

# Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales



## **EQUIPO DE TRABAJO**

### **Información de Campo**

Estefanía Miranda  
Irma Heredia  
Luis Guzmán  
Patricia Iñiguez

### **Procesamiento de datos**

Irma Heredia  
Luis Guzmán  
Luis Ayaviri

### **Elaboración**

Carmen Marka  
Fany Sarzuri  
Humberto Gandarillas  
Ivan Mendoza  
Johann Krug  
Luis Guzmán  
Luis Marka  
Sebastian Malter  
Sarah Beerhalter

### **Revisión**

Alejandro Araujo  
Carlos Ortuño  
Emma Quiroga  
Hugo Solíz  
Juan Carlos Rocha  
Luis Sivila  
Maarten Van der Ploeg  
Patricia Venegas  
Rubén Mendez  
Stephanie Heiland

### **Edición, diseño y diagramado**

Unidad de comunicación PROAGRO  
Romeo Marta, Mariela Paredes

### **Agradecimiento**

A la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) de México por el aporte al proyecto "Apoyo en la mejora del reúso y tratamiento de aguas residuales y protección de cuerpos de agua con enfoque de adaptación al cambio climático" Llevado a cabo por la Cooperación Triangular México-Bolivia-Alemania.

Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego  
Calle Héroes del Acre, esq. Conchitas N°1778  
Telf./fax: +591 (2) 2117391  
La Paz-Bolivia  
[www.riegobolivia.org](http://www.riegobolivia.org)

Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico  
Calle Capitán Castrillo N°434  
Telf: +591 (2) 2118563 Fax: +591 (2) 2116132  
La Paz-Bolivia  
[www.mmaya.gob.bo](http://www.mmaya.gob.bo)

Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO)  
Av. Sánchez Bustamante N°509,  
(entre calles 11 y 12 de Calacoto)  
Telf./fax: +591 (2) 2115180  
La Paz-Bolivia  
[www.proagro-bolivia.org](http://www.proagro-bolivia.org)

Programa para Servicios Sostenibles de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Periurbanas (PERIAGUA)  
Av. Sánchez Bustamante, esq. Calle 12 de Calacoto.  
N° 7978, piso 2  
Telf./fax: +591 (2) 2799812  
La Paz-Bolivia  
[www.giz.de](http://www.giz.de)

### **Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales**

Depósito Legal: 4 - 1 - 2384 - 13  
ISBN: 978 - 99974 - 807 - 2 - 9  
La Paz, Octubre 2013

**Autor:** Ministerio de Medio Ambiente y Agua

**Editores:** Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), el Programa para Servicios Sostenibles de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Periurbanas (PERIAGUA), y proyecto "Apoyo en la mejora del reúso y tratamiento de aguas residuales y protección de cuerpos de agua con enfoque de adaptación al cambio climático" Llevado a cabo por la Cooperación Triangular México-Bolivia-Alemania.

**Edición y Fotografías:** Equipo PROAGRO y PERIAGUA

El presente documento ha sido diseñado e impreso con el apoyo de la Cooperación Sueca y Alemana a través del Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO) y de la Cooperación Alemana, a través del Programa para Servicios Sostenibles de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Periurbanas (PERIAGUA). Ambos Programas son ejecutados en Bolivia por Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

# Contenido

ÍNDICE DE ANEXOS .....	III
ÍNDICE DE ESQUEMAS.....	III
ÍNDICE DE MAPAS .....	III
ÍNDICE DE FOTOS .....	III
ÍNDICE DE TABLAS .....	IV
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	IV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	V
PRESENTACIÓN .....	VII
RESUMEN EJECUTIVO .....	1
<b>1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Objetivos .....	7
1.3. Alcances y metodología.....	7
<b>2. CAPÍTULO II: SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>13</b>
2.1. Marco Normativo para el reúso .....	13
2.1.1. Constitución Política del Estado (CPE).....	13
2.1.2. Ley 1333 de Medio Ambiente.....	14
2.1.3. Ley de Riego N° 2878 .....	16
2.1.4. Ley de la Madre Tierra N° 300.....	16
2.1.5. Plan Sectorial de Desarrollo de Saneamiento Básico .....	17
2.1.6. Ley de Prestación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario N° 2066 .....	17
2.2. Marco Institucional para el reúso .....	18
2.2.1. Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA).....	18
2.2.2. Actores sub nacionales para el reúso.....	19
2.2.3. Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Saneamiento (EPSA).....	21
2.2.4. Universidades .....	21
2.3. Tipos de tratamiento de aguas residuales .....	22
2.3.1. Esquema conceptual de los tipos de tratamiento.....	22
2.3.2. Descripción de tecnologías.....	23
2.3.2.1. Pre-tratamiento .....	23
2.3.3. Tratamiento primario .....	24
2.3.3.1. Sedimentadores primarios .....	25
2.3.3.2. Tanques sépticos .....	25
2.3.3.3. Tanques Imhoff .....	26

## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

2.3.3.4.	RAFA (UASB) .....	26
2.3.3.5.	RALF.....	27
2.3.3.6.	Filtros anaerobios.....	28
2.3.3.7.	Lagunas anaerobias .....	28
2.3.4.	Tratamiento secundario .....	29
2.3.4.1.	Lagunas de estabilización .....	30
2.3.4.2.	Filtros biológicos/ filtros percoladores .....	33
2.3.5.	Tecnologías de tratamiento terciario .....	35
2.3.5.1.	Lagunas de maduración .....	36
2.3.5.2.	Humedales artificiales .....	36
2.3.5.3.	Desinfección - luz ultravioleta (UV) .....	37
2.4.	Usos posibles para las aguas residuales .....	43
2.5.	Riego con aguas residuales .....	44
2.5.1.	Demanda de agua para riego.....	44
2.5.2.	Sistemas de riego .....	46
2.5.2.1.	La organización campesina para la gestión de los sistemas de riego.....	46
2.5.2.2.	Los derechos al agua para riego .....	46
2.5.2.3.	La operación y distribución del agua en los sistemas de riego .....	47
2.5.2.4.	El mantenimiento de los sistemas de riego.....	47
<b>3.</b>	<b>CAPÍTULO III: RELEVAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES .....</b>	<b>49</b>
3.1.	Situación actual de reúso y presencia de PTAR .....	49
3.1.1.	Poblaciones de estudio.....	49
3.1.2.	Presencia de PTAR .....	50
3.1.3.	Áreas de riego .....	64
3.1.4.	Problemas relacionados al reúso de aguas residuales en agricultura .....	66
3.2.	Criterios normativos de regulación de reúso de aguas residuales .....	69
3.2.1.	Riesgos del reúso de aguas residuales en la agricultura .....	76
3.3.	Percepción de los usuarios respecto al uso de aguas residuales.....	76
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO IV: LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS .....</b>	<b>80</b>
4.1.	Estrategias de Capacitación .....	80
4.2.	Estrategias del Marco Regulatorio .....	81
4.3.	Estrategia Financiera.....	82
4.4.	Estrategia de Comunicación .....	84
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....</b>	<b>85</b>
<b>6.</b>	<b>FICHAS RESUMEN.....</b>	<b>86</b>
6.1.	Fichas Resumen Chuquisaca .....	87
6.2.	Fichas Resumen La Paz.....	123
6.3.	Fichas Resumen Cochabamba .....	163

## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

6.4.	Fichas Resumen Oruro .....	209
6.5.	Fichas Resumen Potosí.....	231
6.6.	Fichas Resumen Santa Cruz.....	255
6.7.	Fichas Resumen Tarija.....	293
	Glosario .....	309

### ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 .....	310
Anexo 2.....	313
Anexo 3.....	322
Anexo 4 .....	324
Anexo 5.....	327
Anexo 6.....	328
Anexo 7.....	330

### ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1: Instituciones integrantes de la Comisión Mixta .....	7
Esquema 2: Marco Institucional.....	21
Esquema 3: Tratamiento preliminar .....	23
Esquema 4: Tratamiento primario .....	24
Esquema 5: Tanque Imhoff.....	26
Esquema 6: Reactor RAFA.....	27
Esquema 7: Proceso biológico de tratamiento.....	30
Esquema 8: Serie de lagunas de estabilización.....	31
Esquema 9: Tratamiento terciario .....	35
Esquema 10. Clasificación para riego restringido .....	75

### ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación de centros poblados estudiados.....	8
Mapa 2: Mapa de isoyetas, Bolivia.....	45

### ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Laboratorio portátil HACH 890 .....	11
Foto 2: Foto trabajo de gabinete .....	12
Foto 3: Tamíz PTAR Santa Cruz.....	23
Foto 4: Desarenador en PTAR de Sucre.....	23
Foto 5: Tanque Imhoff en Sucre, Chuquisaca .....	25
Foto 6: RALF en Villamontes, Tarija .....	27
Foto 7: Filtro anaerobio .....	28
Foto 8: Lagunas de estabilización en la ciudad de El Alto .....	31
Foto 9: Lagunas de estabilización en Santa Cruz .....	31
Foto 10: Lagunas en San Cristóbal, Potosí.....	32

## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

Foto 11:	Vista aérea lagunas de Santa Cruz .....	32
Foto 12:	Sistema de aireación superficial.....	33
Foto 13:	Filtros percoladores en la ciudad de Sucre.....	34
Foto 14:	Biopelícula de los filtros percoladores en la ciudad de El Alto, La Paz .....	34
Foto 15:	Filtros percoladores en la ciudad de El Alto, La Paz.....	35
Foto 16:	Laguna en Tupiza, Potosí .....	36
Foto 17:	Desinfección mediante UV en la PTAR de Postrer Valle, Santa Cruz .....	38
Foto 18:	Tratamiento de lodos en Villamontes, Tarija .....	38
Foto 19:	Pre-tratamiento totalmente descuidado. Tarata, Cochabamba.....	59
Foto 20:	Lagunas de estabilización sin mantenimiento. Eucaliptus, Oruro.....	59
Foto 21:	Laguna anaeróbica colmatada por falta de mantenimiento y fallas en el pre-tratamiento (PTAR San Luis, Tarija) .....	59
Foto 22:	Laguna destruida por las riadas - problema de la construcción; Capinota, Cochabamba.....	60
Foto 23:	Hidráulica mal diseñada de la laguna creando zonas muertas - problema de la construcción; PTAR Comparapa, Santa Cruz.....	61
Foto 24:	Tomas de agua ilegales en la PTAR. Alba Rancho, Cochabamba.....	61
Foto 25:	Bombeo de las aguas residuales para su uso (sindicato de bomberos). La Maica, Cochabamba.....	65
Foto 26:	Cultivos regados con aguas del río La Paz .....	66
Foto 27:	Preparación de terrenos para el riego. Tarata, Cochabamba .....	67
Foto 28:	Riego con aguas residuales. Quillacollo, Cochabamba .....	67
Foto 29:	Río después de recibir toda la descarga del sistema de alcantarillado. Cliza, Cochabamba.....	68
Foto 30:	Residuos líquidos industriales vertidos directamente al río Choqueyapu. La Paz, La Paz .....	69

### iv

#### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Ejemplos de problemas con agua residual en ciudades de Bolivia.....	5
Tabla 2:	Competencias concurrentes en los niveles sub nacionales en Recursos Hídricos y Riego y Agua Potable y Saneamiento Básico .....	20
Tabla 3:	Principales elementos y procesos del pre tratamiento.....	23
Tabla 4:	Ventajas y desventajas de los sistemas de tratamiento .....	39
Tabla 5:	Niveles de tratamiento por departamento.....	52
Tabla 6:	PTAR según etapa de tratamiento que cuentan con tratamiento preliminar .....	53
Tabla 7:	Riesgos para la salud.....	67
Tabla 8:	Riesgos de salud asociados al riego con ARD .....	70
Tabla 9:	Reducción de patógenos con medidas de protección de salud .....	72
Tabla 10:	Monitoreo de verificación para el tratamiento de aguas .....	73
Tabla 11:	Frecuencia de monitoreo para la implementación de barreras múltiples.....	73
Tabla 12:	Método de Aplicación de Riego.....	74
Tabla 13:	Remoción de patógenos según tratamiento.....	74
Tabla 14:	Incentivos de financiamiento de O&M.....	83

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Población en centros poblados estudiados .....	49
Gráfico 2. Distribución de estudios realizados según región .....	50
Gráfico 3. Presencia de PTAR en estudios realizados en Bolivia .....	50
Gráfico 4. Presencia de PTAR en estudios realizados por departamento.....	51
Gráfico 5. Presencia de PTAR en estudios realizados por región .....	51
Gráfico 6. Tecnologías identificadas en las PTAR estudiadas .....	52
Gráfico 7. Tecnologías identificadas en las PTAR estudiadas en la región de Valles .....	54
Gráfico 8. Tecnologías identificadas en las PTAR estudiadas en la región del Chaco .....	54
Gráfico 9. Tecnologías identificadas en las PTAR estudiadas en la región del Altiplano .....	54
Gráfico 10. Tecnologías identificadas en las PTAR estudiadas en la región de los Llanos.....	54
Gráfico 11. Operación de PTAR en estudios realizados en Bolivia.....	55
Gráfico 12. Efectividad en PTAR con base en DQO en estudios realizados en Bolivia .....	56
Gráfico 13. Efectividad en PTAR con base en DQO en estudios realizados en la región de Valles.....	57
Gráfico 14. Efectividad en PTAR con base en DQO en estudios realizados en la región del Chaco .....	57
Gráfico 15. Efectividad en PTAR con base en DQO en estudios realizados en la región del Altiplano .....	57
Gráfico 16. Efectividad en PTAR con base en DQO en estudios realizados en la región de los Llanos .....	57
Gráfico 17. Principales problemas en PTAR estudiadas en Bolivia.....	58
Gráfico 18. Principales problemas en PTAR estudiadas por departamento.....	62
Gráfico 19. Principales problemas en PTAR en la región de Valles.....	63
Gráfico 20. Principales problemas en PTAR en la región del Chaco .....	63
Gráfico 21. Principales problemas en PTAR en la región del Altiplano .....	63
Gráfico 22. Principales problemas en PTAR en la región de los Llanos .....	63
Gráfico 23. Porcentaje de áreas de riego según departamento .....	64
Gráfico 24. Ha. regadas con agua residual por departamento.....	65
Gráfico 25. Áreas de riego con agua residual.....	66
Gráfico 26: Opciones para la reducción de agentes patógenos.....	71

### ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tratamiento convencional del ARD .....	22
Ilustración 2. RALF .....	27
Ilustración 3. Biodegradación microbiana.....	29
Ilustración 4. Humedal artificial del flujo superficial .....	37
Ilustración 5. Humedal artificial del flujo sub superficial.....	37

### ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Áreas urbana y de riego .....	9
---	---





## Presentación

El reúso de las aguas residuales tratadas (o no tratadas) provenientes de centros urbanos es una práctica común en regiones áridas y semiáridas de Bolivia, que debido a la escasez, el difícil acceso y el incremento de la demanda del recurso, se constituye en una apreciable fuente suplementaria de agua. La escasez de agua para la agricultura, aumenta la necesidad de utilización de aguas de inferior calidad, lo cual puede limitar la productividad agrícola e influir en la degradación de suelos.

Actualmente hay que resaltar que la reutilización del agua es un factor indispensable para la sociedad, especialmente en tiempos de variabilidad y Cambio Climático, ya que al ser un recurso renovable, se lo debería tratar como tal, favoreciendo la implementación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) tecnológicamente aptas para generar un reúso, de manera que se cuente con mayores beneficios productivos y réditos económicos.

El principal objetivo de la presente publicación es mostrar la situación actual del reuso de aguas residuales (tratadas y no tratadas) en Bolivia, facilitando la identificación de centros urbanos de los que se reutiliza estas aguas en la agricultura, determinando sus principales características y problemáticas. Además se quiere promover la integración de varias visiones sectoriales e intereses en el proceso de definir posibles líneas estratégicas que permitan avizorar soluciones a seguir.

El estudio realizado, identifica 105 centros poblados donde se reutiliza el agua residual en la agricultura o en otras actividades, mostrando su distribución según departamento, tipo de tratamiento, tipo de cultivos regados y población abastecida, describiendo además los principales problemas que presentan.

En el análisis y descripción que se presenta de la problemática del reuso de aguas residuales tratadas en la agricultura, queda implícita la necesidad de sensibilizar a las autoridades sectoriales e intersectoriales involucradas de una u otra manera en la temática, así como a la población en su conjunto, motivando la discusión y la búsqueda de soluciones prácticas que orienten la definición de políticas y estrategias públicas, para la gestión adecuada de estos recursos hídricos en el marco del desarrollo sustentable del país, en tiempos de Cambio Climático.



Lic. José Antonio Zamora Gutiérrez  
MINISTRO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA  
ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

## Resumen Ejecutivo

La necesidad de contar con información que muestre la situación actual de Bolivia en el tema de reúso de aguas residuales es de gran importancia, ya que es un país que cada vez enfrenta de diferente manera a los efectos del Cambio Climático, principalmente los relacionados a las sequías. La sistematización de información presentada en el documento sobre tratamiento de aguas residuales y los sistemas de reúso, en particular los agrícolas que aprovechan estas aguas tratadas, se basa en la recopilación de información de 111 casos de estudio, enfocando la atención en 105 centros poblados de 98 municipios del Estado Plurinacional de Bolivia.

Este estudio es producto de una Comisión Mixta Intersectorial entre los representantes gubernamentales de los sectores de agua potable, saneamiento básico y riego, quienes al ver la necesidad de trabajar en conjunto estos temas, dan un primer paso para conocer la realidad nacional en la que se va a trabajar a futuro, estableciendo la estrategia de reúso de aguas.

Antes de introducir al lector en el diagnóstico central del estudio, se presentan las alternativas y potencialidades que el agua residual debidamente tratada de un centro poblado puede tener, principalmente en las poblaciones rurales. A continuación se presenta una parte teórica en la que se describen las tecnologías de tratamiento existentes en Bolivia, tomando en cuenta los tratamientos primarios, secundarios y terciarios.

El presente documento también muestra información sobre el Marco Institucional

relacionado a las entidades nacionales encargadas de los temas de agua potable, saneamiento, riego y manejo de recursos hídricos, quienes en el futuro serán las encargadas de manejar el tema de reúso de aguas.

Un punto importante del documento es la recopilación de información relacionada al tema hídrico en Bolivia, que muestra niveles máximos de contaminación y límites permisibles a ciertos parámetros que da el Estado boliviano para descargas en cuerpos de agua. Sin embargo, cabe resaltar que aún no existe una legislación específica que regule el funcionamiento de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y el reúso de aguas tratadas y sin tratar.

Con todo el contexto brindado en los diferentes capítulos, el diagnóstico sobre la situación actual de reúso y presencia de PTAR revela que existe una debilidad institucional, normativa, técnica y social en el tema de tratamiento de aguas residuales contemplado desde el diseño hasta la puesta en marcha de los proyectos de PTAR, al igual que se muestra que hay un uso irrestricto de agua residual sin tratar en una variedad de actividades, resaltando principalmente el riego agrícola de una diversidad de productos, lo que resulta perjudicial para la salud de la población.

Para la selección de los centros urbanos a estudiar se tomaron en cuenta tres criterios de preselección que se basan en el número de habitantes, la presencia de PTAR o sistema de alcantarillado y el área de riego. Luego se realizó la visita de campo, tomando como base los mismos criterios para hacer el levantamiento de datos y posteriormente la sistematización de los resultados.

## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

El diagnóstico revela cuáles son los principales problemas encontrados relacionados al reúso de aguas residuales en la agricultura, que están relacionados a salubridad y a contaminación del medio ambiente.

Se hace referencia al riego con aguas residuales dando una descripción social sobre la demanda de agua para riego y los sistemas de riego. También se mencionan los criterios normativos de reúso de aguas residuales en cultivos y cuál es la percepción de los usuarios.

Para identificar los riesgos que se tienen al reutilizar el agua sin tratar en la agricultura, se presenta el enfoque de múltiples barreras y manejo de riesgos para asegurar la salud de la población.

Una vez que se tiene la información sobre la situación actual del reúso en Bolivia, la Comisión Mixta define los lineamientos estratégicos sobre el reúso como una posible respuesta a la problemática presentada en el diagnóstico, abarcando temas de capacitación, financieros, regulación del marco normativo y de comunicación.

Y finalmente, para poder visibilizar la información del diagnóstico se presentan las fichas resumen del levantamiento de datos de cada uno de los estudios realizados en los 7 departamentos que el estudio abarca.

# 01. Introducción

Las irregularidades climáticas de la zona andina boliviana, agravadas por factores como los efectos del Cambio Climático -con mayor frecuencia de sequías en varias regiones-, la pérdida progresiva de los glaciares como importante fuente de agua durante los deshielos, la contaminación superficial y subterránea en varias cuencas, la sobreexplotación de acuíferos subterráneos, la creciente demanda de agua potable para los centros urbanos cuya población aumenta aceleradamente por la migración del campo, así como el aumento de la cantidad de agua requerida para la producción agrícola bajo riego, han declinado las posibilidades de dotación de agua, y tal como ha sido constatado durante el relevamiento de información que se presenta en este documento, la práctica del reúso de las aguas residuales tratadas (o no tratadas) en agricultura, provenientes de centros urbanos se ha convertido en una práctica común en las regiones áridas y semiáridas de Bolivia.

La escasez de agua para la agricultura, el difícil acceso a fuentes de aguas claras, y en general, la competencia intersectorial por el agua como consecuencia del incremento de la demanda para diversos fines (agua de consumo, riego, minería, industria, etc.), han llevado a que las aguas residuales se constituyan en un recurso muy valioso y en una apreciable fuente de agua para su uso en la agricultura bajo riego, pues a pesar de los efectos adversos que puedan tener a mediano y largo plazo en la degradación de suelos a causa de la salinización y deposición de metales pesados, en el corto plazo el rendimiento de los cultivos es mayor por el alto contenido de nutrientes de estas aguas.

Sin embargo, el aspecto más preocupante del reúso no controlado de aguas residuales con fines de riego está relacionado con impactos significativos sobre la salud humana, tanto de los agricultores usuarios de este tipo de aguas, como de los consumidores de productos cultivados con ellas.

Estos impactos podrían ser minimizados mediante la implementación de mecanismos multi-barreras que consideran riesgos aceptables basados en metas de salud. Dichos mecanismos tienen que ver con la implementación de PTAR, métodos de aplicación de riego, restricción de cultivos, manejo de alimentos regados con Aguas Residuales Domésticas (ARD) tratadas, y aplicación de inmunizaciones en algunos casos. Se trata entonces de cambiar el paradigma de tratamiento de aguas residuales, sin perder de vista que el tratamiento en sí mismo es la barrera más importante para la protección de la salud, pero que el mismo sea adecuado a las capacidades materiales y humanas del entorno en el cual se quiere hacer el reúso

El desconocimiento de los alcances de las prácticas de reúso de las aguas residuales con fines de riego en el país, ha llevado a que, en una alianza estratégica, se haya creado una Comisión Mixta Interinstitucional conformada por las cabezas de los sectores involucrados para efectuar, en primera instancia, un relevamiento de lugares, características y alcance del reúso de aguas residuales en todo el país.

Según el Plan Sectorial de Desarrollo de Saneamiento Básico (PSDSB) 2011 – 2015, en Bolivia existen aproximadamente 5,0 millones de habitantes que no cuentan con sistemas de alcantarillado y 2,5 millones de habitantes que no tienen acceso al agua potable; esto muestra que la mayor demanda al sector es el acceso al agua potable. También destaca que la disposición final de las aguas residuales recolectadas sin tratamiento llega a un 70%, lo cual se constituye en una fuente importante de contaminación de los cursos de agua, suelos y acuíferos.

Como se indica en el PSDSB, la escasez de agua para riego y la carencia de PTAR provocarían la intensificación del uso de aguas servidas altamente contaminadas y sin ningún tipo de tratamiento. Por lo tanto, son necesarias acciones que deben emprender los actores sectoriales.

En ese sentido, el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) formuló una política para el Uso Eficiente del Agua que propone la implementación de PTAR con enfoque de reúso.

Es necesario incentivar el reúso de aguas en la agricultura y un adecuado tratamiento de éstas haciendo uso de diversas tecnologías disponibles para disminuir los niveles de contaminación existentes, permitiendo contar con agua apta para riego de cultivos, precautelando la salud de productores y consumidores; además, coadyuvar en el incremento de agua para consumo humano.

Algunas de las ventajas de la reutilización de las aguas residuales tratadas en la agricultura son:

- » La posibilidad de desviar aguas claras a otros usos estratégicos, disminuyendo la presión de demanda de agua potable.
- » Ampliación de las áreas de riego periurbanas.
- » Disminución de vertidos contaminantes a ríos y lagos.
- » Contribuir como medida de Adaptación al Cambio Climático (ACC).



Con la información de este relevamiento, se ha posibilitado evaluar la magnitud, las experiencias, las limitaciones, las bondades y, sobre todo, la necesidad de trabajar en la elaboración o ajuste de normativas, legislación ambiental y agrícola, tecnología, y en el desarrollo de políticas y estrategias que permitan el uso más eficiente del agua, resolviendo simultáneamente los problemas de abastecimiento y recolección de aguas de los centros urbanos, aumentando y mejorando mediante un tratamiento adecuado la dotación de agua a la agricultura.

Este documento presenta un resumen de los resultados del relevamiento de reúso de aguas residuales en Bolivia y diversos aspectos relacionados con las potencialidades que existen con relación a este tipo de aprovechamientos en muchas regiones del país, las tecnologías de tratamiento de aguas que ya se han utilizado y los resultados de su aplicación y funcionamiento, las normativas existentes, el marco institucional, y además, se plantea algunos lineamientos de estrategias y de políticas que podrían contribuir a mejorar el marco general del reúso de aguas residuales.

## 1.1. Antecedentes

El reúso de las aguas residuales es una práctica que se realiza desde hace varias décadas en diferentes partes del mundo, esto debido principalmente a la escasez de agua y a los beneficios que se tienen por la carga de nutrientes que lleva el agua residual. En Bolivia se tienen diferentes problemas relacionados al uso de aguas residuales (con y sin tratamiento), problemas en la eficiencia de tratamiento debido a que las PTAR están diseñadas para prevenir la contaminación del medio ambiente, no así para tener aguas aptas para el riego de cultivos. En la Tabla 1 se puede observar tres ejemplos de ciudades en Bolivia que presentan problemas relacionados con el uso de aguas residuales y PTAR, que fueron la motivación para realizar el estudio.

