AGRÍCOLA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

En este capítulo se sustenta la propuesta de reuso agrícola de aguas urbanas. Dicha propuesta debe guardar relación no sólo con las características de agua, suelo y la producción agrícola existentes, si no también con el sistema de tratamiento de aguas residuales que se proponga y con las condiciones del mercado para los productos agrícolas.

### **4.1 La situación actual**

La actividad agrícola existente debe ser descrita en relación con las extensiones sembradas y los cultivos preponderantes, la productividad promedio (rendimientos por hectárea) y el nivel tecnológico (dependiendo de factores como el nivel y tipo de uso de insumos externos, el sistema de riego utilizado, la integración de la agricultura con otras actividades agrarias como ganadería o transformación, el tamaño promedio de la propiedad agraria, entre otros). Por otro lado, es esencial evaluar el impacto del uso de aguas residuales en la productividad, en la calidad de los productos cosechados, y en los costos de producción, en comparación con los mismos cultivos regados con aguas superficiales, subterráneas o de lluvias. Las aguas residuales pueden aportar nutrientes que elevan los rendimientos y disminuyen los costos de fertilización. En algunos cultivos la productividad no se calcula en toneladas por hectárea si no en otras unidades, como atados

o manojos. En apio, por ejemplo, el uso de aguas residuales puede ser irrelevante desde el punto de vista de la productividad ya que el número de atados por hectárea puede ser el mismo, pero el aporte de nutrientes de dichas aguas puede acelerar el crecimiento, mejorar la calidad visual del producto cosechado, y disminuir los gastos de fertilización. En los estudios de viabilidad estos aportes y beneficios deberán ser cuantificados y evaluados tomando en cuenta los impactos positivos y negativos del uso de aguas residuales.

Finalmente, la situación actual debe ser descrita en relación con las características de la post-cosecha (¿qué sucede con los productos una vez cosechados?), la transformación y la comercialización, y la manera en que este análisis es tomado en cuenta para hacer más viable la propuesta integrada. Debe tomarse en cuenta que las pérdidas de productos agrarios son a menudo mayores por deficiencias en la post-cosecha que por el efecto combinado de plagas, enfermedades y malezas. Por otro lado, mercados irregulares, la ausencia de suficiente información de mercado, o la falta de organización para la comercialización, a menudo ponen en grave riesgo a la actividad agraria, use o no aguas residuales. Las percepciones de los consumidores, finalmente, pueden jugar un papel clave si, por ejemplo, la propuesta incluye el uso de aguas residuales para el cultivo de hortalizas. Si los consumidores desconocen el potencial del tratamiento de aguas residuales para remover patógenos, se puede poner en riesgo la sostenibilidad de la propuesta, o puede requerir acciones posteriores de sensibilización de la población.

## 4.2 Los cultivos potenciales

El análisis anterior debe permitir la selección de cultivos potenciales para la propuesta integrada. Los cultivos potenciales pueden ser de un mismo tipo (hortaliza de porte bajo por ejemplo, o frutales perennes) o combinar tipos diferentes (rotaciones de cultivos que combinen cultivos alimenticios y forrajeros, por ejemplo). Se requiere entonces describir brevemente los requerimientos tecnológicos para su manejo, en particular si esos requerimientos difieren sustancialmente de las características del manejo de los cultivos existentes. El manejo se entiende en su sentido amplio, incluyendo no sólo detalles agronómicos (incluyendo detalles del sistema de riego) si no también de post-cosecha y eventualmente transformación. Sin embargo, la selección de cultivos potenciales suele estar determinada por las características del mercado, por lo que se requiere información sobre oferta, demanda y precios (incluyendo su estacionalidad) de los principales cultivos actuales y, de ser el caso, de los cultivos potenciales.

## 4.3 Los planes de cultivo

Sobre la base de los cultivos potenciales se requiere la selección de **hasta tres planes de cultivos**, con los que se determinará el plan agrícola definitivo luego del análisis de las opciones de tratamiento, de los impactos ambientales y sociales, y de la viabilidad económica de las propuestas. Los planes de cultivo deben ser descritos en relación con:

- Cultivos, asociaciones de cultivo o rotaciones de cultivos seleccionados, incluyendo las extensiones sembradas, los calendarios agrícolas (los que deben haber sido contrastados con los datos de estacionalidad de agua y precios de los productos agrícolas), y los volúmenes de producción esperados. De ser el caso, los planes de

cultivo deben incluir las actividades necesarias para asegurar la llegada del agua al lugar donde se las necesite, en particular si esto exige inversiones en conducción o almacenamiento de agua.

