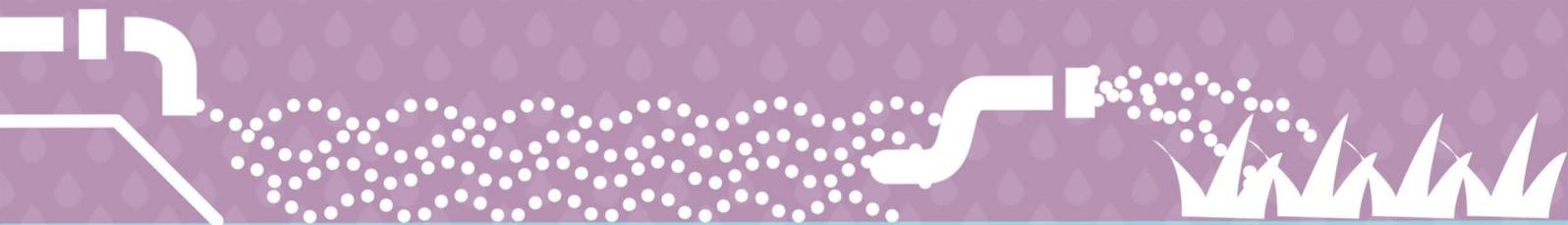


CARTILLA **4**

# REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS EN LA AGRICULTURA



# EFICIENCIA



## MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO

### VICEMINISTERIO DE INFRAESTRUCTURA AGRARIA Y RIEGO

#### Ministro de Agricultura

Gustavo Eduardo Mostajo Ocola

#### Viceministro de Políticas Agrarias

William Alberto Arteaga Donayre

#### Viceministro de Desarrollo e Infraestructura Agraria y Riego

Pablo Edgar Aranibar Osorio

#### Jefe de la Autoridad Nacional del Agua

Ing. Walter Obando Licera

#### Dirección de Planificación y Desarrollo de Recursos Hídricos

Ing. Carlos Antonio Perleche Fuentes

#### Proyecto GIRHT ANA-SENAGUA-GEF/PNUD

Proyecto "Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas y Acuíferos Transfronterizos Puyango-Tumbes, Catamayo-Chira y Zarumilla".

Calle Francisco Navarrete N° 111 -3er piso – Tumbes

#### Coordinador Nacional del Proyecto GIRHT

Ing. Néstor Fuertes Escudero

#### Equipo de Revisión/ Seguimiento

- \* Ing. Hanny Quispe Guzmán
- \* Ing. Antonio Tamariz Ortiz
- \* Ing. José Luis Serna Farfán
- \* Bach. Luiggi Ballardo Evangelista
- \* Bach. Lourdes Laos Barrera
- \* Lic. Adriana Lalich Li
- \* Lic. Rolando Sosa Alzamora
- \* Lic. Lisett Trelles Alburqueque

# 4

## INTRODUCCIÓN

# 6

## CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES CRUDAS

#### Cartilla N° 04

#### Reúso de Aguas Residuales Tratadas en la Agricultura

Esta publicación ha sido posible gracias al Fondo por el Medio Ambiente Mundial (GEF) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

#### Editor:

©Autoridad Nacional del Agua. Calle Diecisiete N° 355  
Urb. El Palomar, San Isidro, Lima.  
Telf. 01-226 0647 - Anexo 2400.  
[www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe)

Contenidos y Diseño: Caramba Comunicación Visual S.A.C.  
Lima. Telf: 922722139

Tiraje: 1000 ejemplares.  
Primera edición: Setiembre 2018

Se terminó de imprimir en Noviembre de 2018 por:  
ARAL Editores E.I.R.L.,  
R.U.C. 20398953313  
Calle Juan José Farfán N° 326  
Sullana - Piura.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú  
N° 2018-14154

Se autoriza la reproducción parcial o total siempre y cuando se mencione la fuente.  
Distribución gratuita. Prohibida su venta.

# 8

**CÓMO DEBEN SER  
LAS AGUAS  
PARA EL REÚSO**

# 14

**FACTIBILIDAD DEL REUSO  
DE AGUA TRATADA EN LA  
AGRICULTURA**

# ÍNDICE

# 18

**EVALUACIONES  
PREVIAS A LA  
IMPLEMENTACIÓN  
DEL PROYECTO**

# 22

**PLAN DE  
PRODUCCIÓN**

# 26

**PROBLEMAS COMUNES  
EN LA OPERACIÓN  
DE SISTEMAS DE  
TRATAMIENTO**

# 28

**ELABORACIÓN DE  
UN PERFIL TÉCNICO DE  
PROYECTO AGRÍCOLA  
CON AGUAS  
RESIDUALES**

# 30

**PARÁMETROS DE  
PROYECTO  
AGRÍCOLA**

# 32

**INFRAESTRUCTURA  
DE RIEGO**

# 34

**PARÁMETROS DE  
CALIDAD DEL AGUA  
RESIDUAL TRATADA**

# 38

**MARCO LEGAL**

# 39

**BIBLIOGRAFÍA**

REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS

# ALTERNATIVA PARA UNA MAYOR EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA

**L**as aguas residuales tratadas son aquellas que, tras ser sometidas a un proceso de tratamiento, presentan una calidad aceptable para reusarlas en determinados sectores. Así, las aplicaciones más frecuentes son el riego de cultivos y jardines, la industria, los usos recreativos, el reabastecimiento del agua subterránea, entre otros. La mayor parte de las aguas residuales tratadas, no tratadas y parcialmente tratadas en el mundo se dedica, en efecto, al riego. **Solo en el Perú, para el año 2015, 43% de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas destinaban sus efluentes para el riego agrícola.**

El reúso de aguas residuales tratadas son una importante fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso, a causa de la disponibilidad limitada de agua; por ello es considerada como una buena práctica de eficiencia en el uso del agua.

A través de esta cartilla se aborda, entre otros temas, la implementación del proyecto de reúso, los requerimientos de calidad y cantidad de agua; el plan de producción del proyecto, el uso eficiente del agua; la operación y el mantenimiento de la infraestructura de una planta; la elaboración de un perfil técnico de proyecto agrícola con aguas residuales y los parámetros de un proyecto agrícola. Finalmente, se señalará el marco institucional vigente referente al tratamiento de aguas residuales para la agricultura.

**Esta cartilla aborda:**

Las aguas residuales  
para la agricultura



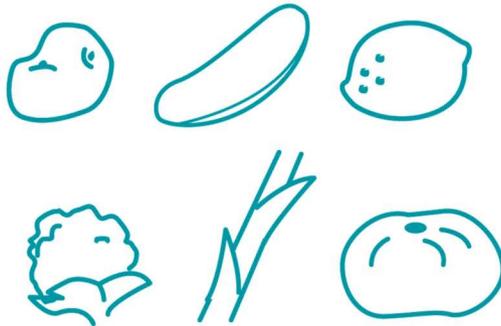
Eficiencias en  
remoción



Problemas comunes en  
la operación de sistemas  
de tratamiento



Proyectos  
agrícolas con  
aguas residuales





# CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES CRUDAS

Dependiendo de su origen, **las aguas residuales crudas contienen elementos, sustancias o microorganismos que pueden contaminar los ríos, quebradas y lagos.** Estas pueden ser municipales, industriales o agrícolas, entre otras categorías.

Las aguas residuales municipales son aquellas que provienen de fuentes domésticas, comerciales e institucionales dentro de una comunidad determinada de personas. Su composición depende de muchos factores, pero, por lo general, contiene agentes infecciosos.

Dentro de los agentes patógenos de las aguas utilizadas en el riego se encuentran las bacterias, como la salmonella typhi, que causa la enfermedad de la fiebre tifoidea; los protozoos, tales como la microsporidia que puede ocasionar diarrea; los helmintos, que incluyen a la tenia, cuya presencia conlleva una infección y, por último, los virus, como el rotavirus, que puede ocasionar una gastroenteritis.