**Tabla 1: Ejemplos de problemas con agua residual en ciudades de Bolivia**

Centro Urbano	Descripción
<p>Cochabamba</p> 	<p>La PTAR de Alba Rancho, ubicada al suroeste de la ciudad de Cochabamba, recibe el agua de la red de alcantarillado mediante dos emisarios que provienen del norte y sur de la ciudad; aproximadamente el 40% de los pobladores está conectado a la red.</p> <p>La zona donde está ubicada la PTAR se caracteriza por ser productora de leche, ya que la principal actividad es la ganadería bovina; el agua para el riego de pastizales proviene de la PTAR, la cual no tiene un tratamiento efectivo de las aguas debido, entre otros aspectos, a la sobrecarga que presenta.</p>
<p>El Alto</p> 	<p>En la ciudad de El Alto, el 63% de los hogares cuenta con acceso a la red de alcantarillado sanitario. Actualmente existe una PTAR que consiste en (6) lagunas de estabilización y (3) filtros percoladores que en la actualidad no están funcionando (PTAR Puchukollo) y tratan el afluente de las redes de recolección, emisarios y colectores de primer orden de la ciudad. La planta se encuentra en una fase de ampliación.</p> <p>El agua tratada se descarga a Río Seco, sin embargo, una parte del agua residual de la ciudad descarga directamente al río sin ningún tratamiento. Considerando que una parte de la población se dedica a la agricultura, los agricultores utilizan el agua del emisario y del efluente para regar sus cultivos.</p> <p>El receptor del Río Seco es el Río Catari, que desemboca en el lago menor del Lago Titicaca, por lo cual la planta de Puchukollo cumple un rol importante para evitar su contaminación.</p>
<p>Tarija</p> 	<p>La PTAR de Tarija realiza un tratamiento mediante lagunas en tres etapas: dos lagunas anaeróbicas, una facultativa y una de maduración. Actualmente, la PTAR está sobrecargada, sólo una de las lagunas anaeróbicas está siendo utilizada –la que recibió mantenimiento hace dos años–, la segunda necesita un dragado y limpieza debido a que se encuentra colmatada.</p> <p>La PTAR también cuenta con una planta de bio-abono donde el lodo es tratado con lombrices; además, tiene con un laboratorio de calidad de aguas que realiza muestreos diarios.</p> <p>Existe un reúso de aguas residuales por parte de la población aledaña a la PTAR, principalmente en cultivos de vid y pasturas.</p>

Entre las principales causas de los problemas encontrados en PTAR, se encuentran sobre todo las deficiencias relacionadas con la sostenibilidad de las plantas en cuanto a operación y mantenimiento, la falta de capacidades específicas del personal para asegurar el buen funcionamiento de las PTAR. A ello se suma que las PTAR no se dimensionan para que su efluente sea utilizado en reúso (por ejemplo el tratamiento bacteriológico, metales pesados y otros). Tampoco existen en el país los suficientes recursos humanos especializados en PTAR en el país que puedan cubrir esta falencia.

Por otra parte, en Bolivia hay una carencia en cuanto normativas específicas a este tema, pues no hay una Norma o Reglamento que regule el vertido de Aguas Residuales No Domesticas (como hospitales, industrias y otros) a los sistemas de alcantarillado. Esta situación hace que las PTAR no funcionen adecuadamente según su diseño original, generando conflictos ambientales y hasta sociales.

Tampoco existe una Norma de Reúso de Aguas Residuales Tratadas que establezca:

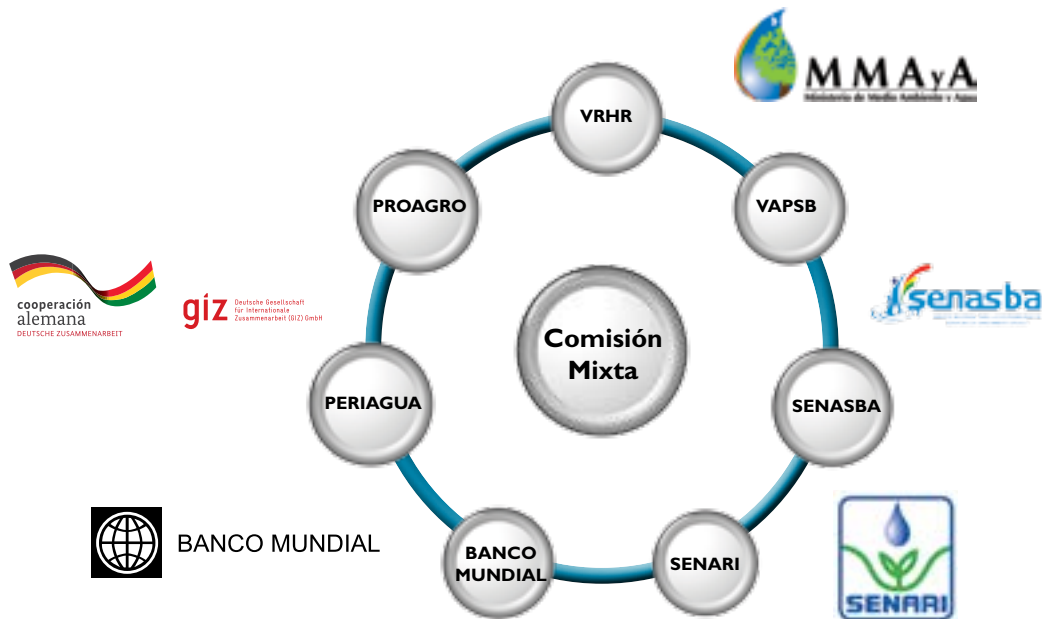
- » Parámetros de calidad de efluentes para diferentes tipos de cultivos; clasificación de los tipos de cultivos.
- » Reglamentos y guías técnicas de Diseño de PTAR con fines de reúso.
- » Establecimiento de los responsables (quién ejecuta, quién administra, etc.).

Conociendo esta problemática nacional y con el propósito de contrarrestar los problemas

relacionados al uso de agua residual para otros fines como lo es la agricultura y la falta de coordinación entre instituciones de los sectores de saneamiento y riego, en Bolivia se ha conformado la Comisión Mixta que es una plataforma intersectorial encargada de contribuir en la identificación y sistematización de los problemas principales relacionados con el reúso, promover análisis y debate sobre ellos, proponer lineamientos estratégicos y mecanismos de coordinación intersectorial para mejorar las condiciones de seguimiento y control del reúso agrícola de las aguas residuales, además de planes para el desarrollo de capacidades institucionales y técnicas mediante un enfoque integral respecto al uso eficiente de agua.

La Comisión está conformada por representantes de varias instancias: Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego (VRHR), Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB), Servicio Nacional de Riego (SENARI), Servicio Nacional para la Sostenibilidad de los Servicios en Saneamiento Básico (SENASBA), además de la Cooperación Alemana GIZ a través de los Programas de Desarrollo Agropecuario Sustentable PROAGRO y del Programa para Servicios Sostenibles de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Periurbanas PERIAGUA (anteriormente Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en Pequeñas y Medianas Ciudades PROAPAC).

**Esquema 1: Instituciones integrantes de la Comisión Mixta**



**1.2. Objetivos**

A partir de los resultados del relevamiento realizado en lugares donde se usan aguas residuales con fines de riego, proponer lineamientos estratégicos para el desarrollo de capacidades, de normativas, de financiamiento y de comunicación que impulsen el uso seguro de las aguas residuales tratadas.

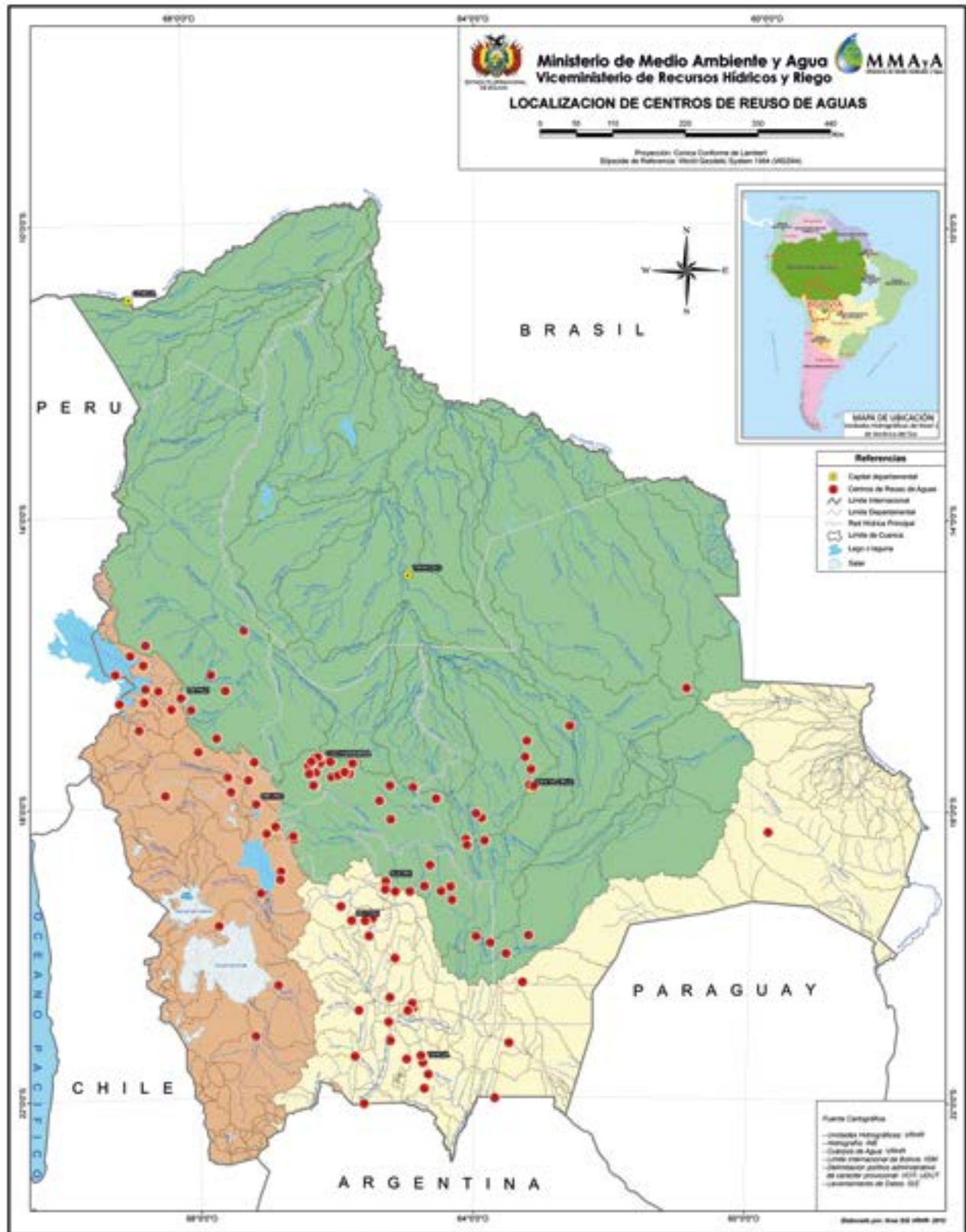
**1.3. Alcances y metodología**

El estudio contempla las zonas áridas y semiáridas, que consideran a siete de los nueve Departamentos de Bolivia.

No se incluye información de los departamentos de Beni y Pando debido a que no existe déficit hídrico en riego, por tanto, el reúso de aguas residuales en la agricultura no es un factor relevante como medida de adaptación al Cambio Climático en estos dos departamentos amazónicos. En el Mapa I se puede observar los centros poblados estudiados y documentados.



Mapa 1: Ubicación de centros poblados estudiados

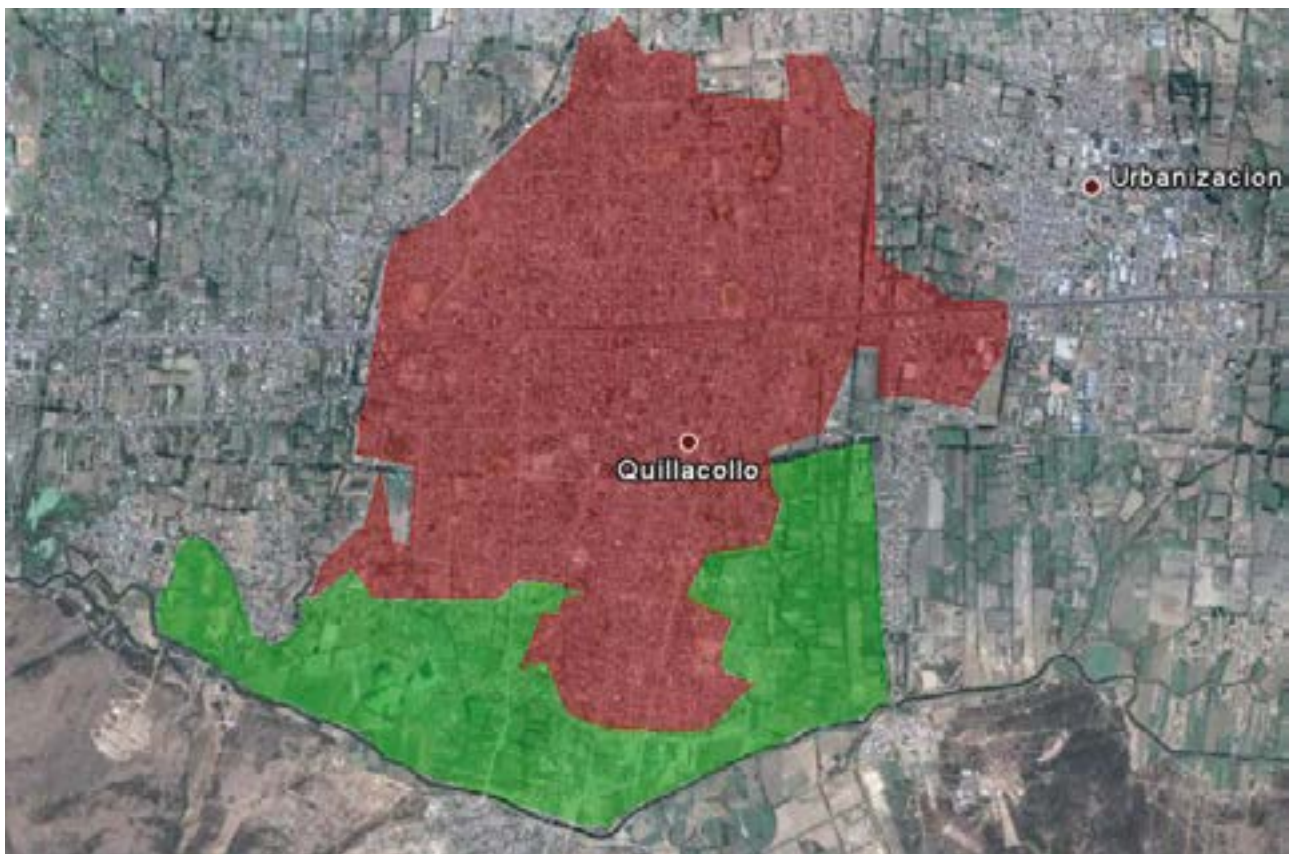


La metodología de trabajo se desarrolló en 3 fases que se detallan a continuación.

### Fase 1. Recopilación y análisis de información existente sobre la temática

- » El primer paso fue la recopilación, revisión y análisis de información existente, lo que permitió realizar una pre-selección de posibles centros poblados -tomados como referencia-, donde se reutiliza el agua en la agricultura y que cumplen por lo menos uno de los tres criterios que fueron tomados en cuenta:
  - 1) Que exista una población mayor a 2000 habitantes, ya que con esta cantidad se puede considerar a una zona como urbana.
  - 2) Que tenga un sistema de alcantarillado con o sin PTAR.
  - 3) Que tenga un área de riego con aparente práctica de reúso con aguas residuales tratadas o no.
- » Las herramientas principales que se utilizaron fueron datos del Instituto Nacional de Estadística (INE - datos 2001), imágenes de Google Earth y Planes de Desarrollo Municipal (PDM), que permitieron pre-identificar los centros poblados que tienen probables actividades de reúso de aguas, siendo 105 en total, de los cuales se tienen 111 casos estudiados. (Anexo I).
- » La duración de esta fase abarcó de mayo a junio de 2010.

**Imagen 1: Áreas urbana y de riego**



## Fase 2. Trabajo de Campo

- » El trabajo realizado corresponde sólo a las ARD y excluye a los Residuos Líquidos Industriales (RILES), debido a que estos últimos son de diferente naturaleza y requieren de una amplia gama de tecnologías de tratamiento de acuerdo a lo que produzcan las industrias.
- » El levantamiento de la información en campo tuvo como principales actividades:
  - Encuestas semiestructuradas, aplicadas a técnicos de los distintos municipios para conocer información del sistema de alcantarillado y datos de la PTAR.
  - Visita a la PTAR para realizar una descripción de la tecnología utilizada y los problemas que presenta.
  - Encuesta abierta a los usuarios de aguas residuales para conocer su percepción sobre el reúso y los problemas o beneficios que se les presenta.
  - Análisis puntual en un laboratorio portátil<sup>1</sup> tanto de los afluentes y efluentes de las PTAR como del agua de riego; los resultados obtenidos son de orientación y carecen de certificación.
  - Los principales parámetros identificados fueron:

pH	Nitrógeno Amoniacal
Demanda Química de Oxígeno	Fosfatos
Sólidos suspendidos	Cromo Hexavalente
Oxígeno Disuelto	Cobre
Nitratos	Manganeso
Nitritos	Hierro

- » Para recopilar toda la información se realizó una ficha de registro de reúso que incorpora fotografías y descripciones (Anexo 2).
- » La duración de esta fase abarcó desde julio 2010 hasta octubre de 2011.

<sup>1</sup> Laboratorio HACH CEL 890 para análisis de aguas residuales



**Foto 2: Foto trabajo de gabinete**



Es importante recalcar que el trabajo realizado fue de “reconocimiento a nivel de relevamiento”, que implica principalmente una descripción de elementos referenciales relevantes para entender las características de la temática de

reúso de aguas residuales, tratadas o sin tratar, particularmente para riego, que ejemplifican situaciones que podrán orientar las decisiones relacionadas con el tratamiento y reúso de aguas residuales.

## 02. Situación Actual

### 2.1. Marco Normativo para el reúso

No existe una ley específica que regule el reúso de aguas residuales en la agricultura, sin embargo, existen leyes sectoriales que determinan reglas de uso del agua. De igual manera, en Bolivia las leyes están basadas en la protección del medio ambiente, como se puede apreciar en los siguientes numerales:

#### 2.1.1. Constitución Política del Estado (CPE)

La Constitución Política del Estado fue promulgada el 7 de febrero de 2009, en la que respecto a temas de reúso expresamente, no tiene ningún artículo específico, aunque cuenta con un capítulo sobre recursos hídricos y otro de medio ambiente, entre los que podemos destacar para el presente trabajo:

En el Título II Medio Ambiente, Recursos Naturales, Tierra y Territorio, el artículo 342 establece que es deber del Estado y de la población conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y la biodiversidad, así como mantener el equilibrio del medio ambiente.

En el Capítulo Quinto referente a Recursos Hídricos, reglamenta todo el marco de uso y aprovechamiento de los recursos hídricos:

La CPE, en el artículo 342, indica que:

- » Es deber del Estado y de la población conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y la biodiversidad, así como mantener el equilibrio del medio ambiente.

El Artículo 373 señala lo siguiente:

- I. El agua constituye un derecho fundamentalísimo para la vida, en el marco de la soberanía del pueblo. El Estado promoverá el uso y acceso al agua sobre la base de principios de solidaridad, complementariedad, reciprocidad, equidad, diversidad y sustentabilidad.
- II. Los recursos hídricos en todos sus estados, superficiales y subterráneos, constituyen recursos finitos, vulnerables, estratégicos y cumplen una función social, cultural y ambiental. Estos recursos no podrán ser objeto de apropiaciones privadas y tanto ellos como sus servicios no serán concesionados y están sujetos a un régimen de licencias, registros y autorizaciones conforme a Ley.

El artículo 374 establece que:

- I. El Estado protegerá y garantizará el uso prioritario del agua para la vida. Es deber del Estado gestionar, regular, proteger y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos, con participación social, garantizando el acceso al agua a todos sus habitantes. La ley establecerá las condiciones y limitaciones de todos los usos.
- II. El Estado reconocerá, respetará y protegerá los usos y costumbres de las comunidades, de sus autoridades locales y de las organizaciones indígena originaria campesinas sobre el derecho, el manejo y la gestión sustentable del agua.

### 2.1.2. Ley 1333 de Medio Ambiente

Promulgada el 27 de abril de 1992, tiene por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales, regulando las acciones del hombre con relación a la naturaleza y promoviendo el desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población.

Mediante Decreto Supremo 24176, del 8 de diciembre de 1995, se aprueba la reglamentación a la Ley 1333, con 6 reglamentos que son:

- » Reglamento General de Gestión Ambiental
- » Reglamento de Prevención y Control Ambiental
- » Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica
- » Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica
- » Reglamento para actividades con Sustancias Peligrosas
- » Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos

De los reglamentos mencionados, dos de ellos tienen que ver directamente con el uso de las ARD tratadas; éstos son:

### Reglamento de Prevención y Control Ambiental

Esta disposición legal reglamenta la Ley de Medio Ambiente 1333 en lo referente a Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y Control de Calidad Ambiental (CCA) dentro del marco del desarrollo sustentable. Entre los instrumentos normativos reglamentados en este Reglamento están los siguientes:

- » Ficha Ambiental (FA)
- » Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA)
- » Manifiesto Ambiental (MA)
- » Declaratoria de Adecuación Ambiental (DAA)
- » Auditorías Ambientales (AA)
- » Licencias y Permisos

## Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica

Esta disposición legal reglamenta la Ley de Medio Ambiente 1333, en lo referente a la prevención y control de la contaminación hídrica, en el marco del desarrollo sustentable, dentro del reglamento se especifican:

- » Límites permisibles de contaminación hídrica
- » Procedimientos técnico - administrativos
- » Descargas al alcantarillado y a cuerpos de agua
- » Monitoreo y evaluación de la calidad hídrica
- » Uso de aguas según calidad
- » Prevención y control de la contaminación
- » Conservación del recurso

Este reglamento contiene en su Anexo A, algunas características técnicas de calidad de agua que se deben cumplir, entre ellos están:

- » Límites máximos admisibles de parámetros en cuerpos receptores
- » Cuadro N°1: Clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso (4 Clases)
- » Cuadro N°2: Valores máximos admisibles para parámetros en cuerpos receptores (80 parámetros)
- » Límites permisibles para descargas líquidas en mg/L (25 parámetros)

Respecto a reúso de aguas, este reglamento en el Capítulo V, Art. 67, establece que el reúso de aguas residuales crudas o tratadas por terceros, será autorizado por el Prefecto (actualmente Gobernador) cuando el interesado demuestre que estas aguas satisfacen las condiciones de calidad establecidas en el Reglamento.

Respecto a los fangos o lodos producidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales que hayan sido secados en lagunas de evaporación, lechos de secado o por medios mecánicos, serán analizados y en caso de que satisfagan lo establecido para el uso agrícola, deberán ser estabilizados antes de su uso o disposición final, todo bajo control de la Prefectura (actualmente Gobernación).

Además de estos reglamentos, en el país existen reglamentos sectoriales cuya aplicación es obligatoria y tienen que ver todos ellos con el medio ambiente y su cuidado. Entre los reglamentos sectoriales tenemos:



- » 1996: RASH - Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburos.
- » 1997: RAAM - Reglamento Ambiental para Actividades Mineras.
- » 2002: RASIM - Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero.
- » 2004: RGASAO - Reglamento de Gestión Ambiental de Sustancias Agotadoras de Ozono.
- » 2006: RAMAr - Reglamento Ambiental Minero para el aprovechamiento de Áridos en Cursos de Ríos y Afluentes.

### 2.1.3. Ley de Riego N° 2878

Tiene por objeto establecer las normas que regulan el aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos en las actividades de riego para la producción agropecuaria y forestal, teniendo como ámbito de aplicación y regulación las actividades relacionadas con el uso y aprovechamiento del agua en riego.

Esta Ley fue emitida en el año 2004 y contiene cuatro Títulos referidos a:

- » Disposiciones generales.
- » Marco Institucional.
- » Gestión de los Sistemas de Riego.
- » Disposiciones transitorias y finales.

La reglamentación de esta Ley se la realizó mediante D.S. 28819 de 2 de agosto del 2006.

### 2.1.4. Ley de la Madre Tierra N° 300

La ley No. 300 promulgada el 15 de octubre de 2013 tiene por objetivo establecer la visión y fundamentos del desarrollo integral del ser humano en armonía y equilibrio con la Madre Tierra, la misma contiene un artículo específico sobre el aprovechamiento del agua donde se establece, a través del desarrollo integral en agua, y específicamente en el artículo 27, las bases y orientaciones del “VIVIR BIEN” mediante las siguientes acciones:

- » Garantizar el derecho al agua para la vida, priorizando su uso, acceso y aprovechamiento como recurso estratégico en cantidad y calidad suficiente para satisfacer de forma integral e indistinta la conservación de los sistemas de vida, la satisfacción de las necesidades domésticas de las personas y los procesos productivos para garantizar la soberanía y seguridad alimentaria.
- » Regular, proteger y planificar el uso, acceso y aprovechamiento adecuado, racional y sustentable de los componentes hídricos, con participación social, estableciendo prioridades para el uso del agua potable para el consumo humano.
- » Regular, monitorear y fiscalizar los parámetros y niveles de la calidad de agua.
- » Promover el aprovechamiento y uso sustentable del agua para la producción de alimentos de acuerdo a las prioridades y potencialidades productivas de las diferentes zonas.

- » Garantizar la conservación, protección, preservación, restauración, uso sustentable y gestión integral de las aguas fósiles, glaciales, humedales, subterráneas, minerales, medicinales y otras, priorizando el uso del agua para la vida.
- » Regular y desarrollar planes interinstitucionales de conservación y manejo sustentable de las cuencas hidrográficas, bajo parámetros y lineamientos emitidos por el nivel central del Estado Plurinacional de Bolivia, de acuerdo a lo establecido en la Constitución Política del Estado, destinados a garantizar la soberanía con seguridad alimentaria y los servicios básicos y la conservación de los sistemas de vida, en el marco de las normas y procedimientos propios de los pueblos indígena originario campesinos, comunidades interculturales y afrobolivianas, conforme a ley.
- » Adoptar, innovar y desarrollar prácticas y tecnologías para el uso eficiente, la captación, almacenamiento, reciclaje y tratamiento de agua.
- » Desarrollar políticas para el cuidado y protección de las cabeceras de cuenca, fuentes de agua, reservorios y otras, que se encuentran afectados por el Cambio Climático, la ampliación de la frontera agrícola o los asentamientos humanos no planificados y otros.

### **2.1.5. Plan Sectorial de Desarrollo de Saneamiento Básico**

El Plan Nacional de Desarrollo de Bolivia y en particular el Plan Sectorial de Desarrollo de Saneamiento Básico 2011 – 2015, especifican como objetivo el mejorar y ampliar los servicios de agua potable y de saneamiento básico, cubriendo las necesidades de toda persona, para hacer efectivo el derecho humano al agua segura y a los servicios de saneamiento, dando cumplimiento al compromiso de la Constitución Política del Estado y del Gobierno del Estado Plurinacional dentro del marco del “VIVIR BIEN”.

En el ámbito de los recursos naturales, el agua en particular está considerada como el recurso más importante para la sostenibilidad de los ecosistemas, que a su vez brindan servicios de apoyo a la vida de personas, animales y plantas, además de contribuir al crecimiento y desarrollo del país a través del mejoramiento en salud y educación. Por otra parte, el agua contaminada es la mayor causa de enfermedades y mortalidad; la calidad y cantidad del agua es un factor determinante en el nivel de pobreza, educación y producción, tanto en el área rural y urbana.