- Los requerimientos hídricos de las opciones de planes de cultivos, con especial atención no sólo a las cantidades de agua si no también a la calidad de la misma, ya que esta información determinará las opciones de tratamiento de las aguas residuales.
- Los requerimientos técnicos específicos, sobre todo aquellos que exijan cambios en la situación actual de la producción agrícola. Por ejemplo: ¿se puede asegurar altos rendimientos o un uso eficiente del agua con los sistemas de riego actuales? ¿existe experiencia local en el manejo de los cultivos propuestos, o debe realizarse inversiones en asistencia técnica especializada? ¿los cultivos propuestos exigen innovaciones tecnológicas como el uso de semilla mejorada no disponible localmente, el uso de espalderas o tutores, la construcción de almácigos especiales o invernaderos? ¿la escala de la producción exige la organización de los productores para manejar colectivamente aspectos como compra de insumos, alquiler de maquinaria o almacenes, provisión de asistencia técnica o comercialización?
- La estructura organizativa y/o la administración de la producción.
- Los costos de producción unitarios (por hectárea o unidad de superficie), así como los costos de infraestructura de riego y, de ser el caso, los costos de la administración de la producción, de la comercialización y de la asistencia técnica.
- Las modalidades de comercialización propuestas, las políticas de ventas y un análisis de los precios.
- Finalmente, la información anterior debe ser analizada para las alternativas de planes de cultivos en relación con las inversiones necesarias y los ingresos esperados en cada uno de los escenarios propuestos.

Las propuestas de planes de cultivos serán posteriormente analizadas con los otros factores de la propuesta integrada, terminando en un análisis económico que determinará la mejor opción, constituyéndose de esa manera el plan agrícola del estudio de viabilidad.

## **5. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES**

### **5.1 Requerimientos de tratamiento para el uso: cantidad y calidad**

Para el diseño de la planta de tratamiento, es necesario contar con información relacionada con la cantidad y calidad del agua cruda a ser tratada, así como de la temperatura del agua a nivel de reactor tanto para invierno como verano. En lo que respecta a la calidad del agua cruda los parámetros básicos de diseño para lagunas de estabilización es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la concentración de coliformes fecales (termotolerantes), y si fuera el caso de aeración prolongada se debe

disponer de datos de nitrógeno orgánico y amoniacal, sólidos suspendidos volátiles, entre otros.

Tan igual de importante es conocer la calidad que se espera en el efluente, en función al tipo de uso que se le dará y/o disposición final en el ambiente. Las directrices sanitarias para el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura de la OMS establece en general requerimientos según los tipos de cultivo. Si el país en donde se realiza el proyecto cuenta con una legislación al respecto, se deberá buscar que el tratamiento cumpla con las normas establecidas.

## **5.2 Selección de los esquemas de tratamiento**

También la selección de los procesos de tratamiento estará función de la calidad del agua efluente deseada en función al tipo de aprovechamiento previsto.

Se reconoce que las lagunas anaeróbicas pueden remover aproximadamente el 50% de la DBO, lagunas primarias del tipo facultativas el 80%, las lagunas de maduración el 75% de la carga aplicada, las lagunas aeradas el 80% y que la diferencia entre ellas está en la capacidad de remoción de la carga bacteriológica y en la presencia de la DBO suspendida y que influye en la determinación de las cargas a las lagunas del tipo maduración

## **5.3 Alternativas para tratar las aguas residuales**

Definido la eficiencia de los procesos de tratamiento, se deberán plantear opciones tecnológicas o esquemas de tratamiento que cumplan con la calidad demandada en el aprovechamiento del agua residual tratada. De esta manera se puede tener esquemas de tratamiento que pudieran ir precedido del desbaste, la desarenación, y el desengrase de las aguas residuales crudas. Algunos esquemas de tratamiento que pudieran ser empleados son:

- Laguna facultativa + laguna de maduración + laguna de maduración 2
- Laguna anaeróbica + laguna facultativa + laguna de maduración
- Laguna aerada de mezcla parcial + laguna de maduración 1 + laguna de maduración 2
- Laguna aerada de mezcla completa + laguna de maduración 1 + laguna de maduración 2
- Lagunas multicelulares + laguna de maduración 1 + laguna de maduración 2
- Reactor anaeróbico de flujo ascendente + laguna facultativa + laguna de maduración 1
- Filtro percolador + laguna facultativa + laguna de maduración 1
- Humedales
- Etc.

## **5.4 Pre-diseño de las alternativas técnicas más convenientes**

Una vez definido dos o más esquemas de tratamiento técnicamente viables, se procederá a dimensionar cada uno de los esquemas a fin de definir sus características físicas y las necesidades de equipos, personal e insumos. A partir de ella se determinarán los costos

que demanda la adquisición del terreno, la construcción de la planta de tratamiento y los costos de operación y mantenimiento del mismo.

### **5.5 Selección de la opción tecnológica**

Teniendo en cuenta los esquemas de tratamiento planteados anteriormente, se procederá a efectuar la evaluación socio económica a fin de seleccionar el esquema de tratamiento más beneficioso. La evaluación socio económica deberá ejecutarse siguiente el procedimiento descrito en el capítulo correspondiente.