Por otro lado, se encuentran las descargas de aguas industriales, que presentan valores de PH entre 6 a 9 y presencia de metales

tales como el plomo, mercurio, cromo y cobre. Además, presenta valores altos de materia orgánica (por encima de 2000 mg/L de DQO). Las concentraciones de cada uno de ellos dependen del tipo de industria.

En tercer lugar, en el agua residual agrícola cruda podemos encontrar altas cargas de sedimentos e insumos agrícolas como plaguicidas y fertilizantes. Estos proveen compuestos orgánicos tóxicos que se dividen en varias categorías: nutrientes, plaguicidas, sales, sedimentos y otros. Los nutrientes provienen de fertilizantes químicos, orgánicos y excrementos de animales; los plaguicidas son herbicidas, insecticidas, fungicidas y bactericidas; las sales incluyen las de iones de sodio, cloruro, potasio, magnesio y sulfato, entre otros. Los sedimentos, por su parte, son aquellos que provienen de la erosión y escorrentía de los suelos. (WWAP, 2017).

Las aguas residuales  
adecuadamente tratadas  
pueden servir para el riego  
de diversos cultivos.



# ¿CÓMO DEBEN SER LAS AGUAS PARA EL REÚSO?

Luego de pasar por procesos de tratamiento, las aguas residuales presentan una menor cantidad de contaminantes. Sin embargo, sus características dependen del sistema de tratamiento empleado.

8

## **Pre-tratamiento**

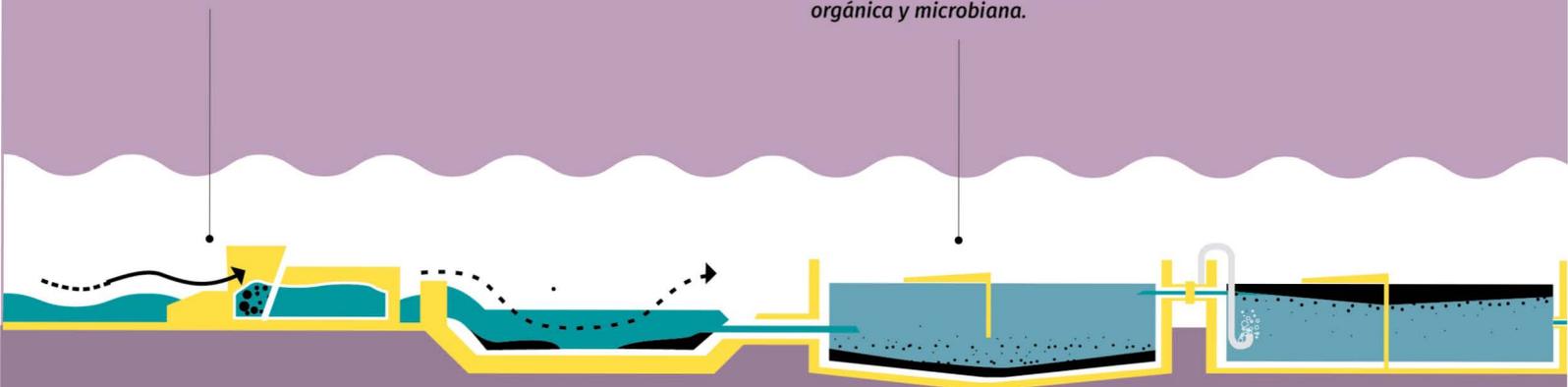
### **Rejas y cribas**

*Las rejas y cribas permiten remover los sólidos de mayor tamaño. Mantiene el resto de contaminantes. El agua todavía no está lista para reusarse.*

## **Tratamiento primario**

### **Sedimentación, flotación y tanques sépticos**

*El agua tratada queda libre de sólidos suspendidos y tiene menor contenido de contaminantes. Sin embargo, mantiene carga orgánica y microbiana.*



## Tratamientos secundarios (biológicos)

### **Lodos activados, filtros biológicos y reactores anaerobios**

Los efluentes están libres de sólidos y además presentan baja carga orgánica. Sin embargo, aún la cantidad de microorganismos puede ser elevada.

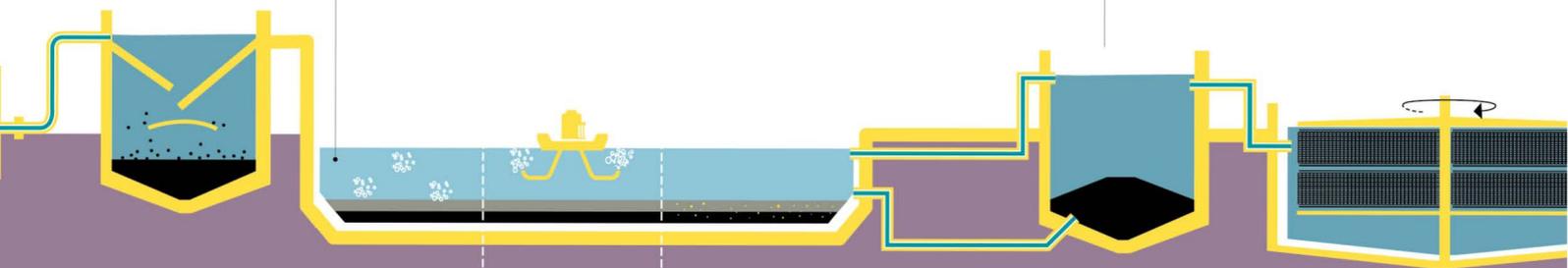
El efluente puede usarse en riego de frutales y arbustos.

## Tratamientos secundarios y terciarios

### **Lagunas de estabilización**

El agua es liberada de sólidos. Aunque su carga orgánica puede ser relativamente alta, tiene pocos microorganismos. El efluente podría usarse en riego de diversos cultivos, incluyendo alimentos que se consumen crudos, si cumple con los requisitos sanitarios.

El uso de aguas residuales tratadas puede ser una opción para regar algunos cultivos agrícolas y forestales.





# EFICIENCIA DE REMOCIÓN

Para **reducir la contaminación con microorganismos** a un nivel seguro, conviene combinar diversos métodos de tratamiento.

10

¿En qué medida las tecnologías de tratamiento eliminan los contaminantes? La eficiencia de remoción es el concepto que se emplea para calcular dicha capacidad. Ese indicador se expresa en porcentajes. Si la eficiencia de remoción es, por ejemplo, de hasta 60%, ello significa que, luego del tratamiento, en el efluente permanecerá al menos el 40% de la carga del parámetro que se esté examinando.

Por razones de salud pública, los coliformes son el parámetro que más interesa controlar cuando se planea el reuso de aguas residuales en la agricultura. Al comparar diversas tecnologías se observa, por ejemplo, que los lodos activados, los filtros biológicos y los tanques sépticos con filtros anaerobios muestran eficiencias de remoción de coliformes que, en el mejor de los casos, llegan al 90%.

Mejores resultados ofrecen los sistemas de infiltración lenta, rápida y subsuperficial: su eficiencia de remoción supera el 99%.

Sin embargo una precisión importante es que una eficiencia del 99% puede aparentar ser elevada, pero no lo es cuando hablamos de microorganismos. Las aguas residuales de origen doméstico poseen bacterias del orden de  $10^{10}$  por 100 mililitros. En América Latina, la concentración típica de coliformes fecales en aguas residuales crudas es de  $10^8$  por 100 mililitros.

Un tratamiento convencional lograría reducir la concentración a  $10^6/100$  mililitros, lo que igual representa agua de mala calidad desde una perspectiva microbiológica (León, 1995). Ante ello, se recomienda combinar diversos sistemas de tratamiento, a fin de reducir en mayor medida la carga contaminante.