### **2.1.6. Ley de Prestación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario N° 2066**

Promulgada el 11 de abril de 2000, tiene por objeto establecer las normas que regulan la prestación y utilización de los servicios que comprenden: agua potable, alcantarillado sanitario, estableciendo que las obras destinadas a la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario son de interés público y tienen carácter de utilidad pública y se hallan bajo la protección del Estado.

Esta ley no cuenta con ninguna disposición específica respecto a reúso, sin embargo, en su artículo 23 establece que los prestadores de Servicios de Agua Potable o Servicios de alcantarillado sanitario deben proteger el medio ambiente conforme a las disposiciones de la ley 1333 y su reglamentación,

así como promover el uso eficiente y la conservación del agua potable mediante la utilización de equipos, materiales y técnicas constructivas que no deterioren el ambiente y que contribuyan a la conservación del agua, así como el tratamiento y disposición de las Aguas Residuales.

Así también señala que las autorizaciones para el uso y aprovechamiento del recurso agua destinadas al servicio de agua potable, así como la revocatoria de las mismas, serán otorgadas por la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Saneamiento Básico mientras no exista una autoridad competente del recurso hídrico.

### **2.2. Marco Institucional para el reúso**

Existen varios actores que tienen que ver con el reúso de las ARD tratadas, tanto a nivel central como a nivel regional, cuyas competencias están establecidas en el ordenamiento legal vigente en Bolivia. Las instituciones y órganos de gobierno conforman un marco institucional que hace al manejo actual del agua de reúso.

#### **2.2.1. Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA)**

El Ministerio de Medio Ambiente y Agua (creado el año 2009 D.S 29894) con sus tres viceministerios: Agua Potable y Saneamiento Básico, Recursos Hídricos y Riego, y Medio Ambiente Biodiversidad Cambio Climático y Gestión Forestal, es la instancia gubernamental encargada de la política, normas y desarrollo del sector agua en Bolivia.

De acuerdo al Plan Estratégico Institucional, la visión del MMAyA es promover, proteger y administrar de manera sustentable los recursos y servicios ambientales, generando condiciones para el desarrollo económico y social del país.

Para cumplir con esta visión, la misión del MMAyA es desarrollar y ejecutar políticas públicas, normas, planes, programas y proyectos para la conservación, adaptación y aprovechamiento sustentable de los recursos ambientales, así como el desarrollo de riego y saneamiento básico con enfoque integral de cuencas, preservando el medio ambiente, garantizando el uso prioritario del agua para la vida, respetando usos y costumbres para “VIVIR BIEN”.

Este escenario otorga las condiciones para la implementación de proyectos integrales de aprovechamiento de agua.

#### **Viceministerio de Recursos Hídricos y de Riego (VRHR)**

Su principal función es la de contribuir al desarrollo y ejecución de planes, políticas y normas de Manejo Integral de Cuencas y de Riego, además del diseño de estrategias para la conservación, uso y aprovechamiento de los recursos hídricos en todos sus estados, superficiales y subterráneos con los diferentes actores involucrados en la gestión ambiental de las cuencas hidrográficas, respetando los usos y costumbres.

### **Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB)**

Su principal función es la de formular e implementar políticas, planes y normas para el desarrollo y mejoramiento de los servicios de Agua Potable y Saneamiento Básico, así como la implementación de programas sostenibles de saneamiento básico (agua potable, alcantarillado sanitario, baños ecológicos, residuos sólidos y drenaje pluvial) que permitan el acceso pleno y la expansión de los servicios, en el marco de la gestión integral de recursos hídricos y de residuos sólidos.

### **Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS)**

La Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico, es una institución pública técnica y operativa, con personalidad jurídica y patrimonio, independencia administrativa, financiera, legal y técnica, supeditada al Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

Fiscaliza, controla, supervisa y regula los servicios de Agua Potable y Saneamiento Básico, considerando la Ley No. 2066 de Prestación y Utilización de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.

### **Servicio Nacional para la Sostenibilidad de los Servicios en Saneamiento Básico (SENASBA)**

Institución pública descentralizada, con autonomía de gestión administrativa, financiera, legal y técnica, bajo tuición del Ministerio de Medio Ambiente y Agua. Esta institución tiene la misión de coadyuvar a los procesos de fortalecimiento y sostenibilidad de las entidades operadoras y prestadoras de servicio de agua potable y saneamiento básico en Bolivia.

En ese sentido, el SENASBA se ocupa de ofrecer Asistencia Técnica a los operadores de agua potable y saneamiento básico; implementar el Desarrollo Comunitario DESCOM; brindar Fortalecimiento Institucional; difundir experiencias positivas en agua potable y saneamiento básico; ejecutar políticas y estrategias en el sector de agua y saneamiento orientadas a la sostenibilidad.

### **Servicio Nacional de Riego (SENARI)**

Es una entidad pública autárquica bajo la tuición del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, con la responsabilidad de regular, planificar y promover la inversión y gestión pública para el desarrollo del riego y la producción agropecuaria y/o forestal bajo riego.

## **2.2.2. Actores sub nacionales para el reúso**

Bolivia se encuentra en proceso de implementación de las autonomías regionales, departamentales municipales y Autonomías Indígenas Originarias Campesinas (AIOC). Este proceso de autonomías se enmarca en dos tipos de competencias que tienen que ver con los recursos hídricos y riego, además del agua potable y servicios básicos; las competencias exclusivas y las concurrentes. En la tabla 2 se puede observar las responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Departamentales (GAD) y la de los Gobiernos Autónomos Municipales (GAM).

**Tabla 2: Competencias concurrentes en los niveles sub nacionales en Recursos Hídricos y Riego y Agua Potable y Saneamiento Básico**

	<b>GAM</b>	<b>GAD</b>
Recursos Hídricos y Riego	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar, financiar y ejecutar proyectos de riego y micro riego de manera exclusiva o concurrente, y coordinada con el nivel central del Estado y entidades territoriales autónomas en coordinación con los pueblos indígena originario campesinos.</li> <li>- Diseñar, ejecutar y administrar proyectos para el aprovechamiento de recursos hídricos.</li> </ul> <p>Tienen la competencia exclusiva de los sistemas de micro riego en coordinación con los pueblos indígena originario campesinos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar, financiar y ejecutar proyectos de riego de manera concurrente y coordinada con el nivel central del Estado y las entidades territoriales autónomas, e implementar la institucionalidad del riego prevista en ley del sector.</li> </ul>
Agua Potable y Saneamiento Básico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ejecutar programas y proyectos de los servicios de agua potable y alcantarillado, conforme a la Constitución Política del Estado, en el marco del régimen hídrico y de sus servicios y las políticas establecidas por el nivel central del Estado.</li> <li>- Elaborar, financiar y ejecutar proyectos de agua potable en el marco de sus competencias, y cuando corresponda de manera concurrente y coordinada con el nivel central del Estado y los otros niveles autonómicos, así como coadyuvar en la asistencia técnica y planificación. Concluidos los proyectos podrán ser transferidos al operador del servicio.</li> <li>- Proveer los servicios de agua potable y alcantarillado a través de entidades públicas, cooperativas, comunitarias o mixtas sin fines de lucro, conforme a la Constitución Política del Estado y en el marco de las políticas establecidas en el nivel central del Estado.</li> <li>- Aprobar las tasas de los servicios públicos de agua potable y alcantarillado cuando estos presten el servicio de forma directa.</li> <li>- Tienen la competencia exclusiva del alcantarillado y establecimiento de las tasas sobre la misma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar, financiar y ejecutar subsidiariamente planes y proyectos de agua potable y alcantarillado de manera concurrente y coordinada con el nivel central del Estado, los gobiernos municipales e indígena originario campesinos que correspondan, pudiendo delegar su operación y mantenimiento a los operadores correspondientes, una vez concluidas las obras.</li> <li>- Coadyuvar con el nivel central del Estado en la asistencia técnica y planificación sobre los servicios básicos de agua potable y alcantarillado.</li> <li>- Tienen la competencia de elaborar, financiar y ejecutar proyectos de alcantarillado sanitario en calidad de delegación o transferencia de la facultad reglamentaria y/o ejecutiva de la competencia exclusiva.</li> </ul>

### 2.2.3. Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Saneamiento (EPSA)

Entidades que prestan uno o ambos servicios de agua potable y saneamiento básico. Pueden tener diferentes formas de constitución: Pública Municipal, Cooperativa, Mancomunitaria Social, Comité de Agua y Saneamiento (CAPyS), Asociación Civil, Pueblos Indígenas y Originarios, Comunidades Indígenas y Campesinas, Juntas Vecinales y cualquier otra organización que cuente con una estructura jurídica reconocida por ley.

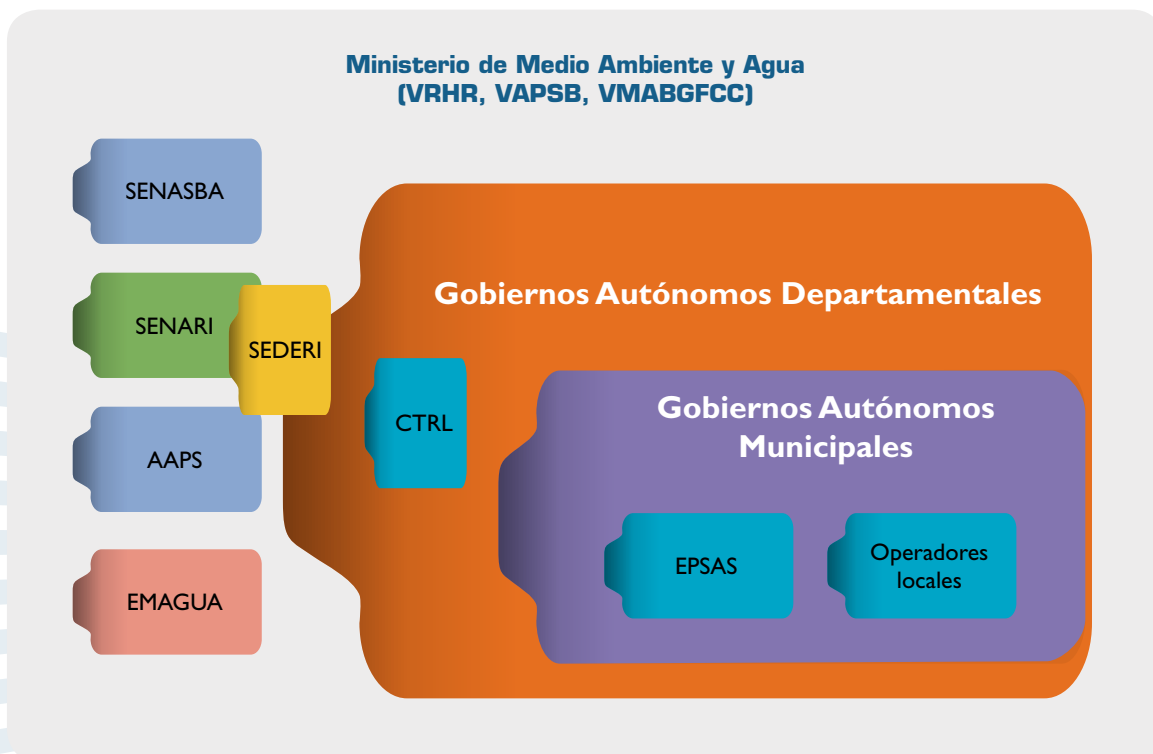
### 2.2.4. Universidades

A nivel del sistema universitario público se pueden encontrar una diversidad de centros, proyectos y programas que trabajan sobre agua y saneamiento.

A través de los resultados de los proyectos de investigación ejecutados por estos centros de investigación, se pretende también contribuir al debate sobre políticas en el país, introduciendo por ejemplo cuestiones como la importancia del Uso Múltiple del Agua, Innovación Tecnológica y Tecnologías Apropriadas, Promoción de Espacios de Concertación y Negociación sobre el uso y la gestión de los recursos hídricos entre otros.

En el Esquema 2 se puede observar las principales competencias sectoriales.

**Esquema 2: Marco Institucional**



### 2.3. Tipos de tratamiento de aguas residuales

Esta sección está orientada a la comprensión teórica de los tipos de tratamiento de aguas residuales reportados en Bolivia. Existen muchas otras tecnologías obtenidas a nivel mundial que se presenta en mayor detalle en el Anexo 3.

En forma genérica, el tratamiento de aguas residuales se puede clasificar en cuatro tipos, de acuerdo a los procesos y operaciones unitarias que se llevan a cabo. Éstos son el pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario.

Los contaminantes presentes en las aguas residuales pueden ser eliminados o ser disminuidos a valores aceptables con procesos físicos, químicos y/o biológicos. Los métodos de tratamiento en los que predomina la acción de fuerzas físicas se conocen como operaciones físicas unitarias. Estos procesos incluyen sedimentación, mezclado, floculación, sedimentación, filtración y tamizado.

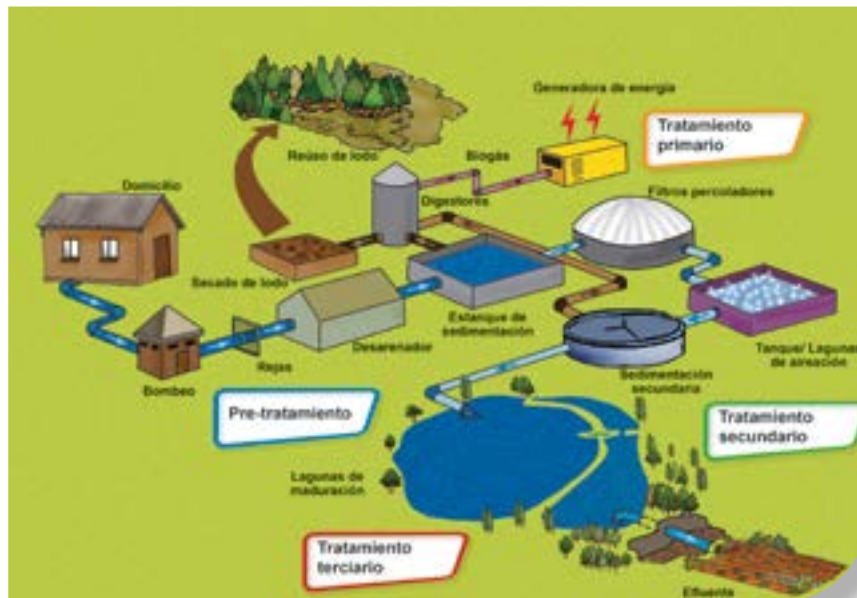
Los métodos de tratamiento en los cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos y/o gracias al desarrollo de ciertas reacciones químicas, se conocen como procesos químicos unitarios. Fenómenos como la precipitación, adsorción y la desinfección son ejemplos de los procesos químicos de aplicación más común en el tratamiento de las aguas residuales.

Por último, existen los procesos biológicos unitarios en los cuales la estabilización de la materia orgánica es llevada a cabo por microorganismos. Los microorganismos pueden trabajar en ausencia de oxígeno (procesos anaerobios), así como existen microorganismos que desarrollan su actividad en presencia de oxígeno (procesos aerobios). Los microorganismos que tienen la capacidad de desarrollarse en ambos ambientes se denominan facultativos.

#### 2.3.1. Esquema conceptual de los tipos de tratamiento

El relevamiento de datos realizado muestra que en Bolivia se emplean diferentes esquemas de tratamiento que de manera general obedecen al proceso mostrado en el siguiente gráfico:

**Ilustración 1: Tratamiento convencional de ARD**



## 2.3.2. Descripción de tecnologías

### 2.3.2.1. Pre-tratamiento

Tienen como objetivo eliminar de las aguas residuales todos aquellos elementos que por su naturaleza o tamaño pueden afectar el correcto funcionamiento de los tratamientos posteriores, principalmente por su acción mecánica, formación de sedimentos, abrasión o atascos. Entre las técnicas más usadas en las plantas de Bolivia están el desarenador y la rejilla, ya sea de limpieza manual o de limpieza mecanizada en las plantas grandes.

Principales elementos usados en pre-tratamientos

**Esquema 3: Tratamiento preliminar**



Fuente: Terán, 2004

**Tabla 3: Principales elementos y procesos del pre tratamiento**

Elemento	Función
Rejas, tamices y trituradores	El primer paso para el tratamiento preliminar es la retención de sólidos de gran tamaño. El proceso más utilizado es pasar el agua residual a través de rejas o tamices, pero también se puede utilizar trituradores que desmenuzan sólidos gruesos sin separarlos del agua.
Desarenadores	Separan arena, grava, ceniza y otros materiales pesados mediante la sedimentación.

Fuente: Wagner, 2010

**Foto 3: Tamiz PTAR Santa Cruz**



**Foto 4: Desarenador en PTAR de Sucre**



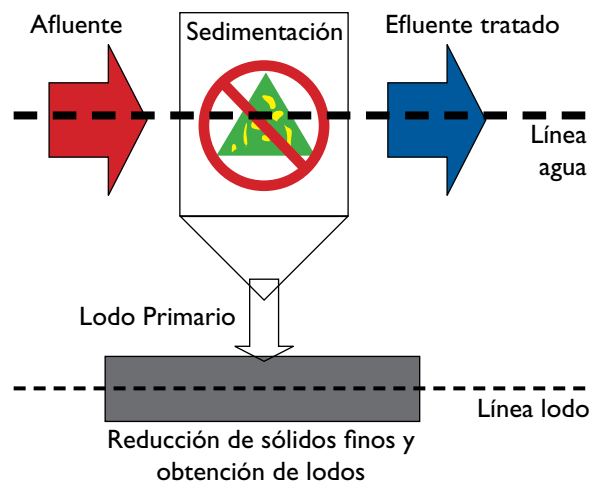
Fuente: Wagner, 2010



### 2.3.3. Tratamiento primario

Principalmente es una separación sólido-líquido por medios físicos (por acción de la gravedad) de los sólidos en suspensión. La mayor parte de las plantas en Bolivia utilizan reactores anaerobios y entre ellos se tienen las cámaras sépticas, las cámaras de sedimentación, los tanques Imhoff, los reactores y las lagunas anaerobias. En todo este grupo de reactores se logra una reducción variable en la carga de DBO que alcanza, en la mayoría de los casos, hasta un 50%. Esta separación de sólidos puede ser mejorada con la adición de productos químicos, que como consecuencia generan la mayor producción de lodos que deben ser tratados en una fase posterior.

**Esquema 4: Tratamiento primario**



Fuente: Terán, 2004

La digestión anaerobia es la conversión de la materia orgánica básicamente en metano y anhídrido carbónico, proceso que se realiza con la acción bacteriana y en ausencia de oxígeno. Se pueden distinguir cuatro fases que son la hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. Si además se tiene presencia de sulfatos se produce una fase adicional que es la sulfurogénesis cuyo principal problema es la generación de ácido sulfhídrico que produce un intenso mal olor.

Para que un reactor anaerobio funcione adecuadamente, se tiene que conseguir un equilibrio entre las comunidades de bacterias, tomando en cuenta que el crecimiento de las metanogénicas es mucho menor que el crecimiento de las acidogénicas. Si por algún motivo disminuye el tamaño de la comunidad de bacterias metanogénicas, se producirán los malos olores por la abundancia de otras bacterias y la consecuente acidificación del reactor.

Para que ello no ocurra, se requiere de una adecuada operación y mantenimiento de los reactores, cuidando en todo momento sobre todo que el pH esté en el rango adecuado; si falta alcalinidad se pueda suplir la misma con el añadido de cal y cuidar la temperatura, entre otros aspectos de menor importancia.

Un reactor anaerobio, debe instalarse inmediatamente después de los procesos de pre-tratamiento y desarenado, mientras que el agua tratada requiere un post-tratamiento adecuado. Todos los elementos anaerobios deberían tener un sistema de manejo del biogás, porque los gases producidos son explosivos (metano) y producen malos olores, principalmente por derivados de Azufre (S). El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento primario, es disminuir suficientemente la velocidad de las aguas residuales para que puedan sedimentarse los sólidos, debido a la diversidad de diseños y operación.

En alguna región del país, también se han utilizado lagunas facultativas como tratamiento primario. Éstas tienen la particularidad de hacer un tratamiento biológico con bacterias aeróbicas en la parte superior, el cual permite penetración solar y anaerobia en la parte inferior. En este tipo de tratamiento se tiene reducciones, tanto en la carga de DBO, como en bacterias coliformes.

En Bolivia se pueden distinguir entre los más usados los siguientes tratamientos primarios:

### **2.3.3.1. Sedimentadores primarios**

El objeto de este tratamiento es principalmente la remoción de los sólidos suspendidos y DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento. Los tanques o lagunas de sedimentación pueden utilizarse como el primer paso para el tratamiento en función de la calidad del agua en el afluente. Otra función que podrían tener los sedimentadores primarios es la retención del agua pluvial, con un corto tiempo de retención de los caudales máximos en el afluente.

### **2.3.3.2. Tanques sépticos**

Son tanques generalmente subterráneos, diseñados y construidos para el saneamiento rural, deben llevar un sistema de post-tratamiento. Estos sistemas son recomendados en zonas lejanas de redes públicas de alcantarillados o como alternativas de tratamiento de aguas residuales en áreas que cuentan con redes de alcantarillado locales.

**Foto 5: Tanque Imhoff en Sucre, Chuquisaca**



Fuente: Wagner, 2010

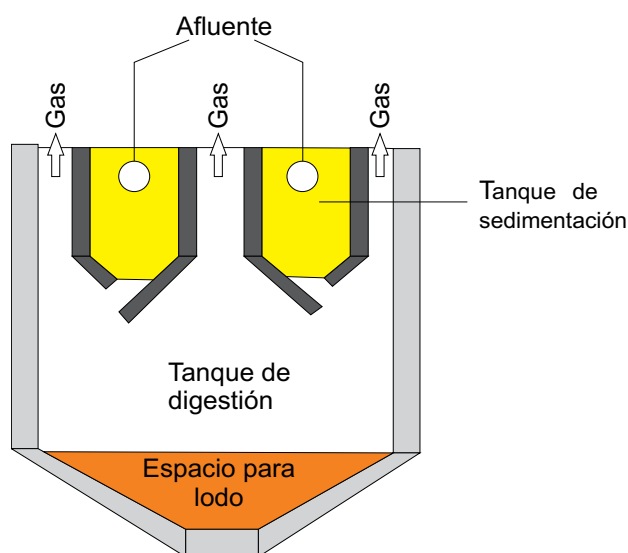
### 2.3.3.3. Tanques Imhoff

La eliminación de sólidos sedimentables y la digestión anaerobia es tarea principal de los tanques Imhoff y fosas sépticas. Se dividen en tres cámaras que son:

1. La sección superior, que se conoce como cámara de sedimentación.
2. La sección inferior, que se conoce como cámara de digestión de lodos.
3. El respiradero y cámara de natas o área de ventilación del gas.

La remoción de la DBO en Tanques Imhoff es normalmente entre 30 hasta 40% (los valores obedecen a la temperatura y el tiempo de retención)<sup>2</sup> (Wagner, 2010).

Esquema 5: Tanque Imhoff

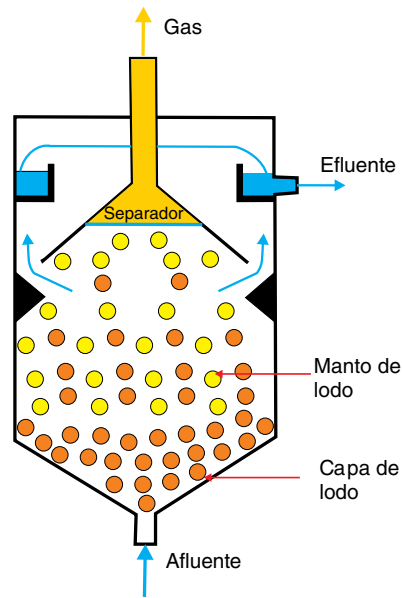


### 2.3.3.4. RAFA (UASB)

(RAFA) o UASB son los reactores anaerobios de flujo ascendente (por sus siglas en inglés). En este tipo de reactor, el agua es introducida por el fondo y sube por una lámina de lodos sedimentados. En este tipo de reactor, los microorganismos y bacterias se agrupan formando biogránulos y/o flóculos. Estos agregados densos poseen buenas cualidades de sedimentación. La turbulencia natural causada por el propio caudal del afluente y la producción de biogás, provoca el buen contacto entre agua residual y fango biológico en el sistema RAFA. El efluente de los reactores necesita un tratamiento posterior para lograr degradar la materia orgánica remanente, nutrientes y patógenos. Este post tratamiento puede ser a través de sistemas convencionales aeróbicos, como lagunas de estabilización. Igual que en otros tipos de tratamiento de aguas residuales, en los RAFA también son necesarias etapas previas de adecuación del afluente antes de ingresarlas al reactor, como por ejemplo, eliminación de aceites, grasas y arena.

<sup>2</sup> Wagner Wolfgang, Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia, 2010

### Esquema 6: Reactor RAFA



Fuente:Wagner, 2010

#### 2.3.3.5. RALF

El reactor RALF (Reactor Anaeróbico de Lodo Fluidizado) es una modificación del reactor RAFA. La diferencia entre un reactor RAFA y un RALF es la forma del sedimentador.

Para aguas residuales domésticas, un criterio principal para el diseño de reactores (RAFA y RALF) es el tiempo de retención que depende de la temperatura (Wagner, 2010).

Ilustración 2: RALF



Fuente:Wagner, 2010

Foto 6: RALF en Villamontes, Tarija



### 2.3.3.6. Filtros anaerobios

Los reactores biológicos con relleno son unidades que disponen de medio soporte constituido por materiales, piezas o accesorios, generalmente inertes, en cuya superficie ocurren la fijación y desarrollo de biopelícula, y en cuyos intersticios proliferan microorganismos que pueden agruparse de diferente manera. Un filtro anaerobio es un reactor en el cual la materia orgánica es estabilizada a través de la acción de microorganismos que quedan retenidos en los intersticios o adheridos al material soporte que constituye el lecho, a través del cual los desechos líquidos fluyen. Ese tipo de reactor se puede emplear en una variedad de materiales para la constitución del relleno, tales como piedras, piezas cerámicas, piezas en material sintético, piezas en madera, módulos tubulares, etc., e inclusive, en casos especiales, se puede pensar en usar materiales flotantes<sup>3</sup> (Terán, 2004).

**Foto 7: Filtro anaerobio**



Fuente: Terán, 2004

### 2.3.3.7. Lagunas anaerobias

Usualmente, las lagunas anaeróbicas son usadas en una primera etapa (en una serie de lagunas) como tratamiento de aguas residuales y tienen la función de remoción, principalmente de la DBO. No contienen oxígeno disuelto ni algas.

Las tasas de remoción alcanzan, en caso de un diseño apropiado, como máximo hasta un 60% de DBO dadas las condiciones climáticas apropiadas, pero en Bolivia en la mayor parte de los casos, sólo remueven hasta máximo 50% de la carga de DBO.