### **5.6 Descripción de las fases del proceso de tratamiento propuesto y dimensionamiento de la planta**

Una vez seleccionado la alternativa técnica, económica y social más conveniente, se estará en condiciones de proceder al dimensionamiento de la planta de tratamiento, en primer lugar se describirán las características de cada uno de los procesos de tratamiento así como los criterios de diseño. A continuación se procederá a dimensionar la planta debiendo presentarse los cálculos de cada uno de los procesos de tratamiento de modo que ellos puedan ser verificados. Debe prestarse especial atención en la determinación de la DBO resultante del tratamiento y de la concentración de los coliformes termotolerantes.

### **5.7 Diseño de la planta: características físicas (planos generales y detalles)**

Deberán elaborarse planos que muestren las principales características físicas de la planta de tratamiento. Al efecto se deberá tener en cuenta la topografía del terreno y los principales obstáculos que deberán superarse para su construcción.

### **5.8 Sistema de colección y distribución**

Los planos deberán indicar la ubicación y trazo de los canales de distribución de las aguas residuales crudas así como de los canales de recolección de las aguas residuales tratadas. Finalmente se deberá indicar el trazo del canal de entrega al sistema de riego agrícola.

### **5.9 Requerimientos de equipos, mano de obra e insumos**

Deberá identificarse con mayor precisión las necesidades de equipo, mano de obra e insumos necesarios para la buena operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de agua. En lo posible deberá identificarse las características principales de los equipos a ser empleados, el número y la calificación del personal necesario en la planta y los requerimientos de energía o cualquier otro tipo de insumo.

### **5.10 Metrado y presupuesto de construcción**

A partir de los planos elaborados, se procederá efectuar el metrado de la planta de tratamiento en los rubros de movimiento de suelo, conformación de diques, impermeabilización, estructuras de ingreso y salida, canales de interconexión y drenaje,

etc. Del mismo modo se deberá obtener los precios unitarios de mercado para cada uno de los rubros identificados en el metrado.

#### **5.11 Plan de ejecución de la planta**

El plan de ejecución de la planta está compuesto por el cronograma de construcción en el cual se deberá especificar claramente las diferentes obras que deberán ejecutarse a lo largo de los años correspondientes al horizonte del proyecto.

#### **5.12 Inversión y costos de operación y mantenimiento**

Con los resultados del metrado y los precios unitarios de cada uno de los rubros considerados en el metrado, se estará en condiciones de determinar el precio total de construcción.

Del mismo modo, con la cuantificación de las necesidades de equipo, mano de obra e insumos y los valores vigentes en el mercado local, se podrá determinar los costos por operación y mantenimiento.

#### **5.13 Normas técnicas de control del proceso y calidad del efluente**

Al respecto, se deberá indicar los procedimientos que deberán implementarse para realizar el seguimiento de los procesos de tratamiento y el control de la calidad del efluente resultante en cada uno de los procesos de tratamiento. Así mismo, deberá identificarse la organización responsable por el seguimiento, la manera como se efectuará dicho seguimiento y las sanciones que se hace merecedor si infringiera con proporcionar agua residual de mala calidad.

### **6. EVALUACIÓN Y PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL**

En los Estudios Generales y Complementarios, se solicitó abordar los aspectos ambientales identificando los impactos del manejo actual del agua residual en: (i) la calidad de los recursos hídricos y del suelo; (ii) la calidad de los productos relacionados con el agua residual; (iii) la incidencia en la salud de los productores y consumidores; y (iv) los riesgos de contingencias en los sistemas de tratamiento y reuso. Asimismo, se requirió una valoración de los principales impactos, en términos cualitativos y, cuando fuera posible, cuantitativos.

Los Estudios de Viabilidad que corresponde desarrollar en esta etapa, también incluyen consideraciones ambientales y se orientarán hacia el manejo de los principales impactos actuales y potenciales sobre la salud y el ambiente identificados. El principal objetivo de la evaluación ambiental en los Estudios de Viabilidad es la definición del Plan de Gestión Ambiental, que considera, a partir de estos impactos identificados y debidamente valorizados, las acciones preventivas, de adecuación o mitigación que fueran necesarias para minimizar estos impactos.

Como condición previa, este plan demanda el levantamiento de la línea base del proyecto, que debió desarrollarse en los estudios previos. La línea base debe permitir: (i) toma de

decisiones acerca de la viabilidad ambiental de los proyectos con el debido sustento técnico; (ii) seguridad que los beneficiarios asuman sus responsabilidades ambientales, asumiendo los costos de potenciales impactos adversos; y (iii) prevenir y minimizar los impactos ambientales negativos y contribuir al Desarrollo Sostenible de la sociedad en conjunto.