Para el riego, no hace falta un nivel de desinfección tan alto como el que se requeriría para consumo humano directo. **En el caso de vegetales que no se consumen crudos, se puede tolerar una mayor presencia de microorganismos.**

### Eficiencia de remoción según tecnología utilizada

Tecnología de tratamiento	Referencia	Eficiencia de remoción (%)				
		Sólidos suspendidos	O80	N	P	Coliformes
Tanque séptico	Bataha, 1989	50-70	40-62	<10	<10	<60
Tanque séptico-filtro anaerobio	Von Sperling, 1996		70-90	10-25	10-20	60-90
Tanque séptico-filtro anaerobio humedal de flujo subsuperficial	Madera et.al., 2005	81-88	71-82	15	15	74-96
Primari avanzado	Torres et.al., 2005 Tsukamoto, 2002	73-84	46-70	<30	75-90	80-90
Filtro anaerobio-filtro de arena	Tonetti et.al., 2005	>90	90	<95		
Infiltración lenta	Von Sperling, 1996	-	94-99	65-95	75-99	>99
Infiltración rápida	Von Sperling, 1996	-	86-98	10-80	30-99	>99
Infiltración subsuperficial	Von Sperling, 1996	-	90-98	10-40	85-95	>99
Escurrimiento superficial	Von Sperling, 1996	-	85-95	10-80	20-50	90-99
Laguna facultativa		-	70-85	30-50	20-60	60-99
Laguna anaerobia-ñaguna facultativa		-	70-90	30-50	20-60	60-99
Laguna anaerobia-humedal	Caicedo, 2005, Osorio 2006	87-93	80-90	37-40	45-50	-
UASB	Torres, 2000	60-80	68-70	10-25	10-20	60-90
UASB-laguna facultativa	CDMB, 2006	84	88	-	-	-
UASB-lodo activado convencional	Van Haandel y Lettinga, 1994	85-95	85-95	15-25	10-20	70-95
UASB-lodo activado intermitente	Torres, 2000	84-86	87-93	20-90	23-72	-
Lodo activado convencional	Von Sperling, 1996	80-90	85-93	30-40	30-45	60-90
Lodo activado flujo intermitente (RSB)	Von Sperling, 1996	80-90	85-95	30-40	30-45	60-90
Lodo activado aireación prolongada	Von Sperling, 1996	80-90	93-98	15-30	10-20	65-90
Filtro biológico	Von Sperling, 1996	85-95	80-93	30-40	30-45	60-90
Biodiscos	Torres et. al. 2006	85-95	80-93	30-40	30-45	60-90

Fuente: Silva et al. (2008)

### Marco legal sobre el reúso de aguas residuales

El reúso de aguas residuales tratadas está contemplado en la Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338). Dicha norma establece que la Autoridad Nacional autoriza el reúso de estas aguas a través del Consejo de Cuenca en coordinación con la autoridad sectorial competente. En el reglamento de la ley, aprobado por el D.S N° 001-2010-AG, se señalan los criterios que deben seguirse para emitir dichos permisos.

En su artículo 148°, el reglamento afirma que solo se permitirá el uso de aguas residuales si se cumplen con las siguientes condiciones:

- Los efluentes han sido sometidos

a tratamientos previos y respetan los parámetros de calidad establecidos para los usos sectoriales.

- Se cuenta con la certificación ambiental otorgada por la autoridad ambiental sectorial competente, que incluye la evaluación del reúso de aguas.
- No se pone en peligro la salud humana ni el normal desarrollo de la flora y fauna ni se afectan otros usos.

De acuerdo con el artículo 150°, el sector correspondiente a la actividad a la cual se destina el reúso establecerá los requerimientos de calidad con los que se evaluará la solicitud. En su defecto, se aplicarán las guías de la Organización Mundial de la

Salud (OMS). Ello ocurre, precisamente, en el caso de la agricultura.

Con respecto a las guías de la OMS, las aprobadas en el año 2006 – que reemplazan las de 1971 y 1989- ofrecen un marco de gestión de posibles riesgos a la salud del uso de aguas residuales (tanto en la agricultura como en la acuicultura). Estas proponen un enfoque de barreras a lo largo de la cadena de reúso de las aguas residuales tratadas.

No obstante, la Autoridad Nacional del Agua se basa en las pautas de la OMS de 1989, que fija límites máximos permisibles, para aprobar el reúso, mientras no se cuenta con límites nacionales.

# CONDICIONES BIOLÓGICAS PARA EL REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS

Diferentes tipos de cultivo demandan distintas calidades de agua. Ello se debe al nivel de exposición a los contaminantes y a los riesgos asociados a su forma de consumo.

Las condiciones físicas, químicas y biológicas dependen del uso que se le dará al agua residual tratada. Para la agricultura, **la guía de la OMS de 1989 propone dos categorías (A y B)** según las condiciones de reúso, haciendo hincapié en los parámetros microbiológicos debido a que suponen mayor riesgo para la salud.

## ***La categoría A***

Comprende los cultivos que, por ser de tallo bajo (como las hortalizas), por consumirse crudos o por mantener contacto primario con las personas, implican mayores riesgos. Para este caso, las exigencias deben ser de menos de 1 huevo de nemátodos por litro y de 1,000 NMP (número más probable) de coliformes fecales o termotolerantes por 100 mililitros.

## ***La categoría B***

Se encuentran los cultivos con menores riesgos (por ser de tallo alto). En ellos, las exigencias de calidad se limitan a menos de 1 huevo de nemátodo por litro y los coliformes termotolerantes no son exigidos. Son parte de esta categoría los árboles frutales, la papa, el camote, arroz, trigo, forrajes, algodón y los árboles forestales como el pino y el eucalipto.

En función al número de coliformes termotolerantes que contengan los efluentes, **CEPIS/OPS\* plantean cuatro grupos de cultivos** que requieren de diferentes niveles de tratamiento.

## 1er grupo

(Efluente con  $1.0 \times 10^3$ )

Coliformes termotolerantes



Se encuentran los cultivos temporales de **alcachofa, ajo, apio, brócoli, cebolla, melón, pimiento, poro, tomate y zanahoria.**

## 2do. grupo

(Efluente con  $1.0 \times 10^4$ )

Coliformes termotolerantes

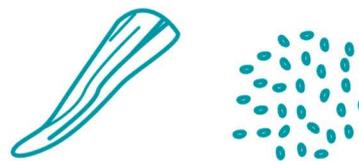


Están comprendidos el **espárrago, frijol, papa, pepinillo, trigo y zapallo**, dentro de los cultivos temporales; y el **limón**, en cuanto a los perennes. En el caso de la acuicultura se encuentra la **tilapia.**

## 3er. grupo

(Efluente con  $1.0 \times 10^5$ )

Coliformes termotolerantes



Incluye la **alfalfa, arroz, cebada, king grass, maíz y yuca** en el apartado de los cultivos temporales; estando el **lúcumo y el manzano** dentro del cultivo perenne.

## 4to. grupo

(Efluente con  $1.0 \times 10^6$ )

Coliformes termotolerantes



Tiene en la categoría de cultivos temporales al **algodón y la caña**; en los perennes, al **cacao, café, olivo, mandarina y naranja** y, finalmente, en los cultivos forestales al **eucalipto.**

# FACTIBILIDAD DEL REÚSO DE AGUA TRATADA EN LA AGRICULTURA

14

La decisión de emplear aguas residuales parcialmente tratadas para regar campos de cultivo exige evaluar el posible impacto sanitario, además de las características del terreno, requisitos técnicos y aspectos económicos.