<sup>3</sup> Terán Cuba, F. Lodos y Aguas Servidas Tratadas, 2004

La remoción de DBO se logra con la sedimentación de los sólidos en el agua y la digestión anaeróbica en la zona de los lodos. Las bacterias involucradas en los procesos anaeróbicos son sensibles a los tóxicos.

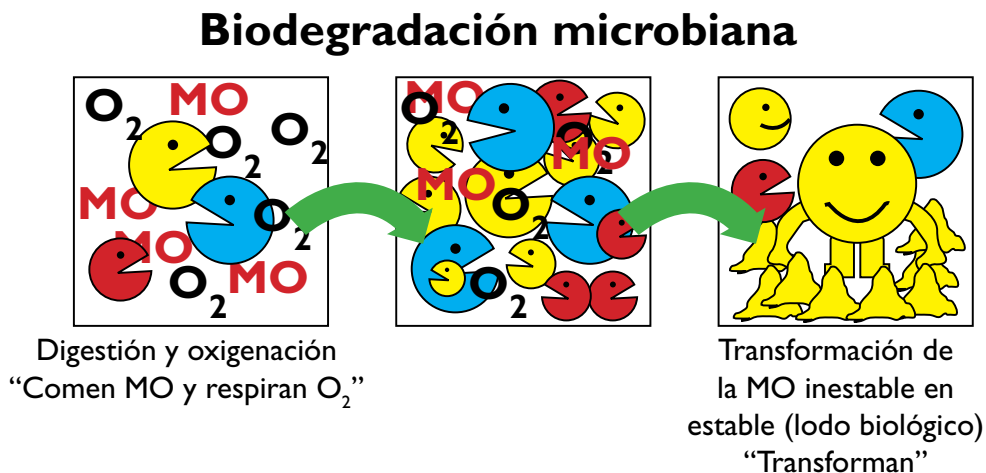
### 2.3.4. Tratamiento secundario

Corresponde a una eliminación mayor de los contaminantes, generalmente por procesos biológicos. En estos casos la reducción en DBO corresponde a la parte soluble de la misma y, dependiendo de la tecnología empleada, se presentan reducciones de coliformes fecales.

El lugar donde se pone en contacto la biomasa con el agua residual para llevar a cabo el tratamiento, puede ser un reactor biológico o una laguna de estabilización entre otros tipos.

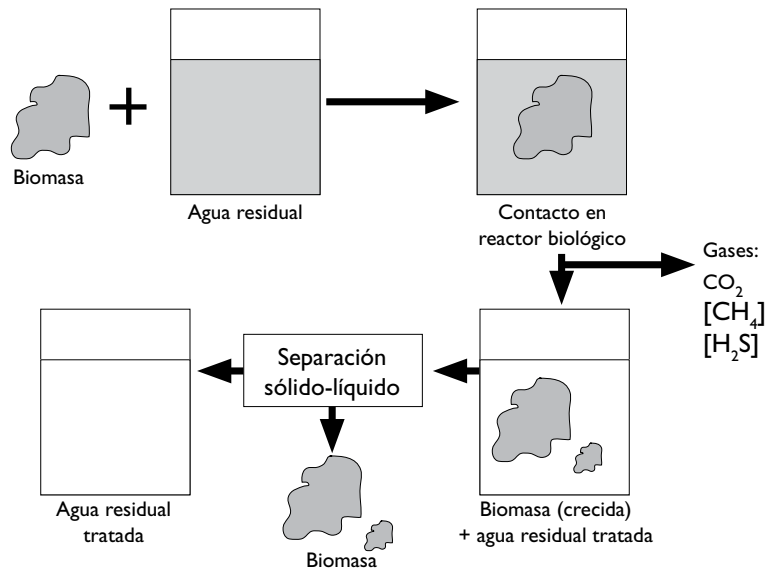
En la mayoría de los casos, la biomasa se genera espontáneamente durante el tratamiento biológico y a partir de pequeñas concentraciones de microorganismos presentes en el agua residual o en el aire (ilustración 3). Consecuentemente, el conocimiento de las actividades bioquímicas de los microorganismos importantes es básico para el diseño de un proceso de tratamiento biológico o en la selección del tipo de proceso que se quiere utilizar.

Ilustración 3: Biodegradación microbiana



Fuente: Terán, 2004

**Esquema 7: Proceso biológico de tratamiento**



Fuente: Terán, 2004

Además, los procesos de eliminación de nutrientes son más complejos que los de la eliminación de materia orgánica. Por lo menos una combinación de dos etapas es necesaria para la eliminación de nitrógeno y fósforo; los procesos de eliminación simultánea de ambos nutrientes comprenden tres etapas: anaerobia, aerobia y anóxica<sup>4</sup>.

30

En Bolivia se cuenta con diferentes tipos de reactores. Normalmente en plantas de pequeño a mediano porte se tienen filtros anaerobios, filtros percoladores, y en plantas grandes se ha optado por lagunas de estabilización.

A continuación se presentan los tipos de tratamiento secundarios correspondientes:

**2.3.4.1. Lagunas de estabilización**

Las lagunas de estabilización representan un sistema natural de tratamiento de aguas residuales, con costos mínimos de operación y reconocidos a nivel mundial. La construcción de lagunas de estabilización para resolver el problema del tratamiento de aguas residuales, es aplicable tanto para las industrias pequeñas como para las domésticas y ciudades grandes. Sin embargo, existen localidades en las que el costo y la falta de disponibilidad de terreno no permiten este tipo de tratamiento.

En las lagunas de estabilización, la remoción de la materia orgánica (expresada como DBO<sub>5</sub>) es realizada mediante procesos biológicos aerobios y anaerobios. Dependiendo del proceso predominante, las lagunas son aerobias (de maduración o de pulimento), anaerobias o facultativas. Las lagunas facultativas son diseñadas para la remoción de la DBO y patógenos.

<sup>4</sup> Francisco Terán Cuba, Lodos y Aguas Servidas Tratadas, 2004

**Foto 8: Lagunas de estabilización en la ciudad de El Alto**



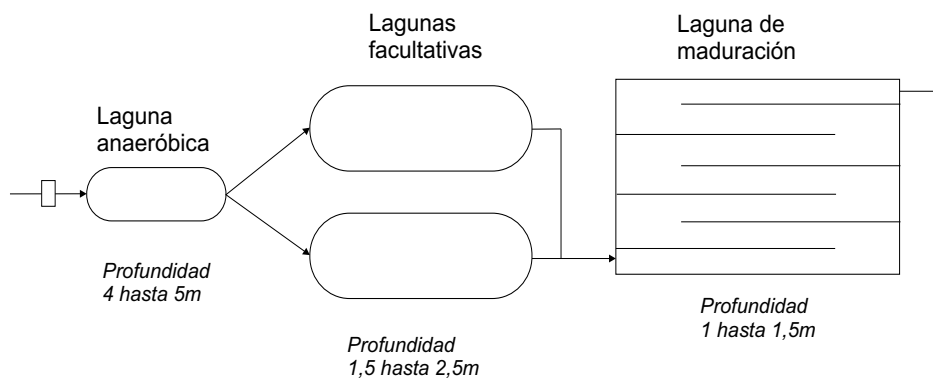
Fuente:Wagner, 2010

**Foto 9: Lagunas de estabilización en Santa Cruz**



Fuente: Calvimontes, 2010

**Esquema 8: Serie de lagunas de estabilización**



Fuente:Wagner, 2010



### Lagunas facultativas

Existen dos tipos de lagunas facultativas: Las primarias, que reciben agua cruda después de un pre-tratamiento y las secundarias, en las cuales entran aguas sedimentadas (efluente de lagunas anaeróbicas). Las lagunas secundarias producen una mayor remoción de DBO que ha pasado a este reactor en forma soluble. También se produce una reducción de patógenos y huevos de helmintos de acuerdo al tiempo de retención hidráulica que tengan las mismas.

**Foto 10: Lagunas en San Cristóbal, Potosí**



El oxígeno producido por el proceso de fotosíntesis de algas es fundamental para alimentar las bacterias involucradas.

32

La gran ventaja de las lagunas facultativas es que no producen malos olores si son diseñadas y operadas adecuadamente. Su mayor desventaja es que ocupan una gran área. Además, como hay muchas especies de plantas y bacterias, son muy sensibles contra variaciones en oxígeno y pH.

**Foto 11: Vista aérea lagunas de Santa Cruz**



Fuente: Calvimontes, 2010

### Lagunas aireadas

Una laguna aireada se diseña con suficiente introducción de potencia para la dispersión de oxígeno y para permitir la sedimentación de sólidos. La biología de las lagunas aireadas es mecánicamente muy similar a la de los procesos de lodos activados, y la mayoría de los microorganismos presentes son comunes en ambos sistemas de tratamiento. Las lagunas aireadas dependen de la actividad metabólica de los microorganismos.

Por ejemplo, en SAGUAPAC (Santa Cruz) instalaron mezcladores -equipos flotantes- en las lagunas facultativas, los mismos que permitirán introducir al agua oxígeno con energía eólica para acelerar la descomposición de la materia orgánica y aumentar la capacidad de tratamiento de las aguas residuales.

El tratamiento de las aguas residuales en lagunas aireadas tiene como base la formación de flóculos que quedan suspendidos en la capa aerobia por la turbulencia causada por los aireadores. Una aireación continua es necesaria para las actividades respiratorias de los microorganismos aerobios presentes y, además, para mantener los flóculos suspendidos.

**Foto 12: Sistema de aireación superficial**



Fuente: [saguapac.com.bo](http://saguapac.com.bo)

### 2.3.4.2. Filtros biológicos/ filtros percoladores

Los filtros biológicos han sido utilizados para el tratamiento biológico del agua residual durante muchos años. Están formados por un lecho de medio filtrante sobre el que se distribuye continuamente el agua residual.

Un tipo de filtro utilizado frecuentemente en Bolivia es el filtro percolador, en el cual el agua residual es rociada sobre un relleno y consiste en un lecho formado por un medio permeable al que los microorganismos se adhieren, y a través del cual, se filtra el agua residual.

**Foto 13: Filtros percoladores en la ciudad de Sucre**



*Fuente:Wagner, 2010*

**Foto 14: Biopelícula de los filtros percoladores en la ciudad de El Alto, La Paz**



El relleno de los filtros puede estar compuesto por rocas (diámetros entre 2,5 a 10 cm) y se han realizado pruebas con relleno plástico. La profundidad varía de acuerdo al diseño particular, generalmente entre 3 a 6 m (Wagner, 2010).

Foto 15: Filtros percoladores en la ciudad de El Alto, La Paz



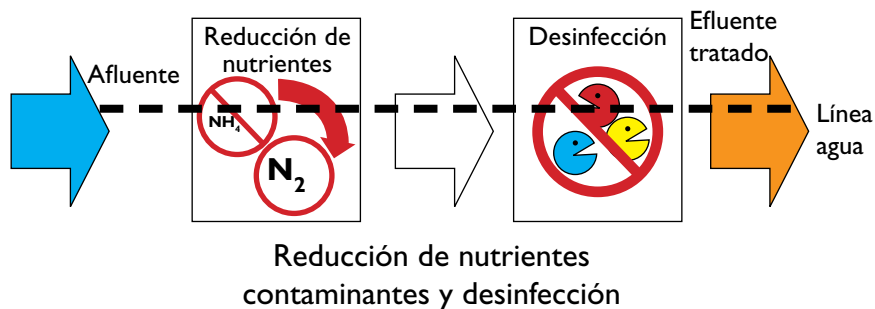
La materia orgánica que se encuentra presente en el agua residual es desagregada por la población de microorganismos adherida al relleno del filtro. La comunidad biológica presente en un filtro se compone principalmente de bacterias facultativas, aeróbicas y anaerobias, hongos, algas y protozoos.

### 2.3.5. Tecnologías de tratamiento terciario

El propósito del tratamiento terciario es reducir el número de organismos vivos a niveles aceptables que permitan el posterior reúso de las aguas en riego, o simplemente para alcanzar los niveles de concentración establecidos por norma cuando se realizan las descargas a los cuerpos de agua. También sirve para la reducir la carga de nutrientes causantes de la eutrofización de los cuerpos de agua.

En el país se emplean lagunas de maduración, humedales con flujo superficial y subsuperficial. En un caso se tiene desinfección con radiación UV.

Esquema 9: Tratamiento terciario



### 2.3.5.1. Lagunas de maduración

Estas lagunas se construyen normalmente después de las lagunas anaerobias y facultativas.

La gran ventaja de las lagunas de maduración es que se tiene una remoción natural de bacterias y otros organismos perjudiciales sin el uso de compuestos químicos, como por ejemplo, cloro. Pero por otra parte, la mayor desventaja es que requiere una gran área contra variaciones, especialmente de sobrecargas orgánicas.

**Foto 16: Laguna en Tupiza, Potosí**



36

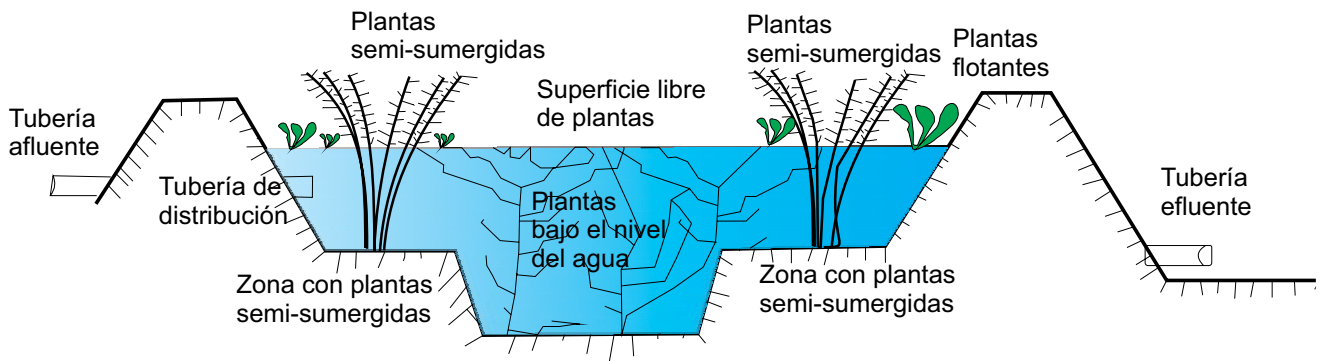
### 2.3.5.2. Humedales artificiales

Los sistemas de humedales artificiales se describen típicamente por la posición de la superficie del agua y/o el tipo de vegetación presente. Existen humedales artificiales de flujo superficial y humedales artificiales de flujo subsuperficial.

La remoción de los contaminantes en los humedales ocurre a través de las especies vegetales presentes. Los contaminantes, en su mayoría, son también nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato. Muchas especies de plantas utilizadas en humedales son también capaces de captar e incluso acumular significativamente metales tóxicos, como por ejemplo, cadmio y plomo. También las bacterias, como otros microorganismos en el suelo, captan y almacenan nutrientes, algunos otros contaminantes, y asimismo, son responsables para la degradación de la materia orgánica.

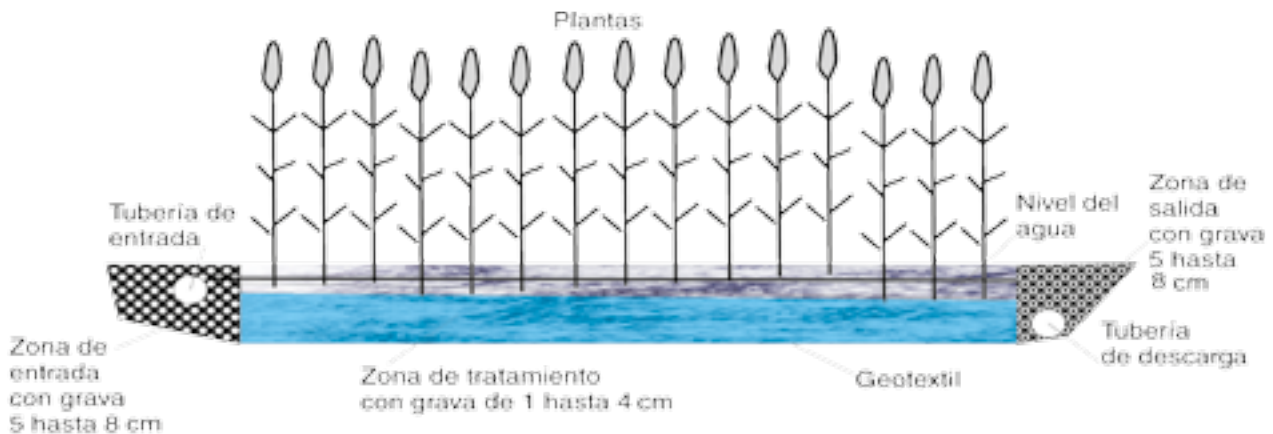
Los humedales de flujo subsuperficial necesitan un pre-tratamiento con eliminación de los sólidos y están diseñados específicamente para el tratamiento de agua residual o para la fase final de tratamiento. Las principales ventajas de un sistema con nivel del agua subsuperficial son la prevención de mosquitos y olores.

#### Ilustración 4: Humedal artificial del flujo superficial



Fuente:Wagner, 2010

#### Ilustración 5: Humedal artificial del flujo sub superficial



Fuente:Wagner, 2010

#### 2.3.5.3. Desinfección - luz ultravioleta (UV)

La desinfección de las aguas residuales incluye la destrucción de patógenos, virus y parásitos perjudiciales para la salud. Con un dimensionamiento adecuado se puede conseguir una remoción de coliformes fecales de 99,9%<sup>5</sup> (Mendonca 2000). La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua tratada, el tipo de desinfección utilizado, la dosis de desinfectante (concentración y tiempo) y de otras variables ambientales<sup>6</sup> (Wagner, 2010).

La desinfección se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción. Se utiliza, por lo general, debido a las preocupaciones por la generación de subproductos que produce la desinfección con cloro. De todos los tipos de tratamiento de aguas residuales anteriormente mencionados, se infiere que existen variaciones en su eficiencia debido a factores como su ubicación, altitud, latitud, temperatura, diseño, operación y mantenimiento.

5 Sergio Rolim Mendonca Sistemas de lagunas de estabilización, 2000

6 Wagner Wolfgang, Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia, 2010

**Foto 17: Desinfección mediante UV en la PTAR de Postrer Valle, Santa Cruz**



En el Anexo 4 se muestra las eficiencias típicas de remoción, según unidades de tratamiento de los parámetros más importantes del agua residual.

**Manejo de lodos:** A pesar de no ser una parte de la cadena en serie de tratamiento, los reactores, de acuerdo a su tipo, producen lodo que debe ser tratado adecuadamente. En muchos casos se han diseñado áreas de secado de lodos. Por ejemplo, en Tarija se hace un manejo tal que el lodo es comercializado después del tratamiento como bio abono.

38

Para poder realizar un mejor análisis de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, la tabla 4 muestra las ventajas y desventajas de los procesos unitarios de tratamiento detallados anteriormente.

**Foto 18: Tratamiento de lodos en Villamontes, Tarija**



**Tabla 4: Ventajas y desventajas de los sistemas de tratamiento**

<b>Tratamiento preliminar - acondicionamiento del agua</b>		
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
REJAS MANUALES	<p>Eficiente en la separación de sólidos flotantes, especialmente plásticos.</p> <p>No requiere mano de obra especializada.</p> <p>Fácil de construir con materiales locales.</p>	<p>Material se corroe rápidamente si no se protege.</p> <p>Requiere mantenimiento diario para la recolección de material flotante atrapado.</p>
REJAS AUTOMÁTICAS	<p>Se puede separar material flotante más fino.</p> <p>No requiere intervención en la recolección de flotantes.</p> <p>La recolección es automática con tiempo programado.</p>	<p>Utiliza energía eléctrica.</p> <p>Requieren operación y mantenimiento constantes.</p> <p>Usan motores y partes mecánicas no producidos en el país.</p>
DESARENADORES	<p>Son fáciles de construir y usan material local.</p> <p>Pueden ser usados en conjunción con medidores de caudal.</p> <p>Operación manual que no requiere personal capacitado.</p>	<p>Requieren al menos dos estructuras en paralelo por mantenimiento.</p> <p>Requieren que una vez colmatada la tolva se saque el material sedimentado.</p> <p>Requiere tratamiento de lodo acumulado.</p>



**Tratamientos de baja producción - sistemas biológicos**

TRATAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CÁMARAS SÉPTICAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Tecnología empleada ampliamente en poblaciones rurales y áreas periurbanas.</li> <li>» Construcción con elementos locales.</li> <li>» No requiere especialización en personal para el manejo y operación.</li> <li>» Baja la carga de DBO hasta en un 40%.</li> <li>» Se puede mejorar rendimiento con adición de químicos.</li> <li>» Ocupan poco terreno.</li> <li>» Construcción por lo general subterránea, que ayuda con generación de olores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Muy poca o ninguna remoción de patógenos.</li> <li>» Requiere mantenimiento periódico.</li> <li>» Los lodos producidos deben ser tratados.</li> <li>» Muy peligroso cuando se hace mantenimiento por los gases tóxicos producidos.</li> <li>» Requieren de tratamientos posteriores para su uso como agua de riego.</li> <li>» Con químicos se produce más lodo y se necesita personal especializado.</li> <li>» Sólo para pequeñas poblaciones.</li> </ul>
TANQUES IMHOFF	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Tecnología conocida y empleada mayormente en poblaciones rurales.</li> <li>» Construcción con elementos locales.</li> <li>» Tiene cámara de sedimentación y biodigestor en un solo reactor.</li> <li>» Baja la carga de DBO hasta en un 40%.</li> <li>» Ocupan poco terreno.</li> <li>» Producen un lodo estable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Muy poca o ninguna remoción de patógenos.</li> <li>» Requiere mantenimiento periódico.</li> <li>» Los lodos producidos deben ser extraídos con periodicidad y tratados.</li> <li>» La cámara de sedimentación tiende a obstruirse fácilmente.</li> <li>» Requieren de tratamientos posteriores para su uso como agua de riego.</li> <li>» Construcción profunda no recomendable cuando el nivel freático está alto.</li> <li>» Genera malos olores.</li> <li>» Requiere de personal entrenado.</li> </ul>
FILTRO ANAEROBIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Tecnología empleada ampliamente en poblaciones rurales.</li> <li>» Construcción con elementos locales.</li> <li>» No requiere especialización en personal para el manejo y operación.</li> <li>» Baja la carga de DBO hasta en un 40%.</li> <li>» Lodo estabilizado.</li> <li>» Ocupan poco terreno.</li> <li>» Construcción por lo general subterránea, que ayuda con generación de olores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Poca reducción de patógenos.</li> <li>» El mantenimiento es dificultoso.</li> <li>» Requiere tiempo para generar bacterias acostumbradas al medio.</li> <li>» Produce olor.</li> </ul>

## Tratamientos de baja producción - sistemas biológicos

LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Tecnología conocida y ampliamente utilizada en el país.</li> <li>» Construcción con elementos locales.</li> <li>» Requiere poca operación y mantenimiento.</li> <li>» Reduce patógenos cuando se usan lagunas facultativas y de maduración.</li> <li>» No usa energía adicional a la gravitatoria.</li> <li>» Reduce grandemente la DBO hasta 99%.</li> <li>» Actúa como reservorio de regulación para sistemas de riego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Se requiere una gran superficie.</li> <li>» Las lagunas anaerobias son profundas; no se usa con nivel freático alto.</li> <li>» Si se sobrecargan producen malos olores.</li> <li>» La evaporación es grande en climas áridos.</li> <li>» Si no se maneja bien el pelo de agua, gran producción de mosquitos.</li> <li>» Existe rechazo por parte de la población a esta solución.</li> </ul>
HUMEDALES	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Tecnología conocida ampliamente utilizada en el país.</li> <li>» Construcción con elementos locales.</li> <li>» Requiere poca operación y mantenimiento.</li> <li>» Reduce patógenos, las plantas fijan metales pesados.</li> <li>» No usa energía adicional a la gravitatoria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Se requiere superficie de tamaño medio.</li> <li>» Si no se cosechan plantas hay sobrepoblación que afea el paisaje.</li> <li>» Requieren de geomembrana para no contaminar subsuelo.</li> <li>» Requiere una cuidadosa selección del medio filtrante.</li> <li>» Requiere de plantas que se adapten al líquido.</li> <li>» Humedales de flujo superficial conllevan gran población de mosquitos.</li> </ul>

### Tratamientos de alta producción

TRATAMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
REACTOR UASB REACTOR (RAFA) REACTOR (RALF)	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Tecnología ampliamente probada en el contexto internacional.</li> <li>» Construcción con elementos locales</li> <li>» Ocupa poco terreno.</li> <li>» Baja la carga de DBO hasta en un 50%.</li> <li>» Los olores son contenidos en el reactor eliminados por ventilación.</li> <li>» Producen un lodo estable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Poca reducción de patógenos.</li> <li>» Muy inestable con cambios bruscos de temperatura.</li> <li>» Requieren de operación y mantenimiento constante.</li> <li>» Requieren de personal especializado.</li> <li>» Requiere de laboratorio para control de pH, alcalinidad.</li> <li>» Requiere inóculo para generar el manto suspendido.</li> <li>» En invierno pueden necesitar fuente de calor.</li> </ul>
DESINFECCIÓN POR RAYOS ULTRAVIOLETAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>» No se producen elementos tóxicos o cancerígenos.</li> <li>» Efectiva reducción de patógenos.</li> <li>» Tecnología simple de fácil manejo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» La lámina de agua tratada debe ser pequeña (cm).</li> <li>» El agua no debe contener sedimentos.</li> <li>» Necesita mantenimiento intensivo de las lámparas.</li> <li>» No se debe tener flujo turbulento.</li> </ul>
LAGUNAS AIREADAS + LAGUNA DE SEDIMENTACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Tecnología conocida.</li> <li>» Construcción de las lagunas con elementos locales.</li> <li>» Reduce patógenos muy efectivamente.</li> <li>» No requiere etapa previa de sedimentación.</li> <li>» No producen olor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Requiere electricidad para los aireadores.</li> <li>» Aireadores se deben importar.</li> <li>» Se requiere personal de mantenimiento.</li> <li>» Los lodos deben ser tratados para reducir patógenos.</li> <li>» Si no se maneja bien puede haber gran producción de mosquitos.</li> </ul>

Fuente: Rocha, 2013

### 2.4. Usos posibles para las aguas residuales

El crecimiento desordenado de las ciudades y una acelerada expansión urbana ha ocasionado un desbalance que ha obligado a priorizar el uso de las aguas disponibles superficiales o subterráneas para el abastecimiento de agua potable o agua de consumo y generación de energía eléctrica. Como consecuencia, la actividad agrícola ubicada en la periferia de las ciudades se ha visto seriamente afectada y, en muchos casos, ha sido forzada al uso de las aguas residuales como la única opción de continuidad productiva y supervivencia.

Esto se ha visto además agravado por la contaminación con residuos sólidos y conexiones clandestinas de aguas servidas que generalmente son vertidas por las nuevas urbanizaciones en las aguas de riego, que se conducen mediante canales superficiales abiertos en zonas que antes eran agrícolas y han sido invadidas por las ciudades.