En los Estudios de Viabilidad se pretende conocer: (i) las principales consecuencias que tendrá la ejecución del proyecto sobre los componentes ambientales, ya sean físicos (agua, suelo, aire), bióticos (la flora, la fauna y los ecosistemas naturales), las poblaciones humanas y sus atributos (salud, economía, cultura, etc.) y sobre el entorno construido; y (ii) el conjunto de medidas de prevención, adecuación y mitigación de impactos, que constituyen el Plan de Gestión Ambiental.

Este instrumento de gestión (el plan) se debe explicar de tal modo que la unidad responsable del proyecto se comprometa a ejecutar las medidas a fin de evitar consecuencias ambientales perjudiciales. Así mismo, se considerará el seguimiento y evaluación de las medidas ambientales a través de acciones de monitoreo, a fin de verificar el cumplimiento de las mismas.

Esta guía proporciona la metodología para el desarrollo del referido Plan de Gestión Ambiental. En este documento los responsables de los proyectos podrán encontrar pautas acerca de la mejor manera de abordar localmente los aspectos ambientales en sus dimensiones y manifestaciones más relevantes. Se ha incluido los principales conceptos considerados en documentos previos, con el propósito de entregar un documento completo y consistente con el contenido esperado de los Estudios de Viabilidad.

## **Metodología:**

La metodología sugerida para el desarrollo del Plan de Gestión Ambiental tiene enfoque integrado. Consiste en: (i) identificación de los impactos ambientales en los componentes físico, biológico y social en el ámbito de influencia del proyecto; (ii) valoración de estos impactos; y (iii) definición de las medidas de prevención, adecuación y mitigación de estos impactos.

Por tal motivo, se realiza una descripción sucinta de las principales características del área de estudio del proyecto. Esta caracterización permitirá orientar la identificación y análisis de los impactos ambientales e identificar con mejor perspectiva las correspondientes medidas de gestión ambiental.

### **6.1 Identificación de impactos.**

En el caso del uso productivo del agua residual tratada, es claro que se debe considerar como principales componentes el tratamiento del agua residual y su uso en actividades productivas. Los principales impactos, reales o potenciales, que se espera sean identificados en las diferentes situaciones consideradas en el proyecto, se resumen en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1. Principales impactos reales o potenciales.**

	CT	ST
CR	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mejores condiciones sanitarias de ambientes y productos.</li> <li>▪ Menor riesgo de contaminación de otros cuerpos de agua.</li> <li>▪ Mayor disponibilidad de agua.</li> <li>▪ Mayor cobertura y sostenibilidad del tratamiento de aguas residuales.</li> <li>▪ Generación de actividades productivas.</li> <li>▪ Menor riesgo de contingencias en los sistemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incidencia de enfermedades entre los usuarios directos y los consumidores.</li> <li>▪ Contaminación de cuerpos de agua y suelos.</li> <li>▪ Menor calidad y aceptabilidad de los productos.</li> </ul>
SR	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mayor cobertura de tratamiento de aguas residuales.</li> <li>▪ Mejores condiciones sanitarias de ambientes.</li> <li>▪ Menor riesgo de contaminación de otros cuerpos de agua.</li> <li>▪ Mayor disponibilidad de agua.</li> <li>▪ Menor sostenibilidad del tratamiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incidencia de enfermedades entre la población.</li> <li>▪ Contaminación de cuerpos de agua.</li> <li>▪ Deterioro de ambientes en los que se realiza la disposición final.</li> </ul>

El investigador deberá revisar esta información y elaborar la que corresponda a su caso particular, diferenciando los impactos reales (los que se están dando en la actualidad) de los potenciales (los que se espera se produzcan una vez el proyecto sea ejecutado), tanto beneficiosos como perjudiciales.

Una matriz que combine las diferentes etapas de desarrollo del cada proyecto y sus impactos en los tres componentes ambientales fundamentales, también puede ser útil para identificar estos impactos. El primero de estos componentes, el componente físico, está referido a los recursos agua, suelo y aire y sus cualidades implícitas como el clima, la hidrología, entre otros. El segundo, el componente biológico, está integrado por la flora, la fauna y los ecosistemas naturales. El tercero, el componente social, incluye el medio construido o hábitat, sus atributos sociales, económicos, culturales e institucionales, entre otros elementos característicos del desarrollo de la sociedad humana.

## 6.2 Valoración cualitativa de impactos ambientales.

El análisis cualitativo de los impactos ambientales se realiza en función de los siguientes criterios:

- a. **Dirección del impacto (D):** positivo (+), cuando el impacto favorece el entorno en el que se manifiesta, y negativo (-), cuando el impacto perjudica, reduce o limita las características o al menos alguno de sus atributos en el ámbito de influencia.
- b. **Temporalidad (T):** temporal (1), cuando la duración del impacto está comprendido en el corto plazo (menos de 5 años) o éste no se extiende más allá de la fase de implementación del proyecto; y permanente (2), cuando la duración del impacto supera el corto plazo, alcanzando el mediano e incluso el largo plazo (mayor de 5 años).