### Aspectos sanitarios

Se debe prestar atención a los grupos vulnerables al contacto con las aguas residuales parcialmente tratadas o sin tratar. Entre ellos se encuentran los productores, los trabajadores agrícolas, los consumidores de alimentos y las comunidades cercanas. La idea es establecer medidas para reducir su nivel de riesgo. En este sentido, el tratamiento de las aguas y el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en las guías de la OMS para distintos tipos de cultivo deberían bastar para preservar la salud pública.

No obstante, para disminuir aún más los riesgos, conviene aplicar el método de barreras múltiples, que propuso la OMS en el 2006: se trata de medidas de prevención que

recorren toda la cadena alimentaria y llegan al consumidor final. Lo que se plantea es influir en el comportamiento de los distintos actores a través de la educación, incentivos comerciales y no comerciales e inspecciones regulares.

Para los agricultores y productores se deben asegurar prácticas de riego seguro; en el caso de los comerciantes y minoristas, se requieren prácticas de manipulación higiénica; y en las cocinas de alimentos de venta ambulatoria es imprescindible el lavado y la preparación adecuada de los alimentos. Finalmente, se debe sensibilizar al consumidor para que demande productos seguros.

En el caso de los trabajadores agrícolas, las acciones preventi-

vas incluyen operar bajo un sistema de gestión establecido, recibir capacitación y utilizar instrumentos de protección personal como guantes y tapabocas.

### Características del terreno

Otra tarea clave es elegir apropiadamente el terreno donde se realizarán las actividades agrícolas regadas con aguas residuales tratadas. Moscoso & Egocheaga (2002) proponen evaluar el potencial y las limitaciones del terreno para mantener la producción; es decir, su capacidad de uso. Los factores esenciales a tomar en cuenta son la fertilidad del suelo, las limitaciones naturales, y su comportamiento frente al agua de riego.

### MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN LA CADENA ALIMENTARIA

**Promover el cambio de comportamiento a través de la educación, incentivos comerciales y no comerciales e inspecciones regulares**

Generación de las aguas residuales



Tratamiento de aguas residuales

Agricultor/ productor



Prácticas de riego seguro

Comerciantes/ minoristas



Prácticas de manipulación higiénica

Cocinas de alimentos de venta ambulatoria



Lavado y preparación adecuada de alimentos

Consumidor



Sensibilización para generar demanda de productos seguros

La fertilidad del suelo comprende su textura, profundidad, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio iónico, contenido de carbonatos, salinidad y conductividad eléctrica y las concentraciones de elementos mayores, como el nitrógeno, fósforo y potasio. También influyen los usos agrícolas e industriales y la presencia de actividades potencialmente contaminantes. Todo esto podrá evaluarse a través de un análisis de caracterización de suelos o bioensayos.

Entre las limitaciones naturales de los suelos están las zonas con toxicidad, que se traducen en la presencia de aluminio o sodio; el inadecuado sistema de drenaje; los problemas de salinidad; el riesgo de erosión en pendientes pronunciadas y el de inundaciones en las riberas (interfase entre el suelo y un río o arroyo). Estos deben ser analizados con el objetivo de determinar el costo de las intervenciones requeridas y su efecto en términos rentables.

Por último, se tomará en cuenta el comportamiento del suelo frente al agua de riego. Este incluye la textura y contenido de materia orgánica, la tasa de infiltración, la retención y el nivel de la napa freática (acuífero hallado a baja profundidad).

Este tercer factor esencial puede ser concluyente para la elección del sistema de riego o los cultivos. Asimismo, puede examinarse a través de un análisis de suelos, pruebas de conductividad hidráulica y bioensayos.

agua, se realizará un balance hídrico del área de estudio. Además, se elaborará un plan agrícola, que contemple la selección, rotación de cultivos y planes de siembra y, por otro lado, defina el método de riego a implementar.

## La evaluación económica de proyectos es una **herramienta para tomar decisiones** en la asignación de recursos limitados.

### Requisitos técnicos

Existen requisitos técnicos referidos a la cantidad y calidad del agua residual tratada. En cuanto a los requisitos de calidad, se pueden utilizar límites máximos permisibles señalados en las directrices de la OMS de 1986, de acuerdo al tipo de cultivo. También, las barreras múltiples pueden ser consideradas en cada momento del ciclo de uso de los productos agrícolas. Esto con el fin de reducir el riesgo de contaminación.

Respecto a la cantidad de agua, la oferta de agua residual tratada se puede sumar a la de agua para riego de fuentes convencionales. Para calcular las necesidades de

### Evaluación económica

Se llevará a cabo una evaluación económica de proyectos: un método para calcular y comparar propuestas usando criterios objetivos y racionales. Se trata de una herramienta para tomar decisiones en la asignación de recursos limitados. La mayoría de las evaluaciones económicas utiliza un análisis costo-beneficio, que responde a la regla de que los beneficios deben ser mayores a los costos. Este será un criterio para cotejar y clasificar propuestas. Según explican los autores Winpenny, Heinz y Koo-Oshima (2013), el Valor Actual Neto también puede ser expresado como una relación Costo-Beneficio. Los principales costos y beneficios son expuestos en el cuadro siguiente.

## Beneficios esperados de la reutilización de las aguas residuales

- Costos evitados de extracción, transmisión, tratamiento y distribución de agua dulce.
- Ahorro en el costo del fertilizante debido al contenido de nutrientes de las aguas residuales.
- Ahorro en el costo de tratamiento de las aguas residuales (debido a que no haría falta eliminar nutrientes).
- Mayor fiabilidad en el suministro de las aguas residuales (en comparación con otras fuentes).
- Beneficios ambientales (menor explotación de ríos o acuíferos, o por una menor contaminación de las aguas causada por los vertidos de aguas residuales).

## Costos típicos involucrados en proyectos de reutilización de aguas residuales

- Los costos de inversión para el tratamiento de las aguas residuales.
- Los costos de operación y mantenimiento rutinario de las plantas de tratamiento.
- La instalación de nueva infraestructura para distribuir el efluente tratado. Costo de las restricciones de productos (restricción de riego sobre algunos cultivos).
- Cualquier efecto en la fertilidad y estructura del suelo (por elementos que no se removieron como sales, exceso de sodio, sustancias tóxicas para cultivos).
- Costos de otras medidas de reducción de riesgos para salud pública (aplicación de medidas de barreras múltiples).
- Costos residuales para la salud pública debidos a la reutilización (habiendo ya aplicado medidas de barreras múltiples).
- Costos ambientales (por la interrupción del ciclo del agua, cuando el volumen desviado para riego es muy alto).

# EVALUACIONES PREVIAS A LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

18

En los sistemas integrados, la planta de tratamiento se construye próxima al lugar donde se reusarán las aguas. Por ello, la disponibilidad de terrenos es uno de los puntos a evaluar. También se deben estudiar los tipos de cultivo más convenientes, el balance hídrico y la calidad de los efluentes.

### Disponibilidad del área

El enfoque conocido como sistema integrado de tratamiento y uso de aguas residuales plantea instalar el sistema de tratamiento en el mismo lugar del reúso. Por ello hace falta conocer la extensión actual y potencial de las tierras irrigables, incluyendo el área que se destinará al sistema de tratamiento.

Evaluar la disponibilidad de terrenos implica examinar los registros de propiedad y los catastros (censos descriptivos de los inmuebles de una determinada comunidad) disponibles en los gobiernos locales. Es importante verificar tanto la propiedad legal del inmueble como su disponibilidad real para el proyecto.

La norma técnica OS 090, referida a la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, estipula que éstas no deberán construirse a la periferia de la ciudad o centros poblados. Las distancias mínimas son:

- 500 metros para tratamientos anaerobios,
- 200 metros, en caso de lagunas facultativas y
- 100 metros, si se trata de lagunas aireadas, lodos activados y filtros percoladores.