En ese marco, que se ve ahora agravado por los efectos del Cambio Climático, el reúso de aguas residuales tratadas representa una importante fuente alternativa de agua no solamente para paliar el déficit hídrico, sino también para mejorar las condiciones de salubridad en la producción de alimentos con base en una mejor y más eficiente gestión del agua, además del beneficio colateral que mediante el tratamiento de las aguas residuales se puede obtener abundantes abonos naturales para la agricultura.

Al presente, la cobertura de alcantarillado alcanza solamente al 49,8% (VAPSB) de la población. Si esta cobertura se ampliara, se tendría una mayor cantidad de agua residual para reutilizar.

En ese contexto, el reúso de las aguas residuales tratadas en centros urbanos emerge como una importante fuente de agua, teniendo como principales potencialidades las siguientes:

#### » **Recarga de acuíferos**

La importancia de las aguas residuales tratadas en la recarga de acuíferos radica principalmente en su contribución a los mantos freáticos superficiales, por lo cual, es necesario bajar los niveles de contaminación de este tipo de aguas para garantizar la calidad de los acuíferos.

#### » **Reúso de aguas en la industria**

El aprovechamiento de aguas residuales tratadas en los procesos de transformación de la industria, por ejemplo, en el enfriamiento de maquinaria y reactores que consumen alta energía, como también en el lavado de equipos y vehículos de carga.

#### » **Reúso de aguas en actividades mineras y petroleras**

En las actividades mineras y petroleras el reúso de aguas se da principalmente en el enfriamiento de maquinaria de extracción o perforación, como también, en el lavado y separación de minerales.

#### » **Reúso de aguas en paisajismo**

Los centros recreativos tienen una alta demanda de agua debido al riego de áreas verdes, por lo que el reúso de aguas es un factor importante para lograr una disminución en el consumo y costos de usos por agua limpia. Esto se da principalmente en campos de golf, parques, plazas, canchas, etc.

### » Reúso de aguas en la agricultura

El agua disponible para la agricultura en el país no es suficiente para regar los terrenos cultivables, aumentando así la necesidad de utilización de aguas residuales urbanas, que además, en su composición química, contienen elevados valores de nutrientes beneficiosos para el desarrollo de los cultivos, reduciendo la necesidad de la adquisición de fertilizantes.

Actualmente existen organizaciones de regantes establecidas en torno al uso de aguas residuales. Estas organizaciones son la base social con las cuales se debe trabajar en el diseño de mecanismos y modalidades de aprovechamiento que aseguren la utilización de una buena calidad del agua, garantizando condiciones de depuración de contaminantes para su uso agropecuario reduciendo los riesgos de salubridad, asegurando condiciones para el adecuado mantenimiento de las plantas de tratamiento de las aguas residuales, incidiendo así positivamente en la producción agropecuaria, generando impactos positivos en lo económico y armonizados con la preservación ambiental y equidad social.

Todas estas potencialidades relacionadas con el reúso de aguas servidas que hayan sido depuradas en plantas de tratamiento de aguas residuales, representan contribuciones valiosas para el uso eficiente de los recursos hídricos, puesto que permiten la posibilidad de implementar una doble estrategia en la gestión del agua: por una parte permitirán liberar agua “dulce” del sector agrario para utilizarla como agua de consumo y rescatarla mediante sistemas de alcantarillado para tratarla y poder sustituirla por “agua residual tratada”.

El uso o reúso de aguas residuales tratadas es cada vez más importante por las potencialidades expuestas, siendo necesario establecer políticas y estrategias para efectuar un aprovechamiento integral de estos recursos que son parte importante del ciclo del agua.

Finalmente, el reúso se constituye en una importante medida de adaptación al Cambio Climático al promover un uso más eficiente del agua y coadyuvar en la reducción de niveles de conflicto entre los sectores de agua potable y riego, respecto a la competencia por el aprovechamiento del recurso.

## 2.5. Riego con aguas residuales

### 2.5.1. Demanda de agua para riego

El Inventario Nacional de Sistemas de Riego para el año 2012, consigna 5.669 sistemas de riego en siete departamentos que coinciden con aquellos en los cuales se han levantado datos para el presente informe; de ellos sólo el 19% tiene uso de aguas reguladas y la mayor parte de ellos tiene como fuente al agua de río.

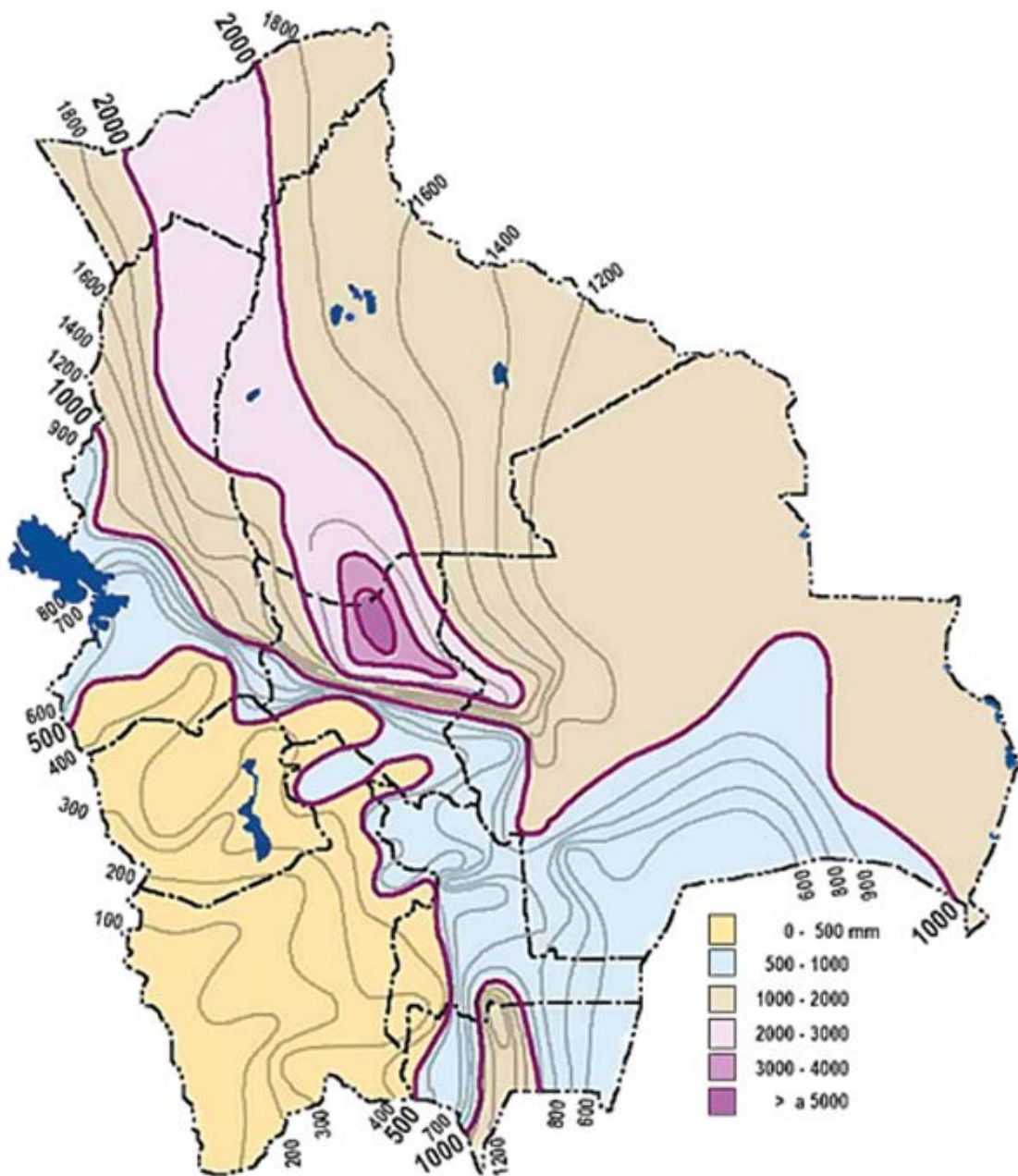
Esto hace que en gran medida los sistemas de riego dependan de las condiciones climáticas imperantes en la zona. Muchas veces el riego es complementario en aquellas áreas que tienen riego proveniente de precipitaciones pluviales.

El mapa 2 muestra las isoyetas de precipitación en Bolivia y al analizarlo, se puede ver que en la región andina y altiplánica las precipitaciones son escasas o cuando mucho medias, caracterizando la zona como semiárida.

Actualmente, debido a los efectos del Cambio Climático, las lluvias son más irregulares y las amenazas por sequía o por exceso incrementan el riesgo sobre la producción agropecuaria, haciendo que las familias se sientan más

vulnerables y se ven obligadas a una búsqueda permanente de alternativas para incrementar la disponibilidad de agua. La competencia por agua de riego es cada vez mayor en estas zonas, en las cuales es ya difícil emplazar grandes obras regulatorias sólo para abastecimiento de agua para las grandes ciudades o las ciudades intermedias.

Mapa 2: Mapa de isoyetas, Bolivia



Fuente: SENAHI

Las familias campesinas, conscientes de las condiciones biofísicas de su entorno, buscan permanentemente incrementar la disponibilidad de agua para riego a fin de compensar la necesidad de agua para los cultivos y garantizar la cosecha. La agricultura campesina de la región occidental del país se desarrolla en un ambiente donde las precipitaciones son menores a los 800 mm por año. En estas condiciones, la aplicación artificial del agua al suelo agrícola es una necesidad para asegurar la producción. Por esta razón, la mayoría de las fuentes de agua existentes ya están siendo aprovechadas por las familias asentadas en el lugar.

### 2.5.2. Sistemas de riego

Junto al crecimiento de los centros urbanos, se incrementan las necesidades de aprovisionamiento de agua para el consumo humano, obligando a las instituciones de servicios a promover más iniciativas para una mayor disponibilidad de agua, además de trabajar paralelamente en la eliminación de las aguas servidas, problema que hasta ahora no se ha resuelto en la mayoría de las principales ciudades y que se constituye en un problema que afecta a la salud de la población.

Como medida de control al problema de las aguas servidas, las instituciones responsables han optado por construir plantas de tratamiento ubicadas fuera de los centros urbanos, llegando a conectar con las comunidades campesinas dedicadas a las actividades agrícolas.

En esta gestión de los sistemas de riego, se desarrollan diferentes actividades que se refieren tanto al manejo de la infraestructura (abrir cerradas compuertas, limpieza de canales o reparaciones, etc.) como para la distribución del agua (captación, conducción y entrega de agua a

cada usuario). Estas actividades de gestión están relacionadas con los siguientes aspectos:

#### 2.5.2.1. La organización campesina para la gestión de los sistemas de riego.

La organización social para riego se refiere a la agrupación de familias cuyo objetivo principal es el acceso y uso del agua de una fuente para fines agrícolas; para tal efecto, se establecen acuerdos colectivos para la operación y el mantenimiento del sistema de riego.

La organización campesina es el elemento activo y motor de los sistemas de riego; sus principales funciones son:

- » Hacer cumplir los acuerdos sobre adquisición de derechos al agua de riego.
- » Definir el manejo de la infraestructura (operación).
- » Acordar las modalidades de distribución del agua.
- » Definir responsabilidades para el mantenimiento del sistema.
- » Establecer aportes para encarar las necesidades de mantenimiento y gestión.

De la aplicación práctica durante el riego, resulta una modalidad de gestión del sistema que se caracteriza por su dinámica y su continua adaptación a las circunstancias del entorno natural que también es variable.

#### 2.5.2.2. Los derechos al agua para riego

En los sistemas de riego campesino, la gestión del agua para riego es fundamentalmente comunitaria; son las familias, agrupadas en comunidades, las que establecen las formas de acceso y el uso del agua que resulta colectivo, basado en decisiones en conjunto; esto significa

que, quienes son considerados miembros de un sistema de riego tienen derecho a utilizar el agua para sus cultivos y, a cambio, deberán participar en todas las actividades de la gestión del sistema.

Por lo tanto, el término “derechos de agua” se refiere al reconocimiento colectivo por parte de los usuarios hacia cada uno de los integrantes de utilizar el agua de riego en relación a una unidad de referencia que establece el reparto del agua.

Los derechos de agua se sustentan en acuerdos y reglas que la organización campesina establece para el reparto de agua de manera consensuada; por ello no es posible hablar de un derecho propietario porque este derecho de uso no está relacionado al individuo sino al grupo organizado.

### **2.5.2.3. La operación y distribución del agua en los sistemas de riego**

La operación de los sistemas de riego se refiere a un conjunto de actividades que permite el manejo de la infraestructura física (compuertas, aforadores, boca tomas, etc.) con el objetivo de que el agua llegue a los cultivos de manera eficiente, calculando las frecuencias de riego, láminas de agua a aplicar, tiempos de riego y los caudales a manejar. Los criterios anteriormente mencionados permiten diseñar la operación y distribución de agua de los sistemas de riego estableciendo calendarios.

En los sistemas de riego campesino, la distribución del agua se refiere al conjunto de actividades que realizan los usuarios tanto para el manejo de la infraestructura física como para el reparto del agua, el cual se sustenta en mecanismos de delegación de responsabilidades; además, los regantes establecen formas de control de la distribución en el momento del

riego, y acuerdos colectivos para establecer normas y reglas sobre los derechos al agua que se constituyen en la base de la distribución.

Por tanto, la distribución del agua de riego en estos sistemas es el momento donde se manifiestan todos los elementos de la gestión; es en el momento del riego cuando se sancionan y se hace práctica del tipo de gestión aplicada en cada uno de los sistemas.

### **2.5.2.4. El mantenimiento de los sistemas de riego**

El mantenimiento consiste en ejecutar diversos trabajos relacionados con la identificación y corrección de las condiciones inseguras e insatisfactorias de las obras, estructuras y maquinarias con la finalidad de asegurar su eficiencia operativa y seguridad de manipulación de manera que se pueda prolongar su vida útil y su desempeño adecuado tanto como sea posible.

Por lo señalado, éste está estrechamente relacionado con la previsión de eventuales daños, contingencias y/o desperfectos que pudieran tener efectos adversos en el funcionamiento y/o la seguridad de los equipos, máquinas e infraestructura.

De esta manera, el mantenimiento tiene como punto de partida la anticipación, que supone una toma de decisiones y la ejecución de actividades antes de que ocurran ciertos hechos no deseados. Esto supone que se debe llevar a cabo acciones sustentadas en el pronóstico o en la predicción de posibles hechos futuros.

En los sistemas de riego campesinos, la lógica de actuar sobre lo concreto hace que las acciones se concentren en la reparación de los daños de la infraestructura cuando éstos se presentan, y no con el criterio de anticipación a los hechos.



En este contexto, las comunidades campesinas, ante las posibilidades de aprovechamiento de las fuentes de agua, como los efluentes que resultan de los sistemas de drenaje de los centros poblados de aguas servidas, aplican los criterios de gestión colectiva para el uso y aprovechamiento de estas fuentes de agua sin previo tratamiento y sin importar los riesgos

que ésta significa para la salud. Sin embargo, las experiencias de las comunidades campesinas pueden ser aprovechadas para articular y con los procesos de tratamiento de las aguas servidas y facilitar su reúso con aguas de mejor calidad, contribuyendo de esta manera al mejoramiento de las condiciones de producción agropecuaria de las familias campesinas.

# 03. Relevamiento de aguas residuales

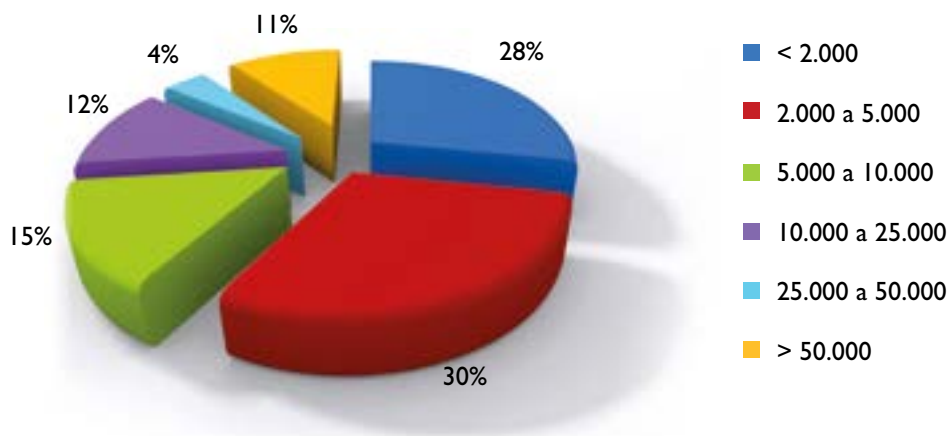
## 3.1. Situación actual de reúso y presencia de PTAR en Bolivia

Para conocer la situación actual de la problemática del reúso, se trabajó con base en las fases 2 y 3 de la metodología de trabajo, considerando los aspectos institucionales y normativos del país con relación al reúso de aguas en la agricultura; se realizó el análisis situacional de 111 casos de estudio, tomando como base zonas donde se reporta un déficit hídrico, es decir, principalmente en las zonas áridas y semiáridas de Bolivia, enfocando la atención en 105 centros poblados, contemplando 7 departamentos y 98 municipios, donde se puede apreciar la presencia de PTAR, problemas, riesgos, áreas de reúso y diferentes aspectos que muestran cómo se lleva a cabo esta práctica.

### 3.1.1. Poblaciones de estudio

En el Gráfico 1 se observa la distribución demográfica de los centros poblados estudiados.

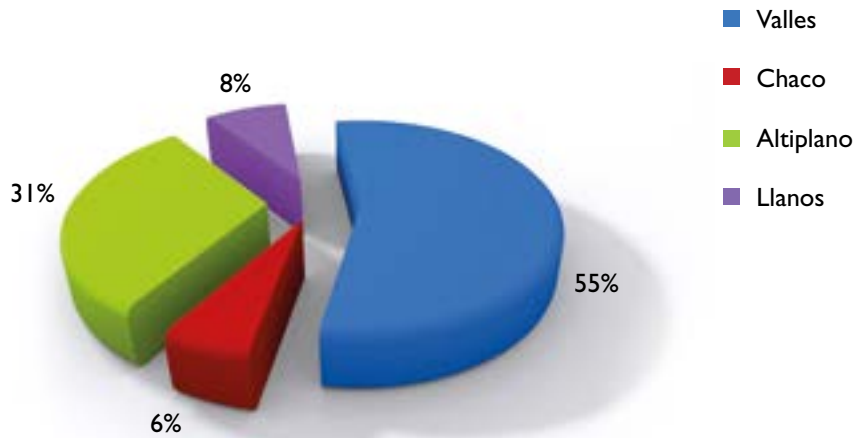
**Gráfico 1: Población en centros poblados estudiados**



Fuente: Elaboración propia

Se observó que el 72% de los centros poblados estudiados tienen una población mayor a 2.000 habitantes -que es el número establecido para la diferenciación de zona rural a zona urbana-, por lo que se prevé que exista un sistema de alcantarillado y una generación de aguas residuales y, al presentarse una relación urbano-rural mucho más estrecha, se puede observar que estas aguas son aprovechadas en riego. El 28% restante de los centros poblados tiene una población menor a 2.000 habitantes.

**Gráfico 2. Distribución de estudios realizados según región**



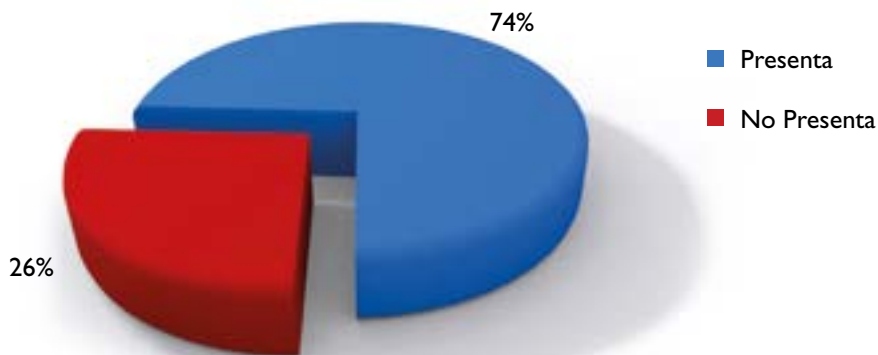
Fuente: Elaboración propia

El 55% de los casos estudiados fueron realizados en la región de los Valles, esto debido a que la actividad agrícola es mucho mayor, al igual que la cantidad de agua requerida; la segunda región donde se realizó el estudio fue en la región del Altiplano debido a la escasez hídrica de la zona.

### 3.1.2. Presencia de PTAR

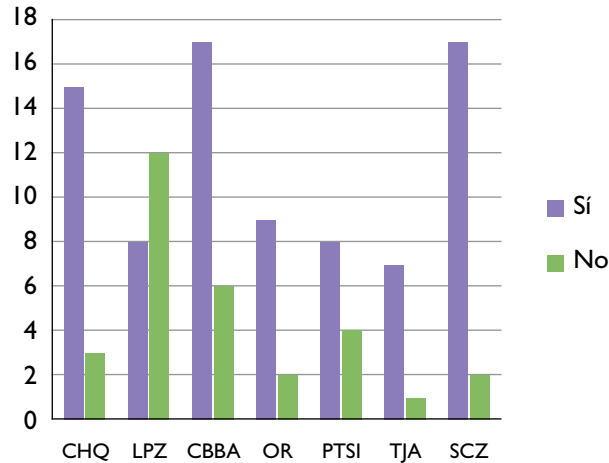
En los estudios realizados se encontró una presencia de PTAR en un 74%. Sin embargo, el 26% restante, si bien no existe una PTAR, se refiere a poblaciones donde existe el aprovechamiento de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento. En el siguiente gráfico se puede observar la presencia de PTAR en Bolivia.

**Gráfico 3. Presencia de PTAR en estudios realizados en Bolivia**



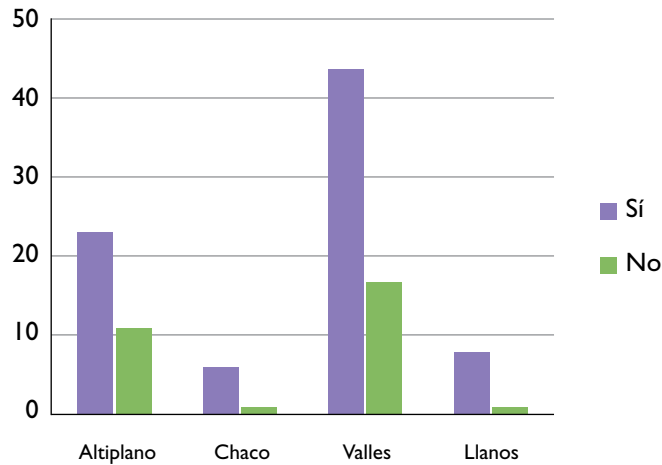
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 4. Presencia de PTAR en estudios realizados por departamento**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 5. Presencia de PTAR en estudios realizados por región**



Fuente: Elaboración propia

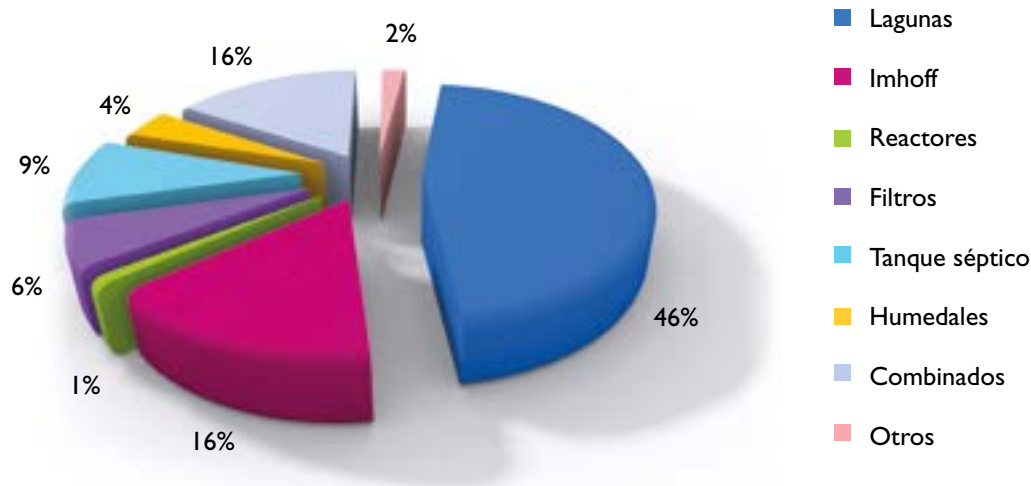
Los Gráficos 4 y 5, muestran los resultados encontrados por departamento y por región. Se identificó que los departamentos de Chuquisaca, Cochabamba y Santa Cruz son los que tienen mayor presencia de PTAR, y el departamento de La Paz es el departamento con mayor falta de PTAR. En la región de Valles se observa que la presencia de PTAR es mayor, pero también se puede apreciar que es la región con mayor cantidad de centros poblados sin PTAR.

### **Tipos de PTAR**

Del 74% del total de PTAR identificado en el estudio, se encontró que existen diversas tecnologías de tratamiento como ser: Lagunas de Estabilización, Tanques Imhoff, Reactores Anaeróbicos, Filtros,

Tanques Sépticos, Humedales, además de sistemas mixtos como tanques o reactores con lagunas, así como también fosas, como se observa en el Gráfico 6.

**Gráfico 6. Tecnologías identificadas en las PTAR estudiadas**



Fuente: Elaboración propia

La tecnología de tratamiento de aguas residuales identificada en la mayoría de los estudios, se refiere a lagunas de estabilización debido a que es un sistema convencional, económico, de fácil construcción, operación y mantenimiento. Por otra parte, los Tanques Imhoff se encuentran principalmente en poblaciones pequeñas (16%); igualmente, resaltan los sistemas combinados (16%), que son principalmente reactores, tanques o filtros, acompañados de sistemas de lagunas, siendo los de mayor eficiencia ya que al combinar tecnologías logran una mayor remoción de los contaminantes.

De acuerdo al tipo de tratamiento existente en cada uno de los departamentos donde se ha llevado a cabo el levantamiento de datos, se tiene la siguiente información:

**Tabla 5: Niveles de tratamiento por departamento**

Tipo de tratamiento	CBB		CH		LP		DPTO OR		PTY		SC		TAR	
	Conteo	Column Total N%	Conteo	Column Total N%	Conteo	Column Total N%	Conteo	Column Total N%	Conteo	Column Total N%	Conteo	Column Total N%	Conteo	Column Total N%
No tiene PTAR	6	33.3%	2	10.5%	12	63.2%	2	18.2%	4	33.3%	3	15.8%	0	0.0%
primario	6	33.3%	1	5.3%	2	10.5%	2	18.32%	5	41.7%	1	5.3%	0	0.0%
secundario	1	5.6%	13	68.4%	4	21.1%	6	54.5%	1	8.3%	5	26.3%	7	77.8%
terciario	5	27.8%	3	15.8%	1	5.3%	1	9.1%	2	16.7%	10	52.6%	2	22.2%
Total	18	100.0%	19	100.0%	19	100.0%	11	100.0%	12	100.0%	19	100.0%	9	100.2%

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla anterior, son muy pocas las plantas de tratamiento que tienen un tratamiento terciario, es decir, que en teoría podrían resolver el problema de tratamiento incluyendo la remoción de patógenos a niveles aceptables para riego, por ejemplo de hortalizas. Sin embargo, son ya un número apreciable las que cuentan con tratamientos secundarios en los diferentes

departamentos, esto podría ser compatible con algunas medidas adicionales como la espera entre el último riego y la cosecha y el lavado de los alimentos para la reducción de patógenos.