- c. **Amplitud espacial o extensión (L):** local (1), cuando el impacto repercute en el entorno inmediato del área intervenida, como, por ejemplo, un distrito; regional (2), cuando el impacto sobrepasa los límites del ámbito del proyecto, extendiéndose a grandes territorios. La unidad de referencia es la provincia o departamento.

**Cuadro 2: Valoración de impactos ambientales.**

Criterio	Descripción	Valor
Dirección (D)	Positivo	(+)
	Negativo	(-)
Temporalidad (T)	Temporal	1
	Permanente	2
Extensión (L)	Local	1
	Regional	2

Utilizando estos criterios de valoración se establece el puntaje total o magnitud (M) correspondiente a cada impacto ambiental, aplicando la siguiente fórmula:

$$M = D \times T \times L$$

Donde:

M: Magnitud  
D: Dirección  
T: Temporalidad  
L: Extensión

Así, el impacto “*mejores condiciones sanitarias de ambientes y productos*” del Cuadro 1 puede expresarse en términos cualitativos como un impacto de dirección positiva (+), de temporalidad permanente (2) y extensión local (1), correspondiéndole una valoración +2. De esta forma quedará determinada la naturaleza del impacto, la que puede ser:

- a. **Leve:** cuando el impacto ambiental no es significativo y no afecta mayormente a ningún ámbito existente. De acuerdo al puntaje establecido, son aquellos cuya magnitud tiene por magnitud  $\pm 1$  punto.
- b. **Moderada:** cuando el impacto ambiental puede tener un efecto considerable sobre algún componente ambiental evaluado. Son aquellos cuya magnitud es de  $\pm 2$  puntos.
- c. **Fuerte:** cuando el impacto ambiental es bastante significativo, tiene la capacidad de alterar gravemente algún ámbito y por su magnitud debe tratarse de manera especial. Son aquellos cuya magnitud es de  $\pm 4$  puntos.

**Cuadro 3. Magnitud e intensidad de los impactos ambientales.**

<b>Intensidad</b>	<b>Magnitud (puntaje)</b>
<b>Fuerte</b>	±4
<b>Moderado</b>	±2
<b>Leve</b>	±1

### **6.3 Valoración cuantitativa de los impactos ambientales.**

Para valorizar en términos económicos los impactos ambientales, se requiere expresar estos impactos en términos de indicadores y asociarlos a un costo específico. No suele existir información tan específica en los bancos de datos de los países de la región, pero si se cuenta con una clara idea de qué componentes hace falta reunir, es posible estimar el valor costo del impacto.

Por ejemplo, si se desea valorizar el mismo impacto del caso anterior, “*mejores condiciones sanitarias de ambientes y productos*”, se debe expresar en indicadores más específicos, tal como “*reducción en la presencia de vectores de enfermedades entéricas y parasitarias en ambientes y productos*” o “*reducción en la incidencia de enfermedades entéricas y parasitarias asociadas al uso de aguas residuales*” e identificar los valores actuales relacionados. Éstos podrían estar expresados como tasa de morbilidad, incidencia de enfermedades o número de horas-hombre perdidas por enfermedades entéricas y parasitarias en las estadísticas de agua y saneamiento. El último paso consistiría en valorizar en términos económicos la situación actual y estimar una reducción en este indicador como consecuencia de las mejoras previstas en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

La valoración de los beneficios ambientales se consigna como ingresos del proyecto en la evaluación económica. En contraste, los costos asociados a impactos negativos originados por el proyecto, se consignan como costos del proyecto en la evaluación económica.

### **6.4 El Plan de Gestión Ambiental.**

La identificación y valoración de los impactos ambientales significativos constituyen los principales insumos para la elaboración del Plan de Gestión Ambiental, programa que contiene las acciones previas o directas a ser aplicadas en los casos que los impactos se estén produciendo en la actualidad.

Estas acciones se catalogan en: (i) preventivas, cuando están orientadas a evitar la ocurrencia de los impactos previstos; (ii) de adecuación, cuando los impactos se están produciendo y es posible abordar sus causas, a través de mejoras en los procesos que los generan; y (iii) de mitigación, cuando sólo es posible reducir los efectos de los impactos en el ambiente y la salud, por limitaciones técnicas o económicas, sean estos impactos reales o potenciales.

La preferencia de acciones a tomar sigue el mismo orden, principalmente por consideraciones económicas: el menor costo se asocia a acciones preventivas, por cuanto aún no existen impactos reales, mayores costos a acciones de adecuación, ya que las mejoras en la eficiencia de los procesos por lo general reditúa en ahorros de costos, y los más onerosos a las de mitigación, normalmente asociadas a compensación de daños a terceros, remediación de daños originados y manejo de conflictos generados.