### Calidad sanitaria

- Determinada por las concentraciones de parásitos, representado por los huevos de helmintos y los coliformes fecales o termotolerantes como indicador de los niveles de bacterias y virus causantes de enfermedades entéricas en el ser humano.

### Calidad agronómica

- Relacionada con las concentraciones de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y oligoelementos), así como de aquellos elementos limitantes o tóxicos para la agricultura, como la salinidad y niveles excesivos de boro, metales pesados y otros.

### Calidad ambiental

- Relacionada con las concentraciones de sólidos, materia orgánica, nutrientes y elementos tóxicos que pueden generar impactos negativos en los cuerpos de agua que reciban las descargas.

## Una alternativa es elegir el **monocultivo de caña de azúcar, algodón o la producción diversificada**, con el fin de enfrentar mejor los cambios del mercado.

Asimismo, precisa que debe existir un área de protección alrededor del sistema. De ser menor la distancia, deberá presentarse una justificación.

### **Elección de cultivos**

La selección de cultivos responde a la necesidad de garantizar la sostenibilidad del sistema integrado de tratamiento y uso de aguas residuales en términos de rentabilidad. Algunos factores a tomar en cuenta serán la capacidad de uso de la tierra, el clima, el tamaño de las propiedades, el nivel de inversión, la vinculación con actividades ganaderas o agroindustriales y las condiciones del mercado.

Cabe mencionar que, por lo general, se eligen los cultivos más importantes en las zonas agrícolas cercanas, pues esto garantiza su adecuada aclimatación. Una opción es optar por el monocultivo de caña de azúcar, algodón o la producción diversificada. Esto con el propósito de enfrentar mejor los cambios del

mercado. La calidad sanitaria del agua de riego se determina por el tipo de cultivo elegido .

### **Calidad y cantidad de agua**

En cuanto a los requerimientos de cantidad, la demanda insatisfecha puede ser producto de la falta del recurso, la estación o distribución de la oferta de agua a lo largo del año. Como hemos dicho antes, será el balance hídrico el que señale las diferencias entre la oferta y la demanda –definida por la necesidad de agua de los cultivos- en un tiempo determinado (usualmente un año agrícola).

Con respecto a la oferta, será compuesta por fuentes naturales (como la lluvia, por ejemplo) y las aguas residuales dentro de los sistemas integrados de riego. El cálculo del balance hídrico mensual tendrá como resultado un déficit (falta de recursos) o un superávit de agua (exceso). Con esa información se podrá evaluar las opciones de manejo y las posibles mejoras en los sistemas de riego, así como la instalación de reservorios.

Los sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas considerarán la calidad del agua en tres dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental. La calidad de los efluentes (líquido residual) de la planta de tratamiento responderá a los requerimientos sanitarios y agronómicos de los cultivos. Una caracterización de las aguas residuales a usar permitirá conocer su calidad sanitaria y agronómica a través de diversos parámetros.





La forma en que se consume el producto, así como la altura de la planta, influyen en el nivel de tratamiento requerido.

# PLAN DE PRODUCCIÓN

El plan técnico de producción comprende la selección de cultivos, planes de siembra y la definición del método de riego a implementar. La ANA ha identificado algunas buenas prácticas.

22

La propuesta técnica para la producción se iniciará con la formulación de un plan agrícola. Este implica la selección y rotación de cultivos y planes de siembra, así como la definición del método de riego a implementar. El manejo agronómico de los cultivos será el que determine los requerimientos técnicos, administrativos y de asistencia técnica del plan agrícola y sus costos de producción. Asimismo, se definirá la modalidad de comercialización de la producción, los precios, la estacionalidad, la modalidad y la política de ventas. Por último, se efectuará el cálculo de la inversión e ingresos.

En la mayoría de los proyectos agrícolas se practica la irrigación por gravedad (mediante surcos o inundación confinada) en campos arados de forma mecanizada y con tractores. El riego y la posterior cosecha del producto se suelen realizar manualmente.

**En el Manual de Buenas Prácticas para el Uso Seguro y Productivo de las Aguas Residuales Domésticas, publicado el 2016, La Autoridad Nacional del Agua recomienda las siguientes acciones:**

***Nivelación y remoción del terreno con tractor.***

***Incorporación manual de materia orgánica y compost para mejorar la productividad del suelo.***

***Conformación de surcos para cultivos intensivos con tractor o de melgas para cultivos perennes.***

***Siembra de semilla en cultivos intensivos o de plántones en cultivos perennes.***

***Control manual de hierbas y plagas con agroquímicos, usando mochilas.***

***Podas de mantenimiento de árboles, especialmente la tara.***

# USO EFICIENTE DEL AGUA

Cuando el agua escasea, el balance hídrico se vuelve negativo. Frente a ello, se recomienda implementar reservorios estacionales de aguas residuales parcialmente tratadas, además de instalar sistemas de riego tecnificado.

En época de estiaje, cuando el caudal se encuentra en su nivel más bajo, es usual que el balance hídrico se vuelva negativo. Esto ocasiona que un 30% de las tierras habilitadas no puedan ser cultivadas. Para atender esa demanda, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) recomienda utilizar reservorios estacionales de agua residual.

En esa línea, el Estado de Israel ofrece un buen ejemplo del reuso de agua. En el país del Oriente Medio, las aguas residuales parcialmente tratadas son almacenadas en grandes reservorios a fin de completar su tratamiento. Durante ese tiempo (que puede durar entre dos a cinco meses hasta que son utilizadas para el riego, de junio a setiembre), incrementan su calidad sanitaria y logran alcanzar los estándares estipulados para cada clase de cultivo. En dicho periodo no se descargan los efluentes al cuerpo de agua.

Como se señaló antes, en el Perú, los métodos de riego por gravedad (mediante inundación y surcos) son los más usados. La necesidad de cuidar el agua y de optimizar el uso de los recursos nos debe llevar a adoptar prácticas más eficientes. El almacenamiento es una de ellas. Otra es la aplicación de sistemas presurizados de aspersion y goteo para el riego de los cultivos.

**Las aguas residuales parcialmente tratadas son almacenadas en grandes reservorios.**



# Operación y mantenimiento: recomendaciones

Como todo sistema hidráulico, una planta de tratamiento de aguas residuales para uso agrícola requiere de un mantenimiento permanente para evitar daños y costos mayores. Hay tres tipos de mantenimiento: el preventivo, el correctivo y el especial.

24

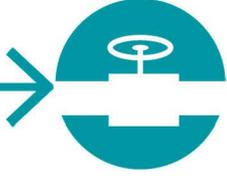
La operación y mantenimiento de una planta de tratamiento de aguas residuales para uso agrícola no difiere de otros sistemas hidráulicos convencionales. Sin embargo, no se trata solo de distribuir el agua sino de ejecutar varias tareas que garanticen un suministro de calidad a los usuarios. Para ejecutar estas actividades es necesario prever y planificar elementos como: el padrón de usuarios, el inventario de la infraestructura de riego, el plan de siembras y el plan de riego. Las juntas de usuarios, comisiones y comités de regantes son quienes deben tener en cuenta estos factores. Ellos también deben contar con el personal técnico encargado de la operación y mantenimiento del sistema de riego.

## Mantenimiento

Cualquier sistema hidráulico necesita tres tipos de mantenimiento: el preventivo que se realiza rutinariamente para evitar daños y mantener la infraestructura en óptimas condiciones; y el correctivo, que se realiza cuando hay afectaciones comunes y se debe recuperar la capacidad original del sistema.

Asimismo, hay un mantenimiento especial, que se realiza para reparar daños en la infraestructura causados por desastres como terremotos e inundaciones. Es importante que los propietarios cuenten con fondos de emergencia para esta clase de imprevistos. En el caso del reúso de aguas residuales tratadas, el mantenimiento debe realizarse con mayor frecuencia.