Una nueva tabla extractada de los datos levantados es la que sigue y muestra el porcentaje de las plantas de tratamiento que tienen medidas de acondicionamiento de las aguas antes de pasar a los reactores.

**Tabla 6: PTAR según etapa de tratamiento que cuentan con tratamiento preliminar**

Etapa		disponibilidad de tratamiento preliminar									
		n.d.		Des		Rej		Rej-Des		Tam	
		Casos	% sg/fila	Casos	% sg/fila	Casos	% sg/fila	Casos	% sg/fila	Casos	% sg/fila
	No tiene PTAR	29	100.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
	primario	8	47.1%	1	5.9%	6	35.3%	1	5.9%	1	5.9%
	secundario	10	27.0%	2	5.4%	18	48.6%	7	18.9%	0	0.0%
	terciario	3	12.0%	1	4.0%	16	64.0%	5	20.0%	0	0.0%

Des: Desarenador, n.d: No disponible, Rej: Rejilla, Rej-Des: Rejilla seguida de desarenador, Tam: Tamiz

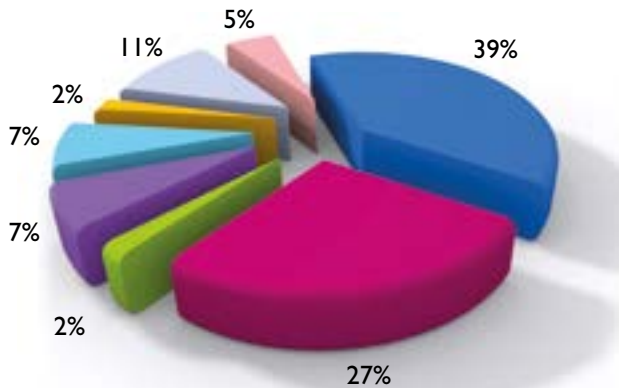
Fuente: Elaboración propia

Generalmente, las plantas que sólo tienen tratamiento primario son las que no tienen tratamiento preliminar, y esa es una de las razones fundamentales para el mal funcionamiento de las mismas. En las que cuentan con tratamiento secundario, el 27% no dispone de tratamiento preliminar y en las que cuentan con tratamiento terciario, el 12% no dispone de tratamiento preliminar. En estas plantas se pueden mejorar su eficiencia con inversiones pequeñas en la instalación de tratamientos preliminares.

**Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales**

En los gráficos 7, 8, 9 y 10 se puede observar el tipo de PTAR que se presentan en las regiones de Valles, Chaco, Altiplano y Llanos, respectivamente

**Gráfico 7. Tecnologías identificadas en las PTAR estudiadas en la región de Valles**



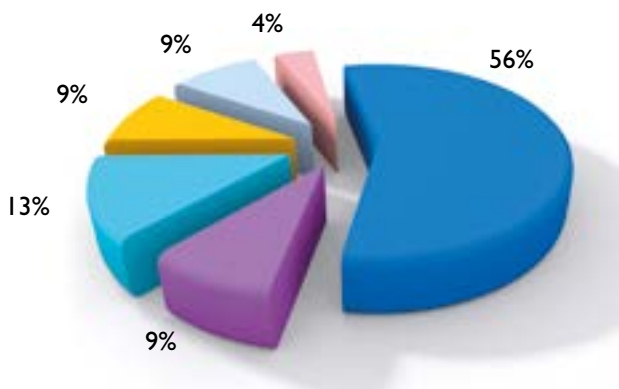
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 8. Tecnologías identificadas en las PTAR estudiadas en la región del Chaco**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 9. Tecnologías identificadas en las PTAR estudiadas en la región del Altiplano**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 10. Tecnologías identificadas en las PTAR estudiadas en la región de los Llanos**



Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Lagunas	Imhoff	Reactores	Filtros	Tanques Sépticos	Humedales	Combinados	Otros

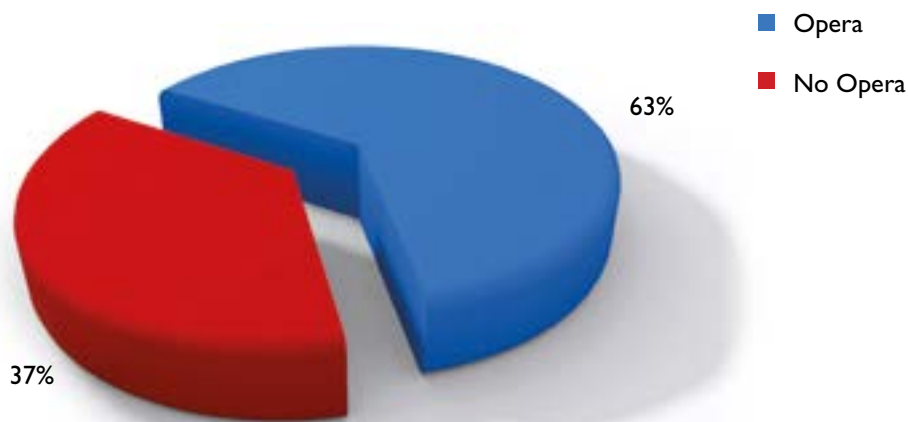
## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

En las regiones del Altiplano y Llanos, el tratamiento se realiza, en la mayoría de los casos, a través de lagunas de estabilización, principalmente por la alta disponibilidad de terreno y la topografía plana, que son características indispensables para la construcción de este tipo de tratamiento. De igual manera, las lagunas son el tratamiento más utilizado en la zona de los valles, pero no con tanta presencia, ya que en esta región se puede apreciar una diversidad de tratamientos utilizados. En la región del Chaco, el 83% de las tecnologías son combinaciones entre RALF con lagunas facultativas y de maduración.

### Funcionamiento y eficiencia

Del 73% de las PTAR estudiadas, se identificó que el 37% no funciona, es decir, el agua residual no ingresa a la PTAR y es desviada para otros fines, o el agua residual que entra a la PTAR se infiltra en el suelo y no existe un efluente.

**Gráfico 11. Operación de PTAR en estudios realizados en Bolivia**



Fuente: Elaboración propia

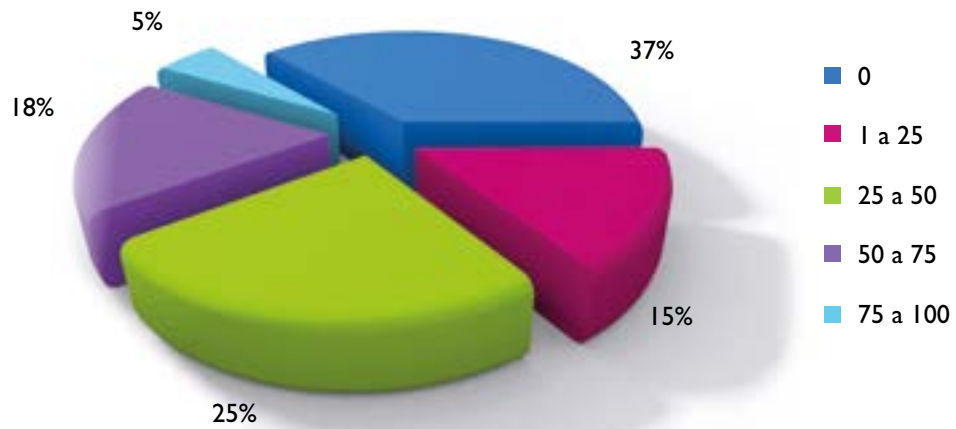
En el Gráfico 11 se puede observar que, en el 63% de los estudios realizados, las PTAR funcionan; es decir, existe un afluente y un efluente, lo que significa que existen diversos problemas que generarían riesgos de salubridad.

Para un mejor detalle del funcionamiento de las PTAR se identificó el porcentaje de efectividad en la remoción de contaminantes; en este relevamiento en particular, se realizó el cálculo de la efectividad con base en la DQO.

Como se puede observar en el gráfico 12, solamente el 5% de las PTAR en Bolivia presenta una remoción mayor al 75%, identificando insuficiencias y problemas en las diferentes PTAR existentes en Bolivia.



**Gráfico 12. Efectividad en PTAR con base en DQO en estudios realizados en Bolivia**



Fuente: Elaboración propia

## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

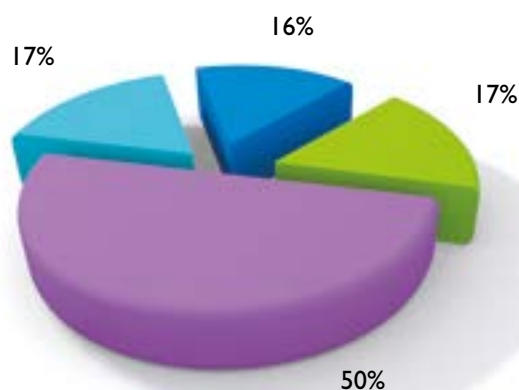
En los siguientes gráficos se presentan datos respecto a la efectividad en las PTAR según región:

**Gráfico 13. Efectividad en PTAR con base en DQO en estudios realizados en la región de Valles**



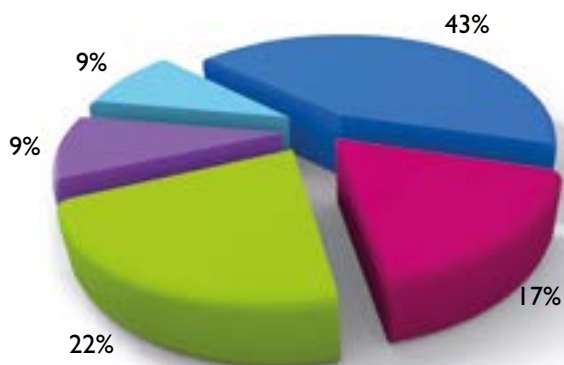
Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 14. Efectividad en PTAR con base en DQO en estudios realizados en la región del Chaco**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 15. Efectividad en PTAR con base en DQO en estudios realizados en la región del Altiplano**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 16. Efectividad en PTAR con base en DQO en estudios realizados en la región de los Llanos**



Fuente: Elaboración propia

0	1 a 25%	26 a 50%	51 a 75%	> 75%

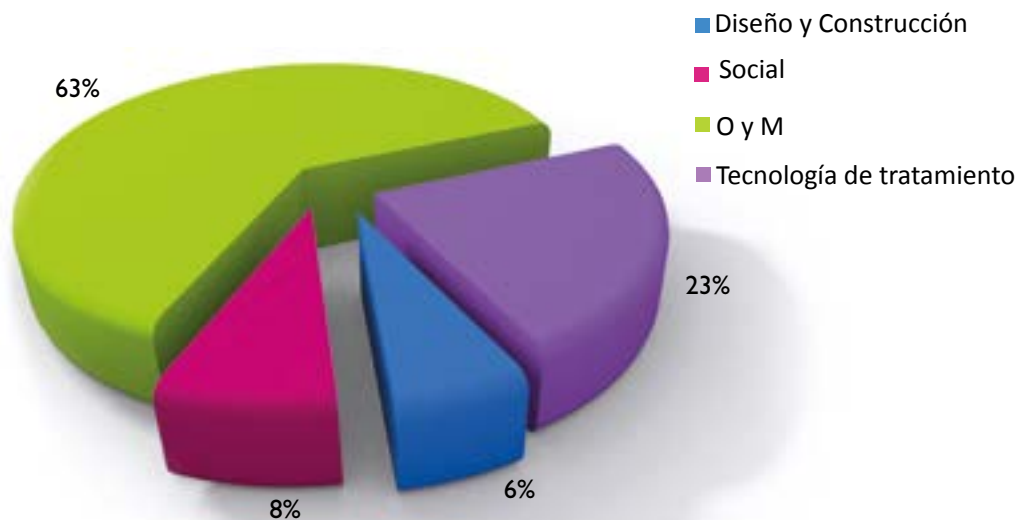
Se puede apreciar que en las regiones de Llanos y Chaco, las PTAR tienen mayor efectividad, probablemente debido a las condiciones climáticas favorables como la elevada temperatura, ya que aumenta la actividad de los microorganismos. En la región de los Valles existe una menor eficiencia, debido a que las PTAR no abastecen a la creciente población y cada vez son más sobrecargadas. En la región altiplánica, un factor importante está relacionado con las bajas temperaturas que no favorecen la actividad de los microorganismos. En estas cuatro regiones, la principal causa que repercute en la baja efectividad del tratamiento es la deficiencia en la operación y mantenimiento.

### Principales problemas identificados en PTAR

Existen diferentes problemas relacionados al funcionamiento de las plantas de tratamiento en actual funcionamiento. El relevamiento de datos ha podido identificar razones diversas para el mal funcionamiento de las PTAR, que obviamente tienen consecuencias en la salud.

Como se pudo ver en la anterior sección, el 63% del total de las PTAR estudiadas funcionan, pero en la mayoría no presentan resultados favorables o tienen una efectividad muy baja. También, se puede observar que un 37% de PTAR está totalmente olvidada. En el Gráfico 17 se presenta las principales causas del mal funcionamiento de las PTAR consideradas en el relevamiento.

**Gráfico 17. Principales problemas en PTAR estudiadas en Bolivia**



Fuente: Elaboración propia

El problema de la operación en las PTAR está, en su mayoría, vinculado al mantenimiento; otros problemas encontrados tienen relación con temas sociales, construcción del sistema y el tipo de tratamiento. A continuación se resaltan los principales problemas encontrados:

**Operación y Mantenimiento:** Es el principal problema que se presenta en las PTAR estudiadas. Los GAMs y/o EPSA no toman en cuenta la necesidad de operar y mantener en funcionamiento las PTAR. Esto se debe, principalmente, a la falta de recursos económicos y personal capacitado con los conocimientos necesarios para operar y mantener los diferentes tipos de tratamiento de aguas. Este problema se refleja en los bajos niveles de remoción de la contaminación y sistemas de tratamiento sin funcionar.

Si no se realiza un mantenimiento continuo de las PTAR, éstas no funcionan adecuadamente y es posible que se sobrecarguen debido al crecimiento poblacional que no es atendido por un crecimiento en la PTAR, o que simplemente las plantas dejen de operar porque se colmatan o son obstruidas por elementos flotantes, o finalmente sufren una sobrecarga debido al agua de lluvia que es derivada a la planta, generando cargas súbitas que no pueden ser tratadas por la PTAR. Mención especial se debe dar

## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

a los efluentes no tratados o parcialmente tratados de industrias que son, en la mayoría de los casos, tóxicas para las bacterias o microorganismos encargados de la estabilización de la materia orgánica.

El mal funcionamiento y los olores producidos, crean en la población mucha susceptibilidad en cuanto al tratamiento de las aguas, por lo que resulta difícil incorporar nuevos sistemas en poblaciones que aún no cuentan con tratamiento de aguas residuales.

**Foto 19. Pre-tratamiento totalmente descuidado. Tarata, Cochabamba**



**Foto 20. Lagunas de estabilización sin mantenimiento. Eucaliptus, Oruro**



**Foto 21. Laguna anaeróbica colmatada por falta de mantenimiento y fallas en el pre-tratamiento (PTAR San Luis, Tarija)**



**Tecnología de Tratamiento:** En este caso, el problema es la inadecuada correlación que existe entre las capacidades técnicas de los GAMs y/o EPSA y la tecnología utilizada en la PTAR. Las plantas de las ciudades importantes, en su mayoría, han sido desarrolladas siguiendo parámetros que funcionan en países donde se ha desarrollado dicha tecnología y cuyas condiciones técnicas, climáticas, socioeconómicas, nivel de conciencia ambiental y regulaciones, son diferentes a las que se tienen en el país.

Las plantas de las ciudades intermedias y comunidades rurales simplemente dejan de funcionar por desconocimiento de la operación y mantenimiento, misma que deja de ser prioridad una vez que se ha emplazado el alcantarillado y no recibe presupuesto posterior.

Si la PTAR depende en alguno de sus reactores del uso de energía eléctrica, éste se convierte en un problema adicional, pues los costos de operar y mantener están ligados a la tarifa de agua, que en la mayoría de los casos es insuficiente.

Aparte de las variaciones fisicoquímicas, el problema puede estar relacionado con la falta de un post-tratamiento de afinamiento o mejora de las eficiencias de remoción; en muchos casos, se utiliza lagunas de maduración o tratamientos que reduzcan los parámetros de contaminación.

**Diseño y Construcción:** Aspecto relacionado con el anterior punto, ya que es un problema técnico que se manifiesta al momento de la implementación de la PTAR. En algunos casos no fueron considerados algunos aspectos relevantes en el diseño como son los niveles del suelo, cercanía a los ríos o zonas vulnerables, que en muchos casos provocan que muchas PTAR hayan sido destruidas debido a riadas u otros fenómenos extraordinarios.

**Foto 22. Laguna destruida por las riadas - problema de la construcción; Capinota, Cochabamba**



## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

Otro aspecto relacionado con este problema, es que en la construcción no se considera un estudio de la hidráulica de las lagunas, ya que crea zonas muertas que afectan el tratamiento y reducen la eficiencia.

**Foto 23. Hidráulica mal diseñada de la laguna creando zonas muertas - problema de la construcción; PTAR Comparapa, Santa Cruz**

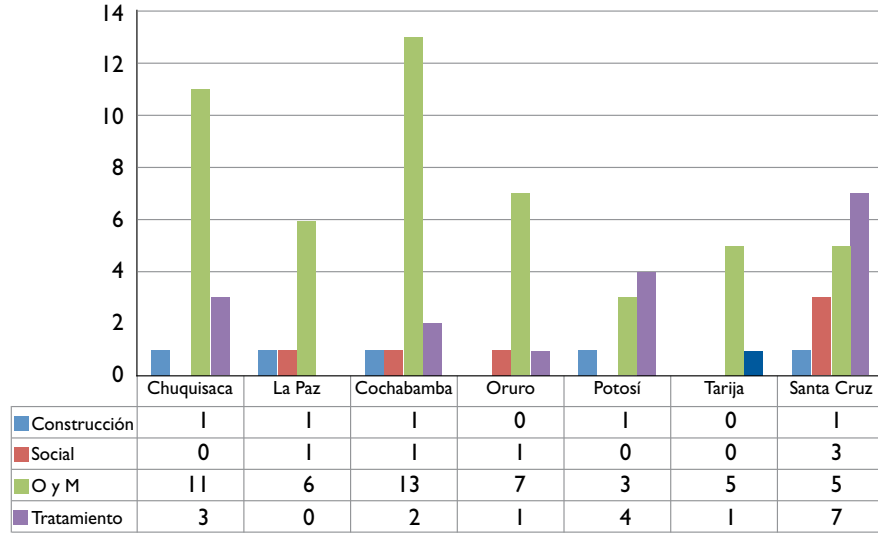


**Foto 24. Tomas de agua ilegales en la PTAR. Alba Rancho, Cochabamba**



El problema de la operación y mantenimiento se ve reflejado en los diferentes departamentos del país en los que se realizó el estudio, tal como se puede observar en el gráfico 18.

**Gráfico 18. Principales problemas en PTAR estudiadas por departamento**



Fuente: Elaboración propia

**Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales**

A continuación se presentan con mayor detalle los problemas identificados en PTAR según la región. Mediante estos gráficos se puede concluir que el principal problema está relacionado con las lagunas de estabilización, sistema que más se utiliza. Además, se pudo observar que la mayoría de ellas se encuentran colmatadas, presentan malos olores y causan molestias en la población a pesar de que son sistemas de fácil O y M.

**Gráfico 19. Principales problemas en PTAR en la región de Valles**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 20. Principales problemas en PTAR en la región del Chaco**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 21. Principales problemas en PTAR en la región del Altiplano**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 22. Principales problemas en PTAR en la región de los Llanos**



Fuente: Elaboración propia

			
Construcción	Social	Operación y mantenimiento	Tratamiento



El principal problema encontrado en los centros urbanos estudiados donde no existe una PTAR se relaciona con el estatus jurídico del predio o la definición de su ubicación, ya que a pesar de que existen diseños finales y presupuesto para ejecutar los proyectos de PTAR en distintos municipios, los pobladores no desean que estén cerca de las viviendas por las siguientes razones:

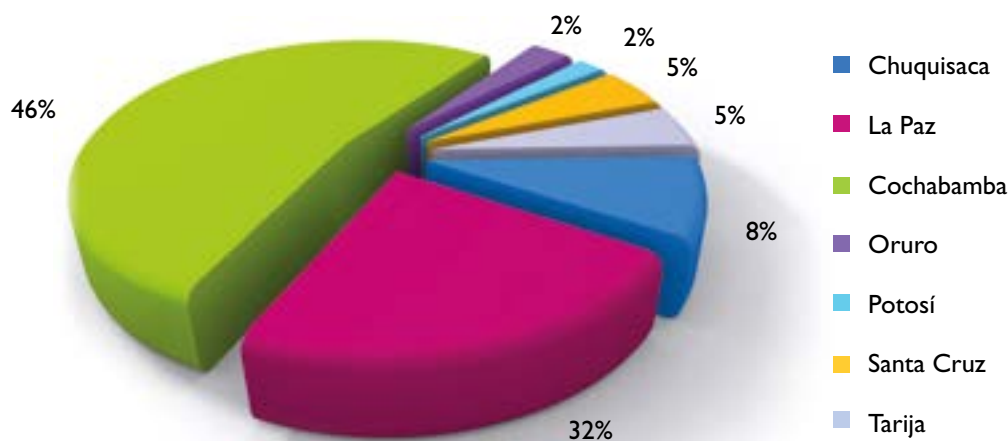
- » Existe una fuerte aversión de las familias que viven adyacentes a las PTAR por los malos olores que emanan de ellas.
- » Hay evidencia de que el valor de la propiedad de las viviendas cercanas a las PTAR es afectado por su proximidad a ellas, incidiendo negativamente en su plusvalía.
- » En general, existe la percepción de que las PTAR se construyen en zonas marginales, lo que incide mucho en la valoración propia de los mismos vecinos sobre sus barrios.

### 3.1.3. Áreas de riego

El riego con aguas residuales en Bolivia es una realidad que se la vive a diario en los diferentes municipios, principalmente en el departamento de Cochabamba, que según el estudio realizado tiene el 46% del aprovechamiento de aguas residuales tratadas y sin tratar.

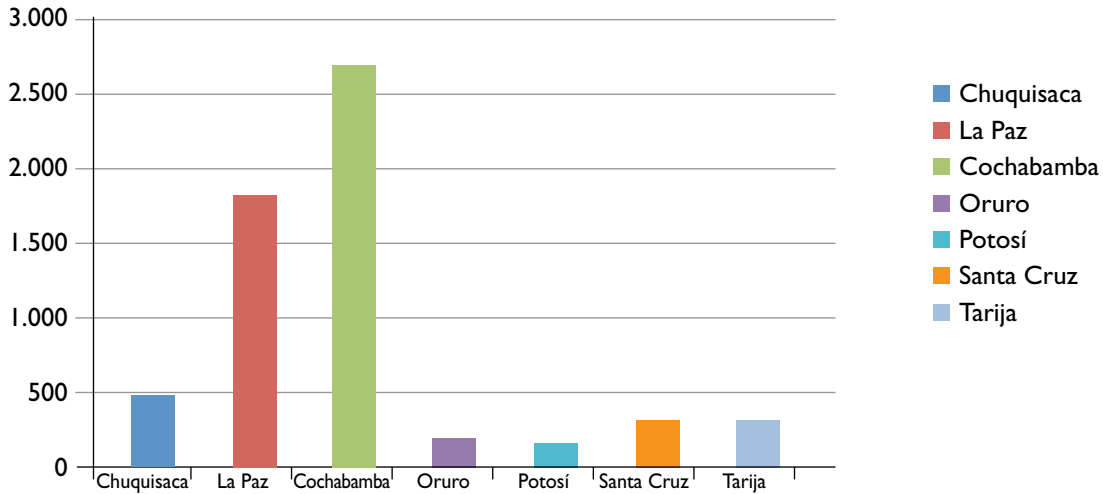
Aproximadamente se calculó que se riegan unas 5.700 ha con aguas residuales. Un punto que merece ser resaltado es que la mayor área de riego que aprovecha estas aguas de baja calidad, se encuentra en los valles cochabambinos (altos, medios y bajos), principalmente en la cuenca del río Rocha que recibe aguas predominantemente de clase domiciliaria e industrial. Se pudo observar que los regantes están completamente organizados en torno a este recurso, ya que tienen horas establecidas de uso. Cuentan con canales y compuertas que son de utilidad para llevar el agua residual directamente hasta sus parcelas; algunos, inclusive, se dedican a extraer el agua residual del río con bombas de diferentes capacidades, para luego conducirla a los diferentes usuarios y agricultores.

**Gráfico 23. Porcentaje de áreas de riego según departamento**



Fuente: Elaboración propia

**Gráfico 24. Ha. regadas con agua residual por departamento**



Fuente: Elaboración propia

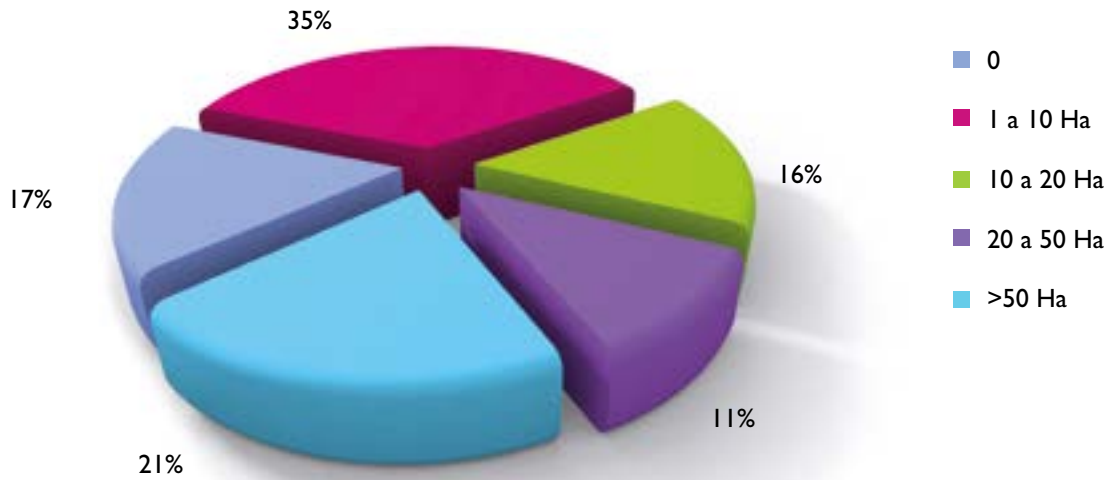
El reúso se da principalmente en áreas menores, ya que el agua residual en centros poblados pequeños no es suficiente para abastecer grandes extensiones de terrenos cultivables. En el Gráfico 25 se puede apreciar que el 35% de los estudios realizados tienen un área de riego con aguas residuales entre 1 a 10 ha; un 17% indica que no se aprovechan las aguas residuales en la agricultura, ya sea porque van a parar a cuerpos de agua ocasionando problemas de contaminación al medio ambiente o porque les dan otra utilidad, como el lavado de minerales y la fabricación de adobes.