Alguna bibliografía refiere que las medidas de mitigación se orientan a prevenir y controlar los impactos ambientales negativos y distinguen esencialmente dos tipos: (i) la prevención; y (ii) el control. En el caso del proyecto, se dará a la mitigación la acepción de control, que tiene por objetivo mantener los impactos ambientales negativos en niveles admisibles, sin tener mayor intervención en los procesos, en aplicación del enfoque conocido como “fin del tubo”.

Tomando como ejemplo uno de los impactos negativos del Cuadro 1, “*incidencia de enfermedades entre los usuarios directos y los consumidores*”, las medidas que se pueden considerar y cuyo costo es necesario estimar en el Plan de Gestión Ambiental, podrían ser: (i) preventivas: eliminación de los vectores de enfermedades a través del tratamiento adecuado de las aguas residuales; (ii) de adecuación: mejora en la eficiencia del sistema de tratamiento para reducir la presencia de vectores; y (iii) de mitigación: medidas de seguridad para los trabajadores (ropa, guantes, aparejos agrícolas) y consumidores (evitar el consumo en fresco de los productos, lavado con agua limpia previo al despacho al mercado).

## **7. ESTRATEGIA PARA LA VIABILIDAD SOCIAL DEL PROYECTO**

### **MARCO CONCEPTUAL:**

En los Estudios Generales y Complementarios se realizó fundamentalmente un diagnóstico de la situación actual del área en que se piensa desarrollar una propuesta integrada de uso de aguas residuales. Entre los diversos aspectos que se diagnosticaron se consideró la situación sociocultural, legal e institucional, a partir de:

- a. Identificación y caracterización de actores;
- b. Percepción de los actores sobre el reuso (aceptabilidad del riego y consumo de productos);
- c. Disposición de los actores a participar en un sistema integrado;
- d. Organización de los productores;
- e. Tenencia y uso de la tierra y el agua;
- f. Características de la población de los productores: segmentos sociales, género y generación;
- g. Estatus actual del ámbito de influencia del proyecto: propiedad;
- h. Problemática legal del tratamiento y uso de aguas residuales;
- i. Problemática de las relaciones interinstitucionales.

El Estudio que corresponde desarrollar en esta etapa, también incluye estos aspectos, pero haciendo especial énfasis en las acciones a seguir para poder hacer viable la propuesta de gestión integrada, sea cual fuese la situación con o sin tratamiento y con o sin reuso, explicadas en la metodología para los estudios generales.

La metodología propuesta para los estudios de viabilidad, en lo que respecta a los aspectos socioculturales, legales e institucionales tiene como propósito identificar las acciones que debe considerar la propuesta para que esta sea viable en el corto y mediano plazo.

Las distintas etapas y técnicas utilizadas permitirán identificar:

- a. Las acciones a seguir para lograr una percepción y valoración positiva de la propuesta por los productores y la comunidad local, a partir de la aplicación de técnicas de percepción.
- b. La organización necesaria para la gestión y operación de la propuesta.
- c. El marco legal que sustenta la viabilidad de la propuesta.

### **TÉRMINOS DE REFERENCIA:**

Los Términos de Referencia para los aspectos socioculturales, legales e institucionales para el Estudio de Viabilidad son:

- a. Situación legal de la propiedad (para el tratamiento y el reuso).
- b. Condiciones de los productores y consumidores para aceptar la propuesta integrada.
- c. Acciones para fortalecer una organización de los productores.
- d. Alternativa institucional para la gestión del proyecto: organización y administración para las unidades de tratamiento y agrícola.
- e. Sustento legal del proyecto respecto al tratamiento y el uso de las aguas residuales. Propuestas normativas.
- f. Indicadores para el seguimiento y evaluación de los aspectos socioculturales, legales e institucionales.
- g. Acuerdo interactores y cronograma de ejecución de los acuerdos y compromisos.

### **METODOLOGÍA :**

Es recomendable seguir con el equipo de trabajo (que incorporaba a los distintos actores locales) y con el Grupo Interactuante, conformados para elaborar el estudio complementario, de modo que nos posibilite asegurar la participación de distintas visiones y valoraciones, para asegurar la sustentabilidad de la propuesta.

#### **7.1 Situación legal de la propiedad (para el tratamiento y el reuso)**

La determinación de la zona de intervención supuso una decisión tanto técnica como política que respondía al nivel de información disponible y los intereses de diagnóstico e intervención de los distintos actores que participan del proceso (gobiernos locales, empresa prestadora del servicio de agua, grupos o comunidades locales, ONG, universidades, agricultores, consumidores, etc.).

El objetivo era contar con una determinación precisa de los límites geográficos de la zona o área de intervención en la que se ejecutaría la propuesta, considerando tanto a los productores como a la población adyacente.