Un mantenimiento básico de un sistema hidráulico comprende:



### **Mantenimiento de bocatomas**

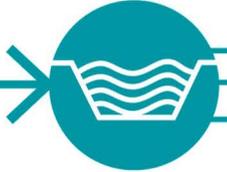
El incremento del caudal en un sistema hidráulico como el de la planta de tratamiento puede deteriorar los componentes de una bocatoma. Las piedras u otros materiales arrastrados pueden causar cortes, fisuras o erosionar los muros de encauce y las rejillas de captación.



**Erradicación de la vegetación:** los arbustos y las plantas que crecen cerca de los canales reducen la velocidad del agua y la capacidad de captación.



**Descolmatación:** el depósito de sedimentos de aguas residuales es uno de los principales problemas de los sistemas de tratamiento. Los sedimentos reducen la capacidad de conducción de los canales. Para retirar estos elementos se pueden usar lampas o máquinas. Una retroexcavadora puede, por ejemplo, retirar hasta 450 metros cúbicos de sedimentos al día.



### **Mantenimiento de canales**

Las actividades más comunes en el mantenimiento de canales incluyen la erradicación de vegetación, la descolmatación y el reforzamiento de taludes y bermas.



**Reforzamiento de taludes, bordos y bermas.** Los taludes, bordos y bermas se pueden dañar por erosiones, lluvias intensas o tránsito de ganado. El mantenimiento de estas estructuras se realiza de forma manual o con máquinas dependiendo de las dimensiones del daño.



### **Mantenimiento de reservorios, equipos y maquinaria**

El mantenimiento eficaz de los reservorios, equipos y maquinaria otorga mayor seguridad para la continuidad del servicio. Para asegurar una buena operación del equipo son necesarias las revisiones periódicas y efectuar pruebas permanentemente.



### **Mantenimiento de caminos de vigilancia**

Dentro de cualquier sistema de riego, los caminos son de importancia tanto para los servicios directos de los usuarios como para el personal de vigilancia.

# Problemas comunes en la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento

26

La falta de previsión en la operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento ocasiona generalmente problemas comunes en las mismas.

Varios de los problemas que ocurren en las plantas de tratamiento se deben a deficiencias en la operación y el mantenimiento. Una de las causas principales es la falta de previsión de los recursos necesarios para asegurar que los procesos se mantengan en los periodos dispuestos. Esto se pudo constatar en los diagnósticos que realizó la Superintendencia Nacional de Administración de Servicios de Saneamiento (SUNASS) en los años 2008 y 2014.

## Problemas de operación



No se realiza la medición de caudal a la entrada y salida de la planta.



No se controla la distribución de caudales en las baterías.



El pre-tratamiento es deficiente, generando acumulación de sólidos y sedimentos.

Muchas de las plantas de tratamiento cuentan con fallas en el mantenimiento: están llenas de lodos, cubiertas de vegetación o deterioradas. En otros casos, no están en funcionamiento o han sido abandonadas.

## Problemas de mantenimiento



Están colmatadas de lodos, cubiertas de vegetación y/o las estructuras básicas están deterioradas.



En algunos casos las plantas no están en funcionamiento y han sido abandonadas.



No cuentan con presupuesto suficiente para mantenimiento.



Se propone la clausura de la planta, asumiendo que la tecnología es deficiente y obsoleta, pese a estar operativa.



Sustitución de plantas de tratamiento operativas por nuevas tecnologías pese a funcionar correctamente.



Trabajan sobrecargadas, con caudales y cargas orgánicas por encima de la capacidad de diseño o porque han perdido capacidad por una acumulación excesiva de lodos.



Reciben cargas contaminantes no previstas que afectan los procesos biológicos.



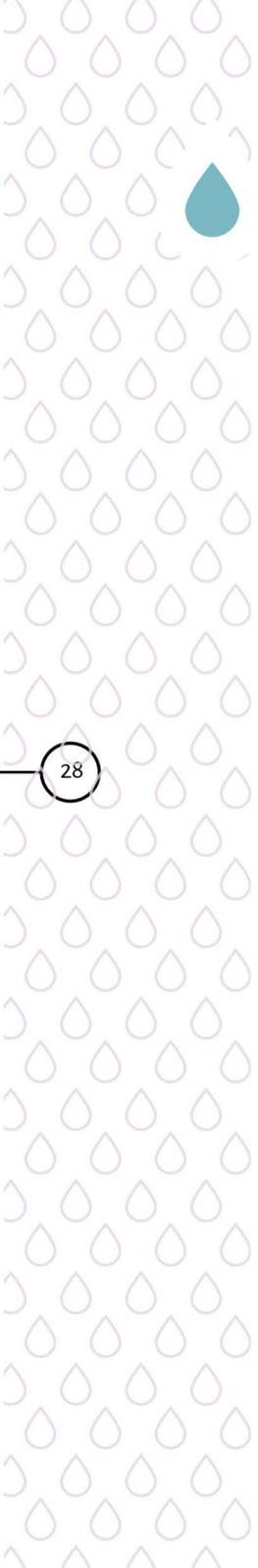
No se realiza monitoreo de los parámetros básicos, que permitan un control del proceso y estimar las eficiencias del sistema.



No cuentan con operadores capacitados que supervisen la operación de rutina.



No cuentan con vigilancia que evite el robo o vandalismo.



# ELABORACIÓN DE UN PERFIL TÉCNICO DE PROYECTO AGRÍCOLA CON AGUAS RESIDUALES



A continuación, se presentan los tres pasos a seguir para la elaboración de un perfil técnico en el marco del estudio de preinversión de un proyecto.

**La segunda etapa** es la formulación: se define el horizonte de evaluación del proyecto, se lleva a cabo un análisis de la demanda y de la oferta, se determina si hay una brecha en el balance oferta-demanda, se prepara un análisis técnico de las alternativas y se determinan costos a precio de mercado.

Todo perfil técnico es compuesto por tres etapas. En primer lugar, la identificación de alternativas de solución; en segundo, su formulación y diseño y, por último, una evaluación y selección de la alternativa adecuada. El nivel de profundidad de la información requerida para su elaboración dependerá del monto de inversión requerido y de cuán complejo sea el proyecto de inversión.

Los contenidos mínimos del estudio de preinversión se encuentran establecidos en la Directiva para la Formulación y Evaluación en el Marco del Siste-

ma Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Esta establece la información necesaria para realizar estudios de preinversión de un perfil, perfil reforzado o perfil de un programa de inversión. Estos, por lo general, contienen similares contenidos pero un enfoque ajustable a la complejidad de cada proyecto.