**Foto 25. Bombeo de las aguas residuales para su uso (sindicato de bomberos). La Maica, Cochabamba**



También, se puede observar que el 21% del total de áreas de riego son mayores a 50 has, tanto en el caso ya mencionado de la cuenca del río Rocha como en la cuenca del río La Paz. En este último, debido a que la población paceña desecha el agua del alcantarillado al río Choqueyapu, cuyas aguas no reciben ningún tipo de tratamiento y son utilizadas principalmente en el riego de hortalizas.

**Gráfico 25. Áreas de riego con agua residual**



Fuente: Elaboración propia

### 3.1.4. Problemas relacionados al reúso de aguas residuales en agricultura

**Problemas de salubridad.** Los riesgos a la salud que se tienen por riego con aguas residuales no tratadas, dependen del grupo de personas expuesto y su variación se explica en la tabla 7

**Foto 26. Cultivos regados con aguas del río La Paz**



**Tabla 7: Riesgos para la salud**

Grupo expuesto	Riesgos para la salud		
	Infecciones por helmintos	Infecciones por bacterias/ virus	Infecciones por protozoos
Consumidores	Riesgo de infección por helmintos en adultos y niños por aguas residuales no tratadas.	Se han reportado brotes de cólera, tífus y shigelosis por el uso de aguas residuales no tratadas; respuestas seropositivo para <i>Helicobacter pylori</i> (no tratado; aumento de la diarrea no específica cuando la calidad del agua excede 104 coliformes termotolerantes / 100 ml).	Se ha encontrado evidencia de protozoos parasíticos en superficies de hortalizas regadas con aguas residuales, pero no hay evidencia directa de transmisión de la enfermedad.
Trabajadores Agrícolas y sus familias	Riesgo importante de infección por helmintos en adultos y niños por aguas residuales no tratadas; mayor riesgo de infección por anquilostoma en trabajadores que no usan zapatos; el riesgo de infección por helmintos persiste, sobre todo en niños, aún cuando el agua residual se trate a < 1 huevo de helminto por litro; el riesgo en los adultos no aumenta con esta concentración de helmintos.	Mayor riesgo de enfermedad diarreica en niños pequeños que tienen contacto con aguas residuales si la calidad del agua excede 104 coliformes termotolerantes / 100 ml; mayor riesgo de infección por salmonella en niños expuestos a aguas residuales no tratadas; mayor serorespuesta a norovirus en adultos expuestos a aguas residuales parcialmente tratadas.	Se reportó un riesgo de infección mínimo por <i>Giardia Intestinalis</i> por el contacto con aguas residuales no tratadas y tratadas; sin embargo, en otro estudio realizado en Pakistán se estimó que el riesgo de infección por <i>Giardia</i> aumentó tres veces en aquellos agricultores que utilizan aguas residuales sin tratar, en comparación con el riego con agua dulce; se observa mayor riesgo de amebiasis cuando existe contacto con aguas residuales no tratadas.
Comunidades cercanas	Transmisión de infecciones por helmintos no estudiadas en el caso del riego por aspersión, aunque lo anterior se aplica para el riego por inundación o por surcos, donde existe un alto contacto.	Riego por aspersión con calidad de agua deficiente (106 - 108 coliformes totales / 100 ml) y alta exposición a pulverización asociada a mayores tasas de infección, el uso de aguas parcialmente tratadas (104 - 105 coliformes termotolerantes / 100 ml o menos) en riego por aspersión no se asocia a mayores tasas de infecciones por virus.	No hay datos con respecto a la transmisión de infecciones por protozoos durante el riego por aspersión con aguas residuales.

Fuente: Con base en OMS, 2006

**Foto 27. Preparación de terrenos para el riego. Tarata, Cochabamba**



**Foto 28. Riego con aguas residuales. Quillacollo, Cochabamba**



En muchos de los análisis de calidad de aguas se encontraron concentraciones elevadas de Cromo 6 (Cr6), debido principalmente a que las curtiembres descargan sus desechos sin realizar un tratamiento previo; el mayor riesgo es que se trata de un compuesto cancerígeno, como los nitritos (NO<sub>2</sub>-), que se encuentran principalmente en aguas residuales con un bajo nivel de tratamiento.

Por otra parte, un problema indirecto es el consumo de alimentos que son regados con aguas residuales y son comercializados en los centros de abastecimiento de los municipios, principalmente las hortalizas que en su mayoría se consumen crudas, esto debido a que las aguas residuales contienen valores elevados de coliformes fecales, y huevos de helmintos, los cuales generan problemas gastrointestinales.

Otro riesgo son los efectos en los animales que beben estas aguas, ya que pueden tener infecciones dérmicas y gastrointestinales, como acontece en la salud de los seres humanos.

**Problemas al medio ambiente.** El mayor impacto al medio ambiente que se identificó en el estudio es la contaminación que alcanza a

cuerpos de agua naturales, principalmente a ríos y lagunas cercanas a las PTAR o a los efluentes del sistema de alcantarillado.

El riesgo más significativo es que se tiene la eutrofización de los cuerpos de agua por los altos contenidos de nutrientes que presenta el agua residual que va a proliferar la biomasa, lo que resulta en bajos contenidos de oxígeno en el agua siendo perjudicial para la vida acuática.

Otro riesgo relacionado a los efluentes de las PTAR que no presentan la remoción necesaria, es el problema paisajístico, ya que las aguas contaminadas dispuestas en el medio ambiente generan malos olores, ocasionando molestias para la población y afectando al equilibrio del paisaje natural.

Los residuos industriales líquidos que son incorporados a una red de alcantarillado común, que al final llegan a tener contacto directo con la naturaleza, contienen contaminantes químicos peligrosos para el medio ambiente, ocasionando desequilibrios irreversibles.

**Foto 29. Río después de recibir toda la descarga del sistema de alcantarillado. Cliza, Cochabamba**



**Foto 30. Residuos líquidos industriales vertidos directamente al río Choqueyapu. La Paz, La Paz**



Muchos de estos problemas fueron encontrados en varios de los municipios donde no existe una buena gestión de las aguas residuales; muchos centros poblados no tienen una PTAR que pueda minimizar el impacto al medio ambiente y a la salud de la población.

### **3.2. Criterios normativos de regulación de reúso de aguas residuales**

En nuestro país no existe una normativa que regule el uso del agua residual en la agricultura. Sin embargo, tal como se muestra en el Capítulo 2, se ha constatado que éstos están siendo utilizados, en la mayoría de los casos, con aguas residuales con bajos niveles de tratamiento.

En estos años, las organizaciones internacionales como FAO, OMS, NN.UU, entre otras, han venido tratando el tema del uso seguro de las aguas residuales, las excretas y las aguas grises.

En este cometido, la Organización Mundial de la Salud ha publicado las guías relacionadas al tema mencionado con cuatro volúmenes que son:

- » Vol. I Políticas y aspectos regulatorios.
- » Vol. II Uso de las aguas servidas en agricultura.
- » Vol. III Uso de las aguas servidas y excretas en acuicultura.
- » Vol. IV Uso de excretas y aguas grises en agricultura.

Hasta el presente, las guías de la OMS en materia de aguas ya sean potables o servidas, han sido aplicadas en el país para generar normativa propia que es largamente basada en las mencionadas guías; por esta razón, esta publicación, a falta de normas propias, acoge las guías mencionadas que son resultados de largos estudios y de la experiencia internacional en la materia.

De los cuatro volúmenes publicados por la OMS, el que más se adecúa a las necesidades de reúso de agua para riego en Bolivia es el Volumen II, del cual se extraen las partes principales.

Las Guías OMS establecen su principal objetivo en la maximización de la protección de la salud

pública y el uso seguro de recursos de agua. El propósito de las guías en consecuencia, es hacer que el uso de las ARD tratadas en agricultura sean lo más seguro posible, de manera tal que la seguridad alimentaria y los aspectos nutricionales puedan ser compartidos ampliamente entre comunidades cuya vida depende en gran manera del agua de riego proveniente de las ARD

tratadas. En consecuencia, se trata de definir los riesgos asociados concernientes a los grupos vulnerables, diseñando las medidas precisas y necesarias para disminuir los mencionados riesgos.

Algunos de los riesgos asociados al riego con ARD tratadas se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 8: Riesgos de salud asociados al riego con ARD**

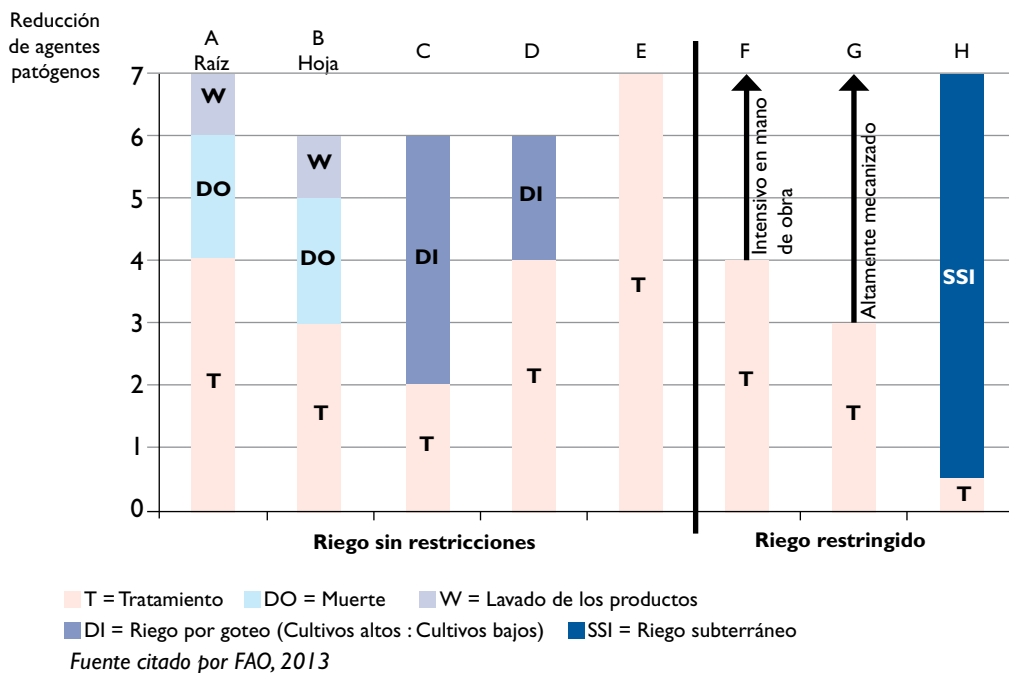
Grupo expuesto	Riesgos de salud		
	Infecciones por Helmintos	Infecciones por bacterias/virus	Infecciones por protozoos
Consumidores	Riesgo significativo de ascariasis en adultos y niños con ARD no tratada.	Se han reportado brotes de cólera, shigelosis y tifoidea por el uso de ARD no tratada. Se reporta seropositividad para helicobacter pilori, y se ha mostrado un aumento en las diarreas cuando se excede la concentración de 104 coli termotolerante/100 ml.	Se ha evidenciado la presencia de protozoos parásitos en la superficie de los vegetales regados con ARD tratadas, pero no se tiene evidencia de la transmisión de enfermedad.
Trabajadores agrícolas y sus familias	Riesgo significativo de ascariasis en adultos y niños con ARD no tratada. El riesgo permanece especialmente para los niños cuando se tiene ARD tratada a menos de 1 huevo de nematodo/l; existe un incremento de riesgo por anquilostoma en los trabajadores agrícolas.	Hay un incremento en el riesgo para jóvenes por el contacto con el agua cuando se excede la concentración de 104 coli termotolerante/100 ml. Se muestra además un elevado riesgo de salmonelosis en niños expuestos a las ARD no tratadas y hay una serorespuesta positiva a norovirus en adultos expuestos a ARD parcialmente tratadas.	Riesgo de infección por Giardia en aguas tratadas y no tratadas; se incrementa el riesgo de amebiasis con el contacto con ARD no tratada.
Comunidades aledañas	Existe riesgo de ascariasis cuando se usa riego por surcos o inundación. Este aspecto no ha sido estudiado para el riego con aspersores.	No se han encontrado correlaciones de incremento de tasas de infección viral cuando se usa riego por aspersión con ARD parcialmente tratada (entre 104 a 105 CT/100 ml) pero sí existe esto cuando se usa riego por aspersión con aguas de calidad muy pobre (entre 106 a 108 CT/100 ml) conjuntamente exposiciones altas de aerosol.	No existen datos de transmisión de infecciones por protozoos cuando se usa ARD en riego con aspersores.

La OMS establece niveles de referencia de riesgos aceptables a través del parámetro “Años de Vida Ajustados por Discapacidad – AVAD”, un indicador cuantitativo de salud en términos de la morbilidad general, que toma en cuenta la expectativa de vida y los años que son perdidos debido a enfermedades o muerte prematura.

Para este parámetro, la OMS establece en sus guías del 2006 un AVAD equivalente a 10-6 que sería el equivalente a 1 caso en exceso de cáncer por cada 100.000 personas expuestas a las aguas residuales.

Esta meta es alcanzable no sólo a través del tratamiento de las ARD, sino también con otras medidas adicionales como muestra la Figura extraída de las Guías OMS, 2006.

**Gráfico 26: Opciones para la reducción de agentes patógenos**



En el gráfico 26 se muestra que la opción A presenta una combinación de tratamiento, cuya reducción de patógenos es de 4 ciclos logarítmicos; tiene una reducción adicional de 2 ciclos por la muerte de los patógenos debido al tiempo de espera entre el último riego y el consumo y uno ciclo más por el lavado con agua de las verduras de raíz como son las zanahorias, las cebollas, etc. Entonces, esta opción tiene una reducción de 7 ciclos logarítmicos en patógenos, y esto es suficiente para el consumo de cultivos que pueden ser consumidos sin cocción. Esto es comparable con la anterior guía OMS que establecía un efluente con máximo  $10^3$  coli/100 ml.

La opción B es menos exigente. Comprende los mismos tres mecanismos de reducción de patógenos y es adecuado para vegetales de hoja, como por ejemplo las lechugas y equivaldría a una concentración de 104 coli/100 ml de las guías OMS de 1989.

La opción C es aún menos exigente en el tratamiento, pero implica riego por goteo, adecuada para cultivos de tallo alto como por ejemplo tomates. Similarmente en la opción D, se tiene riego por goteo, pero es más exigente en el tratamiento debido a que los cultivos regados son de tallo bajo, (no son raíces).



La opción E sólo establece el tratamiento completo como opción para alcanzar un AVAD de 10-6. El Anexo 5 muestra las concentraciones máximas tolerables en suelos de varios tóxicos de origen químico basados en la protección de la salud humana.

### Medidas de protección de salud

Varias son las medidas de protección a la salud que se pueden implementar, éstas constituyen barreras múltiples al contagio y propagación de enfermedades. Entre las medidas están:

- » Tratamiento de las ARD.
- » Restricción de cultivos.
- » Técnicas de aplicación de riego que minimicen la contaminación (ej. Riego por goteo).

- » Tiempo de espera entre la última aplicación de riego y la cosecha.
- » Prácticas higiénicas de preparación de los alimentos.
- » Educación en salud.
- » Lavado de productos, desinfección, cocción de los alimentos.
- » Terapia con productos químicos e inmunización.

La siguiente tabla da las pautas de reducción de patógenos con diferentes medidas (barreras) que se pueden implementar.

**Tabla 9: Reducción de patógenos con medidas de protección de salud**

Medida de control	Reducción de patógenos (ciclos log)	Observaciones
Tratamiento de ARD	1-6	La reducción de patógenos requerida con plantas de tratamiento depende de la combinación de medidas de protección adicionales que se vayan a emplear, como se muestra en el gráfico 26.
Riego por goteo (cultivos de tallo bajo).	2	Cultivos de raíz como las lechugas que crecen por encima del suelo pero parcialmente en contacto con el mismo.
Riego por goteo (cultivos de tallo alto).	4	Cultivos como los tomates; la parte de la cosecha que no está en contacto con el suelo.
Aspersión con control de giro.	1	Uso de micro aspersores; dirección de aspersión controlada con anemómetros, aspersión hacia adentro, etc.
Aspersión con franja de protección.	1	La franja de protección debe ser de 50 a 100 metros cuando el riego es por aspersión.
Mortandad de patógenos.	0.5-2 por día	Se refiere a la mortandad que experimentan las bacterias desde la aplicación del último riego hasta el consumo. Esto depende de la radiación solar y de las condiciones climáticas, además del tiempo y el tipo de cultivo.
Lavado de productos con agua.	1	Lavado con agua limpia de productos para preparación de ensaladas, verduras y frutas.
Desinfección de productos.	2	Lavado con un desinfectante suave y enjuagado con agua limpia de productos para preparación de ensaladas, verduras y frutas.
Pelado de productos.	2	Frutas, raíces, tubérculos.
Cocción de productos.	6-7	La inmersión de alimentos en agua hervida o próxima a hervir, produce la destrucción de los patógenos.

Aparte de lo mencionado anteriormente, cualquier medida de protección que se vaya a implementar requiere de niveles de observación y monitoreo, los cuales se establecen a continuación:

**Tabla 10: Monitoreo de verificación para el tratamiento de aguas**

Tipo de riego	Opción esco- gida Gráfico 26	Reducción de patógenos re- querida (ciclos log)	Nivel de verifika- ción de monitoreo (E. coli/100 ml)	Observaciones
No restringido.	A	4	$\leq 10^3$	Cultivos de raíz.
	B	3	$\leq 10^4$	Cultivos de hoja.
	C	2	$\leq 10^5$	Riego por goteo cultivos de tallo alto.
	D	4	$\leq 10^3$	Riego por goteo cultivos de tallo bajo.
	E	6 ó 7	$\leq 10^1$	La verificación depende de la autoridad ambiental.
Restringido.	F	4	$\leq 10^4$	Agricultura con uso intensivo de mano de obra (protección de adultos y niños menores a 15 años).
	G	3	$\leq 10^5$	Agricultura altamente mecanizada.
	H	0.5	$\leq 10^6$	Remoción de patógenos en un tanque séptico.

Fuente FAO, 2013

Todas las medidas de verificación y monitoreo que se vayan a implementar, deben tener una frecuencia de monitoreo la cual se muestra a continuación:

**Tabla 11: Frecuencia de monitoreo para la implementación de barreras múltiples**

Medida de protección de salud (barrera)	Frecuencia de monitoreo mínima
Tratamiento de aguas.	(a) Áreas urbanas: Una muestra cada quincena para E.coli y una cada mes para huevos de helmintos. (b) Áreas rurales: 1 muestra cada 3-6 meses para huevos de helmintos. Se requieren muestras compuestas de 5 días que se toman 6 veces al día.
Riego por goteo de cultivos de tallo alto y bajo.	Campañas anuales para verificar el uso del método de riego y los tipos de cultivos que se plantan.
Riego con aspersión (con control de dirección y franja sanitaria).	Campañas anuales para verificar el uso del método de riego y la extensión de la franja sanitaria.
Mortandad de patógenos.	Campañas anuales para verificar la calidad microbiológica en el punto de cosecha y puntos seleccionados de venta.
Lavado de productos, desinfección, pelado, cocción.	Campañas anuales para verificar la implantación de estas barreras y evaluar el impacto que tengan las campañas de educación sanitaria.

Fuente Con base en OMS, 2006

Conocidos los controles y las frecuencias de monitoreo, se debe dar una mirada analítica a los métodos de aplicación de riego, pues dependiendo de la tecnología empleada, ésta es responsable de una remoción adicional de patógenos tal cual muestra la siguiente Tabla:

**Tabla 12: Método de Aplicación de Riego**

Medida de protección de salud (barrera)	Factores que afectan la elección	Medidas especiales para las ARD
Riego por inundación.	Costo muy bajo, No requiere nivelación exacta.	Protección completa para los trabajadores de campo, los que manejan las cosechas y los consumidores.
Riego por surcos.	Costo bajo, Se puede requerir nivelación.	Protección para los trabajadores de campo y posiblemente para los que manejan las cosechas y los consumidores.
Riego con aspersores.	Eficiencia media en el ahorro de agua. El uso de aspersores de tecnología avanzada, puede reducir grandemente los riesgos de contaminación hasta en un ciclo logarítmico.	Algunos cultivos, especialmente las frutas son propensas a contaminación. Se debe guardar la franja sanitaria de 50 a 100 m de casas y caminos. No se pueden utilizar sistemas de tratamiento anaeróbicos por el olor que producen. Se pueden usar nuevas tecnologías en la producción de aspersores, los mismos que controlan la dispersión del spray.
Riego subsuperficial y por goteo.	Campañas anuales para verificar el uso del método de riego y los tipos de cultivos que se plantan.	Se deben elegir boquillas emisoras antiobstrucción, o filtrar las aguas para prevenir la obstrucción de las boquillas emisoras.

Fuente En base a OMS, 2006.

Finalmente y en base a los tratamientos que se usan en Bolivia, se tiene la siguiente tabla que muestra la remoción de patógenos con respecto a la tecnología de planta de tratamiento utilizada.

**Tabla 13: Remoción de patógenos según tratamiento**

Proceso de tratamiento	Remoción de patógenos ciclos logarítmicos <sup>a</sup>			
	Virus	Bacterias	Protozoos	Huevos de helminto
Lagunas de estabilización.	1-4	1-6	1-4	1-3 <sup>b</sup>
Reservorios y almacenamiento de aguas servidas.	1-4	1-6	1-4	1-3 <sup>b</sup>
Humedales.	1-2	0.5-3	0.5-2	1-3 <sup>b</sup>
Sedimentación primaria.	0-1	0-1	0-1	0-<1 <sup>b</sup>
UASB.	0-1	0.5-1.5	0-1	0.5-1 <sup>b</sup>
Filtros percoladores.	0-2	1-2	0-1	1-2 <sup>c</sup>
Lagunas aireadas.	1-2	1-2	0-1	1-3 <sup>c</sup>
Radiación ultravioleta.	1->3	2->4	>3	0 <sup>c</sup>

*a* -Fuentes: Feachem et al, 1983; Scharfbrod et al, 1989; Sobsey, 1989; El Gohary et al, 1993; Rivera et al, 1995; Rose et al, 1996/97; Staruss, 1996; Landa capella y Jimenez, 1997; Chancy et al, 1998; National research Council, 1998; Yates y Gerba, 1998; Karimi Vickers y Harasick, 1999; Lazarova et al, 2000; Jimenez et al 2001; Jiménez y Chávez, 2002; Jiménez, 2003/05; von Sperling et al, 2003; Mara, 2004; Rojas-Valencia et al, 2004; OMS, 2004; NRMCC y EPHCA, 2005.,

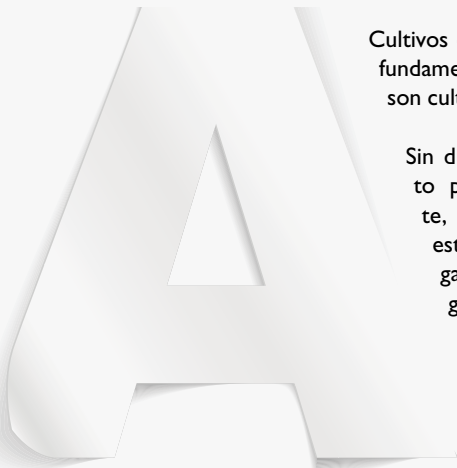
*b* -Basados en logaritmos decimales (Concentración inicial/concentración final de patógenos). 1 ciclo log = 90% de reducción, 2 ciclos log = 99% de reducción, 3 ciclos log = 99.9% de reducción y así sucesivamente.

*c* -Reducción teórica basado en los mecanismos de reducción.

Según Terán (2004), la restricción de cultivos tiene como objetivo la prevención de problemas para la salud humana y el medio ambiente que, en ocasiones, se contraponen a los intereses de agricultores que deben reducir los beneficios económicos derivados del uso de esta agua en el riego de cultivos de alto valor, como las hortalizas en las zonas urbanas y periurbanas, susceptibles de ser contaminadas. Esta situación conflictiva es común a la mayoría de los países en vías de desarrollo, que no pueden dotar a los regantes agua de mejor calidad y tampoco tienen capacidad para hacer cumplir la legislación establecida.

Teniendo en cuenta el grado en que se exigen medidas de protección para la salud, Terán clasifica los cultivos en tres categorías: A, B y C.

### Esquema 10. Clasificación para riego restringido



Cultivos en los que los tratamientos destinados a cumplir las directrices son fundamentales; corresponde a los cultivos que suelen ingerirse crudos y que son cultivados en estrecho contacto con los efluentes de las ARU depuradas.

Sin duda, el grupo de cultivos de mayor riesgo sanitario está compuesto por vegetales especialmente susceptibles debido a su bajo porte, lo que facilita el contacto directo con las aguas de riego; entre estos productos están: hortalizas frescas como lechuga, coliflor, acelga, repollo, apio, perejil, espinaca, cebolla, ajo, alcachofa, espárragos, pepino, vainitas, tomate, pimentón, zanahoria, frutilla, y otros.

Dentro de esta categoría también se puede incluir algunos árboles frutales de bajo porte regados por aspersión como las uvas y flores, y el riego de césped en áreas de acceso público. Los campos deportivos y parques infantiles, especialmente jardines de hoteles y otras áreas de recreación requieren normas muy estrictas, puesto que la salud de las personas que están en contacto con el césped recién regado puede correr grandes riesgos con ARU depuradas de baja calidad microbiológica.



Corresponden a esta categoría los cultivos que presentan un menor riesgo sanitario que la categoría A, bien por no estar destinados al consumo humano o por estarlo una vez que son cocidos. Comprende aquellos cultivos para consumo humano que no entran en contacto directo con las aguas residuales, siempre que sus frutos no se recojan del suelo ni se rieguen por aspersión como algunos árboles frutales, viñedos, lenteja, haba, arveja, frijol, garbanzo, berenjena, zapallo, papa, zanahoria, remolachas o aquellos cultivos procesados de tal forma que se destruyen los agentes patógenos, así como los cereales (arroz, avena, cebada, centeno, sorgo, trigo, maíz), o aquellos cuya cáscara no es comestible (sandía, melones, cítricos, nueces, etc).