Para el estudio de viabilidad es necesario analizar la situación legal de la propiedad de la zona de intervención, la misma que involucra tanto al área en que se instalaría una planta de tratamiento (si fuera el caso), como aquella en la que se usaría el agua residual (tratada o no) con fines agrícolas.

De haberse detectado limitaciones para la disposición de dichas áreas, o la necesidad de incorporar mejoras en su situación legal, el estudio de viabilidad deberá considerar las acciones detalladas a seguir para superar los problemas identificados, los roles que deben asumir cada uno de los actores involucrados, los recursos que deberán ser movilizados, así como un cronograma para su ejecución.

En caso se hubiesen identificado diferentes alternativas para superar limitaciones legales sobre la disposición del área, el estudio de viabilidad deberá hacer un análisis comparativo de las mismas, haciendo especial énfasis en aquellas que permitan resolverlas al más corto plazo y con menores recursos. De optarse por una implementación por etapas, además de la justificación, deberá expresarse ello en el cronograma. En cualquier caso de limitación, el estudio de viabilidad deberá considerar el texto de la propuesta normativa recomendada.

## **7.2 Condiciones de los productores y consumidores para aceptar la propuesta integrada**

A partir de las expectativas y percepciones de los productores y de la comunidad local, el estudio de viabilidad debe considerar las acciones a seguir para lograr un entorno sociocultural favorable a la propuesta.

Así, de haberse identificado problemas o demandas en los rendimientos de los cultivos o en la gestión empresarial de los productores, el estudio de viabilidad debe mostrar las acciones que realizaría para superar estas limitaciones. Este detalle debe considerar a todos los actores involucrados: productores, consumidores, gobierno local, etc.

Tales propuestas de acción deben ser expresión de los resultados consensuados entre los diferentes actores, de conformidad con los acuerdos a que se lleguen en un taller local que, para este efecto, deberá considerar el estudio de viabilidad.

## **7.3 Acciones para fortalecer una organización de los productores**

Una condición esencial para garantizar la sostenibilidad de la propuesta es contar con una organización de los productores, que además deberá ser eficaz, eficiente, representativa y transparente. Ello permitirá atender no solo las condiciones de los productores para participar en la propuesta integrada, sino también la imperiosa necesidad de contar con un interlocutor válido y proactivo en su interrelación con los demás actores locales.

El estudio de viabilidad deberá mostrar los acuerdos a que lleguen los productores para definir su organización y normas internas, así como las acciones a seguir, los recursos a movilizar y un cronograma de ejecución para lograr su fortalecimiento.

Asimismo, en esta parte del estudio de viabilidad debe señalarse las acciones a seguir para fortalecer a la o las organizaciones de productores.

#### **7.4 Alternativa institucional para la gestión del proyecto: organización y administración para las unidades de tratamiento y agrícola**

El estudio de viabilidad debe analizar las diversas alternativas institucionales existentes para establecer la naturaleza jurídica del ente u organismo que administraría la unidad de tratamiento y agrícola. Para ello deberá realizarse un análisis comparativo de las diversas alternativas, indicando los beneficios y limitaciones de cada una de ellas.

Con dicha información, deberá organizarse un taller con los actores involucrados, de modo que ellos puedan optar por una de las alternativas. Los acuerdos adoptados deberán ser consignados en el estudio de viabilidad.

#### **7.5 Sustento legal del proyecto**

El Estudio de Viabilidad debe precisar y explicar las normas legales que expresamente posibilitan su ejecución en el más corto plazo.

De no existir dicho marco normativo, o de ser necesario contar con normas legales que refuercen el proyecto, el Estudio de Viabilidad debe indicar los cambios normativos necesarios, mostrando las respectivas propuestas con carácter nacional, estadual o local.

Como quiera que dichos cambios requieren de un conjunto de acciones para hacerlos posible, el Estudio de Viabilidad debiera identificar los pasos a seguir, así como las alianzas a obtener y un cronograma de ejecución.

#### **7.6 Indicadores para el seguimiento y evaluación de los aspectos socioculturales, legales e institucionales.**

El Estudio de Viabilidad debe considerar indicadores para de seguimiento y evaluación de los aspectos socioculturales, legales e institucionales de la propuesta.

La construcción de tales indicadores debiera ser realizada por el Equipo de Trabajo y el Equipo Interactuante, para luego ser validados en un taller con los actores locales involucrados.

#### **7.7 Acuerdos interactivos y cronograma de ejecución de acuerdos y compromisos**

A partir del Plan de Acción considerado en el Estudio Complementario, el presente Estudio de Viabilidad debe actualizar el mismo plan, incorporando las acciones y responsabilidades identificadas posteriormente al primero.

Es recomendable hacer la construcción del Plan de Acción actualizado en un taller que permita la participación de los distintos actores locales, hayan o no participado en el proceso.

El Estudio de Viabilidad debe incluir un documento que muestre la aceptación de los diversos actores involucrados, así como las responsabilidades correspondientes (acuerdo interactores).