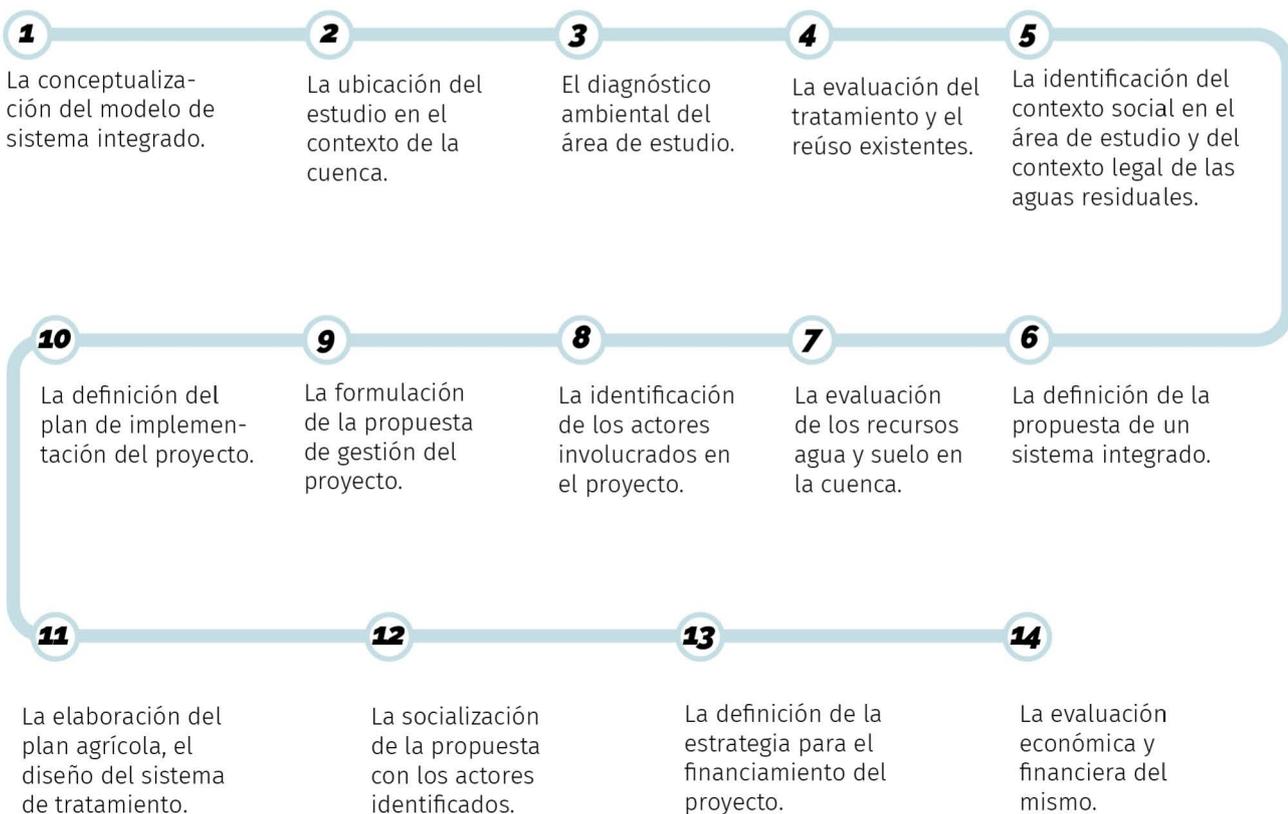
**La primera etapa** es de identificación. Se realiza un diagnóstico, la definición del problema, se identifican sus causas y efectos, se definen los objetivos del proyecto y posibles alternativas de solución.

**En la tercera etapa**, se lleva a cabo la evaluación social y privada, un análisis de sostenibilidad, la gestión del proyecto, la estimación del impacto ambiental que tendrá y, por último, una matriz de marco lógico para la alternativa escogida.

Este perfil técnico permitirá conseguir el financiamiento para el proyecto. Así, se podrán elaborar los estudios definitivos a detalle, el expediente técnico, la ejecución del proyecto y la etapa de post inversión.

## UNA PROPUESTA PARA FORMULAR EL PROYECTO

Para el desarrollo de estos proyectos, la Guía para la Formulación de Proyectos de Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de las Aguas Residuales, elaborada por CEPIS/OPS, propone los siguientes pasos:



# PARÁMETROS DEL PROYECTO AGRÍCOLA

El agua residual es muy beneficiosa para las actividades agrícolas si es que se trata de forma adecuada

Todo proyecto agrícola que pretenda la reutilización de aguas residuales debe contemplar la implementación de un sistema integrado de dos componentes. Estos son:

- a) El componente de tratamiento.
- b) El componente de uso de aguas residuales.

Asimismo, al momento de diseñar el proyecto debe tomarse en consideración los siguientes parámetros:

- a) Disponibilidad de aguas y agua residual.
- b) Elección de los cultivos para

la reutilización.

c) Requerimientos de cantidad y calidad de agua para la producción.

d) Plan de producción.

e) Uso eficiente del agua: Almacenamiento, conducción y riego.

Tener clara la visión del sistema integrado ayudará a que los parámetros agrícolas vayan de la mano con los parámetros del componente de tratamiento.

A continuación, vemos como se relacionan ambos componentes:



## TRATAMIENTO

- Remoción de patógenos.
- Uso de lagunas de estabilización.
- Tender a descarga cero.



## USO AGRÍCOLA

- Calidad sanitaria de acuerdo a cultivos.
  - Aprovechamiento de materia orgánica y nutrientes.
  - Entorno ecológico urbano.
  - Empleo y alimentos seguros.
- eficiente de la cuenca.

Por otro lado, es posible aprovechar la materia orgánica y nutrientes que se encuentran en este tipo de aguas, ya que cuentan con presencia de nitrógeno y fósforo. De esta manera, las actividades agrícolas, acuícolas y forestales pueden

beneficiarse de la reutilización de las aguas residuales.

Por ejemplo, en el siguiente cuadro se puede observar el incremento de la producción agrícola por el reúso de aguas residuales en Tacna - Perú.

## INCREMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD

CULTIVO	REGADO CON AGUAS RESIDUALES TRATADAS	REGADO CON AGUA DE POZO O FERTILIZACIÓN
 Alfalfa	12 Tm/ha	10 Tm/ha
 Maíz	5 Tm/ha	2 Tm/ha
 Trigo	3 Tm/ha	2 Tm/ha
 Cebada	4 Tm/ha	2 Tm/ha
 Avena forrajera	22 Tm/ha	12 Tm/ha
 Tomate	35 Tm/ha	18 Tm/ha
 Ají	12 Tm/ha	7 Tm/ha
 Papa	30 Tm/ha	12 Tm/ha

Fuente: ANA, 2016

# INFRAESTRUCTURA DE RIEGO

Existen dos sistemas de riego. Cada uno con características diferentes. Escoger el mejor será tarea de estudio y análisis de cada actividad y del tipo de agua residual que se usará.

32

Con el tiempo todo puede perfeccionarse. Lo mismo ocurre con el tratamiento de aguas. Los sistemas integrados van incorporando paso a paso mejoras que permitan evitar pérdidas y conseguir mayor eficiencia en el tratamiento y reúso de agua. Esto se ve traducido en mejores vías de conducción, en mejores sistemas de almacenamiento, y mejores sistemas de riego.

Se debe tener claro que los sistemas de riego pueden clasificarse en dos grandes grupos:



## ***Riego por gravedad***

### **OPORTUNIDAD**

Este sistema aprovecha la fuerza propia de la gravedad para conducir el agua hasta los campos, en los que se distribuye a través de surcos o por inundación (pozas).

### **RIESGO**

La eficiencia de utilización del agua en el riego por gravedad es bastante baja, ya que las pérdidas por infiltración o evaporación son altas.



## ***Riego tecnificado***

### **OPORTUNIDAD**

Este sistema lleva el agua a través de tubos o mangueras hasta muy cerca del cultivo, en la dosis adecuada y con mayor frecuencia; lo que disminuye las pérdidas y permite mayor productividad.

### **RIESGO**

Se requiere equipos de presión para llevar el agua y mayores inversiones tanto en equipos como en materiales.

### **DATOS IMPORTANTES:**

Para garantizar que el agua tratada tenga la calidad necesaria, se recomienda realizar análisis periódicos. La frecuencia de dichos análisis dependerá del tipo de procesos efectuados en la planta de tratamiento y de los cultivos regados con los efluentes.

La calidad del tratamiento del agua y su correcta reutilización se prevé en las Guías de la OMS del 2006. En ese sentido, el control sanitario contempla medidas, no solo durante el riego agrícola, sino también antes y durante el tratamiento, además de la comercialización, preparación de alimentos y consumo.

# PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL TRATADA

Para aprovechar las aguas residuales es necesario verificar que se haya logrado remover en medida suficiente los patógenos.