## **8. EVALUACIÓN ECONOMICA Y FINANCIERA**

Para evaluar las opciones de sistemas de tratamiento y reuso de aguas servidas se utilizará la metodología de análisis costo-beneficio. En este caso se trata de evaluar monetariamente todos los costos y beneficios asociados a cada opción de sistema integrado, durante el período de vida del proyecto y considerando el concepto de costo del dinero a través del tiempo. De este modo es posible seleccionar aquella opción que provee el mayor beneficio económico y que por tanto es la opción eficiente para la asignación de recursos. Cabe señalar que aquí se trata de una evaluación costo beneficio económica en la que se debería incluir todos los costos y beneficios ambientales involucrados. Como un análisis complementario se efectuará una evaluación financiera de las diferentes opciones.

### **8.1 Análisis de la capacidad de pago de los usuarios del servicio de alcantarillado**

El sistema de tratamiento de aguas residuales a seleccionar generará costos que deberían ser cubiertos por los usuarios del servicio de alcantarillado conforme al principio del “contaminador pagador”. En tal sentido parte de la evaluación económica consiste en determinar la capacidad de pago de los usuarios por el sistema de tratamiento, lo cual es particularmente importante cuando no existe un sistema establecido de tratamiento. Pero aún cuando el tratamiento ya existe, la propuesta puede involucrar costos adicionales y también pudiera ocurrir que los costos del sistema existente son cubiertos con algún tipo de subsidio, de tal manera que en este caso es también necesario determinar la capacidad de pago de los usuarios.

### **8.2 Evaluación económica de las opciones de tratamiento y reuso**

La evaluación económica debe efectuarse para cada una de las opciones de tratamiento y reuso analizadas. Para ello se tomará la información sobre gastos de inversión, operación, mantenimiento y administración incluida en las secciones de Plan Agrícola y Tratamiento de Aguas Residuales. Esto requiere contar con un Cronograma de Inversiones que incluya las obras civiles, maquinaria y equipo e inversión en capital de trabajo, tanto para el sistema de tratamiento como para el sistema de reuso.

Asimismo, se requiere contar con la información sobre el programa de producción y ventas, es decir cantidad y calidad del agua tratada, así como cantidad de producción generada a partir del reuso. A partir de ello, y utilizando la información de costos unitarios y costos fijos incluida en el análisis de los sistemas de tratamiento y reuso, podrá determinarse los costos del proyecto a ser incluidos en el Flujo de Caja.

Con la información de ingresos y gastos a lo largo del periodo de vida del proyecto puede elaborarse el Flujo de Caja Económico, en base al cual se calculan los indicadores de rentabilidad. En este caso se calculará el Valor Actual Neto, y la Tasa Interna de Retorno. La tasa de descuento a utilizarse para el cálculo del VAN deberá ser justificada por el responsable del estudio.

Los gastos a considerarse para el Flujo de Caja y el análisis de rentabilidad deben incluir aquellos que se desprenden del Plan de Gestión Ambiental, así como los referidos a las acciones para posibilitar la viabilidad social. Igualmente, debe incluirse cualquier otro beneficio o costo para la sociedad aunque éste no sea reconocido por el mercado. Esto incluye los costos ambientales que no sean sujeto de mitigación o que la mitigación sea sólo parcial, o también beneficios ambientales como mejora del paisaje y otros.

### **8.3 Análisis de las opciones de financiamiento**

El proyecto puede contemplar algunas formas de financiamiento, las que serán evaluadas para determinar los costos financieros y las alternativas de repago. Esta información se utilizará para la evaluación financiera de las opciones de sistema de tratamiento y reuso consideradas.

### **8.4 Evaluación financiera**

La evaluación financiera de las opciones de sistema de tratamiento y reuso requiere la elaboración de un Flujo de Caja Financiero en el que se incluyan los gastos de amortizaciones e intereses correspondientes a las diferentes alternativas de financiamiento. En tal sentido, al Flujo de Caja Económico se la añaden los gastos financieros, incluyéndose como gasto de inversión tan sólo el aporte propio del inversionista. Con esto puede calcularse un nuevo VAN que sería Financiero, así como también una nueva TIR Financiera.

En este caso se excluirían del Flujo de Caja los beneficios y costos no reconocidos por el mercado.

### **8.5 Selección y justificación de la mejor alternativa de sistema de tratamiento y reuso**

La evaluación económica y financiera permitirán seleccionar la mejor alternativa de sistema de tratamiento y reuso en base al criterio de mayor VAN; es decir que se seleccionará aquella opción de sistema de tratamiento y reuso que proporcione los mayores beneficios netos actualizados.

La justificación de la opción elegida deberá fundamentar los criterios de análisis y los supuestos utilizados destacando las limitaciones que pudieran existir en relación a la conclusión presentada.

## **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**