Como en casi todo, la calidad es consecuencia de un correcto proceso. En el caso de aguas tratadas es igual. Si pensamos reutilizar las aguas en beneficio de la agricultura; debemos tomar en cuenta que existen parámetros de calidad mínimos. Por ejemplo:

- Si los efluentes alcanzan menos de 1,000 CTT/100 ml y menos de 1 huevo de nemátode por litro, se puede aceptar el riego. Sin embargo, la legislación peruana prohíbe el cultivo de tallo corto con aguas residuales.
- Si solo se alcanza menos de 1 huevo de nemátode por litro, se debe aplicar la restricción de cultivos: no cultivos de tallo alto y de consumo crudo, ni riego de parques y jardines de contacto primario.

Aunque la OMS en 1989 indicó que los parásitos constituyen el principal riesgo potencial para la salud pública en el uso de las aguas residuales, aún está pendiente incluir la remoción de parásitos, tanto en la formulación de los proyectos, como las exigencias normativas para este tipo de actividades.

A continuación, vemos las directrices de la OMS acerca del uso de aguas residuales para la agricultura y la acuicultura.

## Directrices sobre calidad microbiológica en el reúso de aguas residuales

REUSO	NEMÁTODOS	COLIFORMES FECALES
<b>Riesgo restringido</b>		
Forestación	< 1 huevo / litro	Sin aplicación
Cereales industriales		
Frutales		
Forrajes		
<b>Riesgo irrestricto</b>		
Cultivos de consumo crudo	< 1 huevo / litro	=< 1.000/100 ml
Piscicultura		
Campos deportivos		
Parques públicos		

Fuente: OMS, 1989

## Las guías para un uso seguro

● En el 2006, la OMS publicó las Guías para el Uso Seguro de las Aguas Residuales, Excretas y Aguas Grises.

● Dichas guías sustituyen a las directrices de 1973 y 1989 y, por primera vez, suprimen los umbrales de calidad de los efluentes.

● Estas publicaciones proponen el enfoque de barreras múltiples para garantizar el tratamiento de aguas residuales.

● Las barreras múltiples son una serie de medidas que van desde el tratamiento del agua residual hasta la llegada del producto agrícola al consumidor.



# CONTROL SANITARIO

El control de calidad del agua tratada es fundamental para proteger la inversión en la actividad agrícola y el medio ambiente

La calidad del tratamiento del agua y su correcta reutilización se prevé en las Guías de la OMS del 2006. En ese sentido, el control sanitario contempla medidas, no solo durante el riego agrícola, sino también antes y durante el tratamiento, además de la comercialización, preparación de alimentos y consumo.

Se recomienda una frecuencia de análisis, la cual puede ser determinada por la planta de acuerdo al tipo de proceso y al tipo de productos que elaboren.

*Se debe tomar en cuenta las siguientes características y condiciones a fin de garantizar la calidad del agua:*



A los programas de control de calidad de los suelos regados con aguas residuales o contaminadas conviene incluir los siguientes parámetros:

- Parámetros físico-químicos en el suelo: pH, materia orgánica,

nitrógeno, fósforo, potasio y salinidad y metales pesados (As, Cd, Cr, Pb y Hg).

- Parámetros sanitarios en el suelo: coliformes termo tolerantes (fecales), y nemátodos y protozoos parásitos humanos.



## DATOS IMPORTANTES:

- El Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) es el organismo público especializado en materia de sanidad agraria, calidad de insumos, producción orgánica e inocuidad agroalimentaria.
- Las actividades de reutilización ligadas a la agricultura, ganadería, acuicultura y el manejo de las áreas verdes urbanas normalmente no realizan un control de la calidad de los productos o servicios que brindan.
- Para el control de calidad de suelos debe tomarse en cuenta no solo los aspectos ambientales, también la capacidad del suelo de soportar una actividad agrícola eficiente.

# MARCO INSTITUCIONAL VIGENTE

Son varias las entidades que intervienen en el otorgamiento de la autorización y la fiscalización del reúso de las aguas residuales tratadas en la agricultura. Se trata de una labor multisectorial.

## 1 ENTIDAD RESPONSABLE

**La Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338)**, que reconoce la importancia de gestionar las aguas residuales, le asigna a la Autoridad Nacional del Agua (ANA), adscrita al Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), la responsabilidad de autorizar el reúso de los efluentes tratados, además de autorizar su vertimiento en los cuerpos naturales de agua.

A través de la **Resolución Ministerial N° 041-2018/MINSA**, el Ministerio de Salud (MINSA) eliminó la obligación de que la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) emita opinión técnica respecto al sistema de tratamiento y disposición sanitaria de las aguas residuales domésticas y municipales para su vertimiento y reúso y para la autorización del vertimiento y/o reúso de aguas residuales industriales tratadas.

Solo cuando se trate de los cuerpos receptores que correspondan a la categoría 1 de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, uso poblacional y recreacional, se solicitará la opinión a la DIGESA del Ministerio de Salud. Esto conforme al Decreto Supremo N° 005-2016-MINAM.

## 2 FISCALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN

En el caso del **Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)**, la **Ley N° 29325** indica que se trata de un organismo público técnico especializado, que se encarga de la fiscalización, supervisión, evaluación, control y sanción en materia ambiental, así como de la aplicación de determinados incentivos.

Según la **Ley de Promoción de las Inversiones para el Crecimiento Económico y el Desarrollo Sostenible (Ley N° 30327)**, el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE) es el órgano competente para emitir la Certificación Ambiental Global del estudio ambiental de categoría III. Entonces, el SENACE interviene también en la autorización para

el reúso de aguas residuales industriales, municipales y domésticas tratadas. Debe emitir opinión técnica favorable del sistema de tratamiento y disposición sanitaria de domésticas y municipales para su vertimiento y reúso.

## 3 OTRAS INSTITUCIONES

En cuanto a las autoridades sectoriales, deberán emitir la certificación ambiental de los proyectos de alcance nacional o multiregional en el ámbito de sus competencias. Por su parte, los gobiernos regionales funcionarán como entidades de fiscalización ambiental, por lo que deberán verificar el cumplimiento de las obligaciones ambientales.

Además, de acuerdo con su Reglamento de Organización y Funciones, el MINAGRI incluye una Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego (DGIA), entre cuyas funciones están: identificar necesidades de infraestructura agraria y de riego, proponer estándares técnicos para el diseño y la ejecución de obras de infraestructura hidráulica y promover proyectos de inversión en estos temas.

# BIBLIOGRAFÍA



**Autoridad Nacional del Agua. (2016).**

Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas. Lima: ANA.

**Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). (2002).**

Guía para la formulación de proyectos de sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas. Lima: CEPIS, Organización Panamericana de la Salud (OPS) y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) del Canadá. Recuperado de

<http://www.bvsde.paho.org/bvsar/e/proyecto/guiaproye.pdf>

**Organización Mundial de la Salud (OMS). (1989).**

Directrices Sanitarias sobre el Uso de Aguas Residuales en Agricultura y Acuicultura. Informe de un Grupo Científico de la OMS. Serie de Informes Técnicos 778. Ginebra: OMS.

**Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006).**

Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. 5 volúmenes. Ginebra: OMS.

**Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).**

(2015). Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el ámbito de las Empresa Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS). Lima: Gerencia de Supervisión y Fiscalización de la SUNASS.

**Winpenny, J., Heinz, I. y Koo-Oshima, S. (2013).**

Reutilización del agua en agricultura: ¿beneficios para todos?. Roma: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>



**Autoridad Nacional del Agua**

Calle Diecisiete No. 355, Urb. El Palomar,

San Isidro - Lima, Perú

Telf: 511-2243298

[www.ana.gob.pe](http://www.ana.gob.pe)

[www.minagri.gob.pe](http://www.minagri.gob.pe)