Se encuadran en este grupo de menor riesgo, algunas especies industriales arbóreas (pinos y eucaliptos destinados a la obtención de madera o celulosa) e industriales herbáceos no aptos para el consumo humano “in natura” y que suelen recibir tratamiento por calor o desecación antes del consumo humano (algodón, semillas oleaginosas como el girasol, la soya y estimulantes como el tabaco); así como los frutales arbóreos de mayor porte cuyos frutos estarían aislados del contacto con el agua de riego (excepto cuando el sistema de riego es por aspersión) como el palto, chirimoya, manzano, naranjo, limonero, peral y otros. También se incluyen en este grupo las verduras y frutas cultivadas exclusivamente para enlatado u otros tratamientos que destruyan los agentes patógenos; cultivos forrajeros secados al sol y recolectados antes de ser consumidos por los animales; el riego de campos en zonas cercadas sin acceso público (viveros, bosques, zonas verdes). Sin embargo, la adopción de medidas de protección se hace necesaria para los trabajadores agrícolas.

FUENTE: Terán, 2004.

### 3.2.1. Riesgos del reúso de aguas residuales en la agricultura

Las aguas residuales municipales están conformadas por aguas con residuos domésticos (las cuales provienen instalaciones de baños, cocinas, lavandería), aguas residuales industriales y escorrentía de aguas pluviales y de infiltración de agua subterránea al alcantarillado.

76

El agua residual de los sanitarios contiene heces y orina, que potencialmente podrían ser fuente de infecciones. Las descargas industriales contienen químicos y metales pesados, los cuales afectan de manera negativa al medio ambiente y a la salud de la población que está en contacto con el agua residual sin tratamiento.

En el Anexo 6 se presenta un resumen de los principales riesgos de enfermedades en base a información de OMS<sup>6</sup>.

### 3.3. Percepción de los usuarios respecto al uso de aguas residuales

Como se planteó en el relevamiento de este documento, el reúso de aguas en la agricultura es una práctica común en Bolivia; estas son algunas de las percepciones de los usuarios del agua residual:

- » En general, la necesidad de agua impulsa a los usuarios a utilizar aguas residuales de cualquier nivel de tratamiento, sin importar mucho el control de calidad que se haga sobre las mismas.
- » En muchos casos, los regantes consideran favorablemente la presencia de nutrientes en las mencionadas aguas residuales.
- » En todas las circunstancias, los usuarios de aguas servidas establecen y aplican normas consensuadas para definir los derechos de acceso al agua.

<sup>6</sup> Guidelines for the Safe use of Wastewater, excreta and Greywater, WHO, 2006.

Además, se definen de común acuerdo (entre todos los usuarios del sistema) los criterios para la operación y el mantenimiento de la red de canales del sistema de riego y las modalidades de distribución de agua.

Para complementar las percepciones de los usuarios (productores) así como de los comercializadores y consumidores de productos regados con agua residual, se utilizó el estudio “Dimensiones socioeconómicas asociadas a las prácticas de reúso de aguas residuales con fines productivos en el Altiplano Boliviano”<sup>7</sup>, cuyos principales hallazgos y resultados son:

### **Producción en el Área Investigada**

Un 44,1% de los productores agropecuarios encuestados reconocen ventajas asociadas al reúso de aguas residuales en la agricultura y 59,8% identifican los riesgos/inconvenientes.

Las principales ventajas identificadas por los agricultores son: reducción en la necesidad de fertilizantes (54.6%), mayor productividad (53.5%), su gratuidad (42.9%), posibilidad de varias cosechas al año (36.9%), mejora del suelo (28%) y está disponible todo el año (12.8%).

Del total de productores encuestados, el 31,1% declara usar aguas servidas para el riego de sus cultivos. Son los productores de Mecapaca, Viacha–Chonchocoro y Patacamaya en menor proporción, los que tienen arraigada la práctica del reúso. Estos productores valoran en la misma proporción, cerca del 70%, ventajas e inconvenientes o riesgos. Los productores que declaran no usar aguas servidas para sus actividades agrícolas aseguran saber que las mismas provocan muchos más riesgos e inconvenientes que ventajas, 59% y 33% respectivamente.

De los agricultores que reconocen reusar, sólo el 16,1% manifiesta no tomar ninguna medida de protección, mientras que los demás toman diversas medidas de protección para reducir riesgos de enfermedades y problemas en la piel. Se destacan el uso de botas y guantes como las medidas principales. Entre los productores que tienen mayor conocimiento de los riesgos a la salud humana que conlleva el reúso, en todos los casos manifiestan usar equipamiento que los proteja, sobre todo en aquellos que han identificado las enfermedades como riesgo.

Los productores recurren a la aplicación de fertilizantes químicos, principalmente úrea con la finalidad de promover un rápido crecimiento y aumento en peso. Los rendimientos productivos en cabecera de valle y en el altiplano se encuentran próximos al promedio nacional de 20 Tn/ha. Existe un relativo incremento de productividad en el cultivo de lechuga de agricultores que emplean aguas residuales como riego en Mecapaca frente a agricultores que aplican aguas provenientes de deshielos de nevados en Palca.

Los municipios de Palca y Mecapaca privilegian su producción principalmente orientado al mercado y en una proporción menor al autoconsumo. Realizando el cálculo del valor bruto de la producción, los productores de Patacamaya y Batallas (Altiplano) y Mecapaca (cabecera de valle) estarían en mejores condiciones económicas que Viacha, El Alto y Palca para el pago bajo un esquema planificado de reúso.

<sup>7</sup> (Ver Detalles en Anexo 7 – “Estudio de caso - Dimensiones socioeconómicas asociadas a las prácticas de reúso de aguas residuales con fines productivos en el Altiplano Boliviano”, MMAyA con apoyo del Programa de Agua y Saneamiento WSP, Banco Mundial, mayo de 2013).

Tanto en los municipios de cabecera de valle como los del altiplano declaran un interés manifiesto por recibir agua de sistemas planificados de reúso. Más del 90% de los encuestados está a favor de la implantación de programas de reúso de aguas residuales para fines productivos. De los agricultores que saben que regar con aguas residuales provoca riesgos e inconvenientes, una gran mayoría (92,4%), estaría interesada en recibir aguas residuales siempre y cuando fueran tratadas para reducir los riegos.

Hay aceptación entre los agricultores de participar mediante aportes económicos a la gestión de un sistema planificado de reúso. Si este sistema incrementa y mejora las posibilidades de riego asociados a la implementación de mecanismos de protección a la salud con base en la ejecución de proyectos con soluciones tecnológicas adecuadas y de calidad orientadas a mejorar las condiciones ambientales de los procesos de tratamiento, la mayoría declara disposición a aportar para infraestructura y gestión como mecanismo de participación en una organización que preste servicio de riego, con mano de obra (95%), en efectivo (83%) e indistintamente las dos formas de aportes (97,4%).

### Comercialización y Consumo

No se observan diferencias en los canales de venta de los productos regados con aguas residuales atribuibles al tipo de agua empleada para el riego. Asimismo, se ha constatado que los productos regados con aguas residuales no reciben menor precio de venta. Los productores que hacen reúso, conocen muy bien su mercado, identifican las épocas del año en que sus productos tienen competencia de productores del interior del país y rotan sus cultivos buscando obtener el precio máximo.

78

Los productos regados con aguas residuales no reciben menores precios de venta debido a dos razones fundamentales: las hortalizas son más atractivas visualmente (tamaño sobre todo), la mayor parte no declaran su procedencia y esta producción se mezcla con otra que tiene riego tradicional. Sólo para algunos productores que reúsan (17,4%), el menor precio es una desventaja de producir usando aguas residuales para riego, pues los productos llegan de manera indiscriminada al mercado urbano, muchas veces mezclados con producción de riego tradicional.

Una mayoría de comerciantes encuestados considera que los consumidores no muestran inconvenientes en comprar productos regados con aguas tratadas. Sin embargo, considera que los consumidores adquirirían verduras y frutas producidas con aguas tratadas si el precio es similar a aquellos regados por agua no contaminada. Descartan que los productos se podrían vender a precio menor o que el consumidor pagaría un precio menor por estos productos.

Se ha detectado cierta preferencia para la comercialización de los productos que se riegan con aguas residuales. Las hortalizas que comercializan provienen principalmente de Río Abajo (Mecapaca) y de Palca, que no tienen prácticas generalizadas de reúso. Los comercializadores prefieren estos productos por calidad y precio y también por las relaciones comerciales que tienen con los productores del lugar o porque se trata de comercializadores de la misma comunidad.

## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

Los consumidores compran los productos en base al precio, cercanía y frescura. Si bien la mayor parte de consumidores conoce genérica y vagamente la procedencia de los productos que adquiere, considera mayoritariamente que éstos son el resultado de riegos con aguas de río y algunos de ellos, sobre todo en las zonas centro y sur de La Paz, consideran que se riega con aguas residuales.

En general, los consumidores no reconocen explícitamente que están comprando productos regados con aguas residuales, lo que puede explicar que no tomen medidas extraordinarias de protección. Lavar los productos con agua es la medida de protección más usual en El Alto y la zona central, mientras que en la zona sur ya se menciona el lavado con químicos, dada la mayor capacidad de compra de estos consumidores.

Un número menor de consumidores ha declarado que no comprarían estos productos. Estas personas desconfían de que las aguas sean bien tratadas y que de cualquier forma se estaría regando con aguas sucias, contaminadas o infectadas, lo que provocaría enfermedades de todas maneras.



# 04. Lineamientos Estratégicos

## 4.1. Estrategias de Capacitación

De acuerdo a lo observado en el levantamiento de datos, uno de los mayores problemas es la operación y el mantenimiento de las PTAR. Este aspecto está ligado directamente a la capacidad técnica disponible en la zona de proyecto conjuntamente a otros problemas de orden técnico en diseño, construcción, seguimiento y evaluación continua de los resultados técnicos y su influencia en los sistemas de riego y el entorno de consumidores.

Para abordar este problema, se debe trabajar capacitando personal técnico a través de instituciones del nivel central como la Escuela Plurinacional del Agua (EPA) y la Escuela Nacional de Riego (ENR), universidades y/o alianzas estratégicas.

La EPA, plataforma sectorial para la capacitación, formación e investigación, articula las necesidades de saneamiento básico y la oferta existente. En el marco de esta estrategia la EPA podrá:

- » Establecer alianzas con universidades para la capacitación y formación de especialistas en diseño, construcción, operación y mantenimiento de PTAR con enfoque de reúso, allí donde sea factible.
- » Establecer alianzas y fortalecer los centros de investigación para desarrollar tecnologías y metodologías pertinentes para tratamiento de aguas residuales y reúso.
- » Fortalecer las capacidades de los gobiernos subnacionales en gestión de tratamiento de aguas residuales y su reúso.
- » Establecer alianzas de cooperación con países vecinos para mejorar la gestión de los recursos hídricos.

La Escuela Nacional de Riego (ENR) es un brazo operativo del MMAyA/SENARI que se encarga de la prestación de servicios de formación, capacitación y evaluación y certificación a los regantes y a los profesionales vinculados con el sector de riego, contribuyendo, de esta manera, al desarrollo de la gestión del riego y a la coordinación con las demás entidades de este sector. Por lo tanto, para poder apoyar a esta estrategia, la ENR podrá entre otras actividades:

- » Capacitar a usuarios de aguas residuales tratadas en estrategias de gestión y manejo de aguas a nivel de parcela.
- » Socializar y capacitar en tecnologías de riego con aguas residuales tratadas, incluyendo riego tecnificado para la disminución de patógenos.
- » Socializar y capacitar en normativa orientada al reúso de aguas tratadas con fines de riego.

En la parte técnica, además del fortalecimiento de capacidades en el diseño de PTAR, se puede tender a la formación de auditores ambientales y de técnicos en manejo y operación de plantas de tratamiento. También se propone formar capacitadores para replicar las buenas prácticas y técnicas en operación y diseño de PTAR.

En el marco del monitoreo y evaluación, hasta el momento no ha sido posible implantar con fuerza de Ley las reglamentaciones de la Ley 1333 promulgadas el año 1995, debido básicamente a lo ampuloso de sus parámetros de control y a que no se cuenta con personal capacitado y certificado.

Para resolver el tema de evaluación continua, es necesaria la capacitación de Auditores Ambientales cuyo trabajo estará relacionado al cumplimiento de la normativa, tanto a nivel de industrias como a nivel de plantas que traten exclusivamente las ARD.

Por otra parte, es evidente la falta de operación y mantenimiento de las PTAR. Esto requiere de la capacitación y entrenamiento de técnicos en manejo en plantas, quienes deben tener un conocimiento en el uso, cuidado, monitoreo y otras actividades relacionadas con el funcionamiento de las PTAR.

Se deben establecer alianzas entre instituciones para dar incentivos a la gente que se forme a nivel técnico, asegurando primero una atención adecuada a la estadía en el centro de formación, y luego garantizar una estabilidad laboral que permita el desarrollo de las actividades del personal técnico en el mediano a largo plazo.

### 4.2. Estrategias del Marco Regulatorio

A pesar de la existencia de la Ley 1333 y sus Reglamentos, no ha sido posible hasta el

momento establecer una regularidad en cuanto al control y monitoreo de los cuerpos de agua o de los lanzamientos que se hacen a los mismos.

El Reglamento en contaminación hídrica, en su Anexo A, contiene 4 tipos de cuerpos de agua de acuerdo a su aptitud de uso, 80 parámetros con valores máximos admisibles en cuerpos de agua que hayan sido previamente clasificados, 25 parámetros de límites permisibles para descargas hídricas.

Tal cantidad de parámetros de control hace difícil, sino imposible, el control de los lanzamientos de descargas en los cuerpos de agua, considerando además que es el Gobierno Departamental a través de su Instancia ambiental propone una clasificación y solicita al Ministerio del Sector su evaluación y aprobación. A esto se añade la cantidad de aguas residuales tratadas o no que se vierten a cuerpos de agua, el vertido no regulado de industrias, hospitales y otros, falta de control de afluentes y efluentes.

Si bien existe la Ley y sus Reglamentos, la aplicación de los mismos se ha visto restringida a sólo situaciones en las cuales se presenta un serio riesgo, o cuando se presentan situaciones ambientales de emergencia que son puestas a conocimiento de la Autoridad Ambiental a través del público.

Se han expuesto en el texto varias acciones relacionadas a la normatividad, basadas en las **guías de la OMS** que en resumen se refieren a los siguientes aspectos:

- » Establecimiento de metas de salud.
- » Establecimiento de medidas de protección de salud (barreras múltiples).
- » Sistema de monitoreo y evaluación.
- » Sistema de información intersectorial.

- » Selección de tecnologías apropiadas.
- » Aspectos ambientales relacionados.

Estas guías pueden ser adoptadas a los diversos escenarios que se tienen en Bolivia mientras se desarrolla la normativa nacional.

### 4.3. Estrategia Financiera

El tratamiento de las ARD que podrían ser reutilizadas, son provenientes de poblaciones concentradas, ya que en ellas se pueden emplazar alcantarillados sanitarios ya sean de tipo convencional o condominial<sup>8</sup> y su respectiva PTAR.

Muchas veces, la disposición final de las aguas residuales tratadas y no tratadas son los cursos de los ríos o quebradas a partir de los cuales se aprovechan estas aguas para riego en la mayoría de los casos.

En Bolivia, el diseño y construcción de una PTAR es parte de una obligación emanada del cumplimiento de la Ley 1333, pero no se tiene claro el uso de las ARD tratadas como un insumo importante para, por ejemplo, el riego de jardines o de cultivos.

Esta parte de presentación obligatoria, momentánea mientras dura la gestión del financiamiento hasta la etapa de construcción, no es seguida por el establecimiento de unidades de gestión y manejo de las plantas de tratamiento y el posterior uso que se dará a las aguas tratadas.

Si bien a través de distintos programas se financia la construcción de PTAR y alcantarillados, este financiamiento no contempla recursos para la operación y mantenimiento de las PTAR. Por otro lado, las EPSAS no tienen un presupuesto

suficiente ni mecanismos para conseguirlos y cubrir los costos de estas actividades, lo cual hace que la misma deje de operar adecuadamente tal como fue verificado en el estudio.

Las tarifas del servicio de agua potable y saneamiento, no cubren los costos de operación y mantenimiento de PTAR. Este es un aspecto a ser analizado ya existe una fuerte resistencia de la población a cualquier incremento en la tarifa de los servicios básicos. En ese contexto se debe analizar la posibilidad de recurrir a incentivos y eventuales subsidios para la consolidación del funcionamiento de las PTAR hasta lograr la sostenibilidad en el mediano plazo.

Se deben crear mecanismos de consenso en materia de financiamiento entre los diferentes actores relacionados con el tratamiento de las aguas residuales. A pesar de que las PTAR son responsabilidad ya sea del GAM o de las EPSA, es necesario discutir y debatir con los regantes su participación en la cobertura de costos de operación y mantenimiento, considerando que ellos son los beneficiarios de las aguas tratadas y en consecuencia deben asumir parte de las obligaciones de mantenimiento como se hace en un sistema de riego cualquiera.

Asimismo, el análisis económico y financiero determinará cuál es el porcentaje de participación económica de los GAM para la operación y mantenimiento de las PTAR, y garantizar su funcionamiento sostenible y adecuado.

En este contexto, parte de las tareas a ser llevadas a cabo en esta línea estratégica, son:

- » Identificar las necesidades de PTAR y el potencial de reúso del agua en la agricultura en coordinación con las instituciones del sector.

## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

- » Asegurar fondos para la O y M a través de un programa de construcción y rehabilitación de PTAR con mecanismos de subsidios y fondos concurrentes.
- » Buscar mecanismos de incentivos económicos para la construcción, operación y mantenimiento de sis-

temas de alcantarillado y PTAR con fines de reúso donde sea factible.

Un ejemplo de incentivos se plasma en la siguiente tabla:

**Tabla 14: Incentivos de financiamiento de O&M**

Etapa	Acción	Meta	Incentivo
Diseño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propuesta de alternativas de diseño incorporando el tratamiento requerido para el reúso donde sea factible y de acuerdo al tipo de cultivo.</li> <li>• Socialización del diseño y los beneficios, además de los compromisos y tareas por parte de los usuarios.</li> <li>• Trabajo coordinado con asociación de regantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al menos dos alternativas de diseño que cumplan las metas multibarrera.</li> <li>• Acuerdos firmados por municipios y asociaciones de regantes.</li> <li>• Por cada PTAR y sistema de alcantarillado diseñado se deberá contar con un manual específico y detallado de la operación y mantenimiento.</li> <li>• Si el diseño considera el reúso, se deberán establecer reglamentos internos entre regantes, EPSA, comité de aguas y operadores de la PTAR.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subvención del 100% del costo de consultoría.</li> <li>• Entrega de material para educación en salud, sistema multibarrera, buen uso del alcantarillado, manuales prácticos de operación y mantenimiento.</li> </ul>
Construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción hasta la puesta en operación de la PTAR.</li> <li>• Establecimiento de Laboratorio de control de calidad en relación al tamaño de la PTAR o alianzas con laboratorios establecidos.</li> <li>• Establecimiento de reglas claras y consensuadas para la gestión del agua de riego.</li> <li>• Personal entrenado en institución de educación superior y práctica como pasante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planta funcionando con el submodelo hidráulico calibrado.</li> <li>• Inóculo sembrado con bacterias de planta similar.</li> <li>• Asociación de regantes establecida, con Directorio y funcionando.</li> <li>• Personal de laboratorio con contrato y en planilla de pago (no personal eventual) superior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se da el cumplimiento de los cuatro puntos y de acuerdo a la complejidad de la PTAR, financiamiento a fondo perdido para la construcción de la PTAR de hasta el 80%. Se recomienda que el resto del financiamiento sea 15% por parte de la Alcaldía Municipal y 5% por parte de los beneficiarios.</li> </ul>
Operación y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de caudales, parámetros biológicos y fisicoquímicos.</li> <li>• Limpieza diaria de oficinas y laboratorios; mantenimiento de jardines y de barreras de viento.</li> <li>• Cumplimiento obligatorio del manual de operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado y PTAR en todos sus procesos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La eficiencia de tratamiento cumple con lo establecido.</li> <li>• Se hace el mantenimiento por parte de los beneficiarios.</li> <li>• La planta está en buenas condiciones de higiene y paisajismo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la EPSA o Alcaldía, provisión de insumos de laboratorio y reequipamiento si es necesario, o subvención en los costos operativos del laboratorio.</li> <li>• Para los regantes, 0 costo por agua de riego. Publicidad de comercialización de producto diseñada de acuerdo a metas de salud.</li> <li>• Capacitación subvencionada de los operadores de las PTAR.</li> </ul>

### 4.4. Estrategia de Comunicación

Tanto las plantas de tratamiento como su tecnología, son más difíciles de introducir en la sociedad, ya que la experiencia hasta ahora ha sido negativa. Se requiere de plantas demostrativas de buen funcionamiento, pero sobre todo reducir la emanación de olores que ahora se tienen en algunas PTAR. Es indispensable que las plantas de tratamiento tengan un componente arquitectónico y de paisajismo, además de que la tecnología empleada sea adecuada al lugar donde se emplaza la planta de tratamiento.

Se requiere entonces de una estrategia comunicacional que promueva el buen uso de los sistemas de alcantarillado y los beneficios derivados del riego con ARD adecuadamente tratada. Para ello se deben desarrollar planes de comunicación continua en:

- » Concientización sobre el tratamiento de agua y uso seguro de agua residual doméstica tratada con fines de reúso.
- » Sensibilizar a la población sobre los efectos negativos con respecto al uso de aguas residuales no tratadas.
- » Proponer la incorporación en la currícula del sector educativo temas relacionados al buen uso del agua, a las enfermedades de origen hídrico y a la educación sanitaria.
- » Promoción de los mecanismos de barreras múltiples planteados en la normativa.

# 05. Conclusiones

El relevamiento de datos efectuado muestra que en el país se usa agua residual, tratada o no, como fuente de agua de riego en casi todos los lugares donde existe una red de alcantarillado. Este recurso se usa indiscriminadamente sin control de la calidad de los efectos en la salud que puedan tener los productos regados con este tipo de aguas.

**No es posible el reúso de aguas sin alcantarillados bien manejados, sin plantas de tratamiento que funcionen adecuadamente, pues no se alcanzarían las metas de salud que son el objetivo principal del reúso del agua en riego.**

La experiencia en las áreas rurales muestra un mal uso de las facilidades sanitarias. Normalmente se presentan taponamientos de la red de alcantarillado por diferentes tipos de objetos especialmente plásticos, que impiden el flujo normal y demandan un mantenimiento intensivo no siempre disponible de inmediato.

Es evidente el rechazo al emplazamiento de PTAR por parte de los vecinos, especialmente donde el lugar de emplazamiento está muy cerca de concentraciones poblacionales urbanas.

Se debe trabajar a mayor profundidad en el establecimiento de las condiciones de funcionamiento de las PTAR con respecto a las eficiencias de cada reactor para poder extractar conclusiones acerca de las mejores prácticas que sean aplicables a las condiciones particulares del medio en el cual se emplaza una PTAR.

Es imperativo trabajar en la recolección de datos de salud del entorno en el cual se dan las relaciones de producción – comercio de productos regados con ARD tratadas, incluyendo los datos de reducción bacteriológica y de huevos de helminto a nivel PTAR y a nivel de suelo según la práctica de aplicación del método de riego empleado.

Las líneas estratégicas planteadas sólo son posibles a través de una adecuada interrelación con todos los actores del reúso de ARD tratadas, incluyendo la definición de responsabilidades y la parte que toca a cada sector en el financiamiento, operación y mantenimiento o en el establecimiento de los incentivos.

Se necesita interactuar con las universidades en su conjunto para cambiar o modificar la currícula de estudio en el diseño y operación de plantas de tratamiento con fines de reúso, establecer programas de entrenamiento y posgrado, además de proyectos de investigación que adapten, mejoren o propongan nuevos métodos de tratamiento que se puedan emplear en el país.

Finalmente, se debe trabajar en una propuesta de reformulación de los parámetros de calidad de agua para riego, tipo de cultivo y descarga de aguas tratadas a los cuerpos de agua, contenidos en la Ley 1333, especialmente en aquellos que sean utilizados para el monitoreo del funcionamiento de las PTAR.

## **6. FICHAS RESUMEN**

<b>6.1. Fichas Resumen Chuquisaca</b> .....	<b>87</b>
<b>6.2. Fichas Resumen La Paz</b> .....	<b>123</b>
<b>6.3. Fichas Resumen Cochabamba</b> .....	<b>163</b>
<b>6.4. Fichas Resumen Oruro</b> .....	<b>209</b>
<b>6.5. Fichas Resumen Potosí</b> .....	<b>231</b>
<b>6.6. Fichas Resumen Santa Cruz</b> .....	<b>255</b>
<b>6.7. Fichas Resumen Tarija</b> .....	<b>293</b>

## **ANEXOS**

<b>ANEXO 1 Centros Poblados estudiados</b> .....	<b>310</b>
<b>ANEXO 2 Ficha reúso</b> .....	<b>313</b>
<b>ANEXO 3 Tecnologías nuevas de tratamiento</b> .....	<b>322</b>
<b>ANEXO 4 Eficiencias típicas de remoción</b> .....	<b>324</b>
<b>ANEXO 5 Concentraciones máximas tolerables en suelos</b> .....	<b>327</b>
<b>ANEXO 6 Estudio sobre riesgos para los consumidores</b> .....	<b>328</b>
<b>ANEXO 7 Estudio Banco Mundial</b> .....	<b>330</b>

# 06. Fichas Resumen

## 6.1. Fichas Resumen Chuquisaca

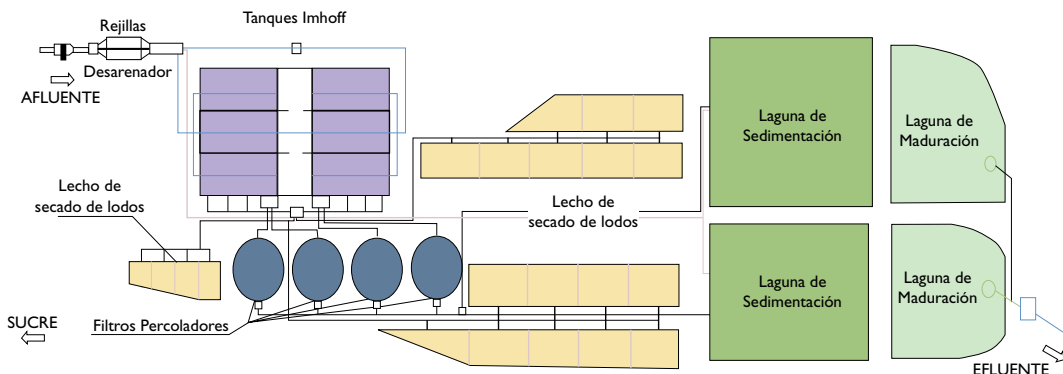
### SUCRE/CH/001

<b>Municipio</b>	Sucre	<b>Población (INE)</b>	336.218 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	18 de julio 2011



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	405 l/s	<b>Antigüedad</b>	9 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	150-270 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Hospitalario</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Yotala		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	70%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas - Desarenador	
	<b>Primario</b>	Tanques Imhoff	
	<b>Secundario</b>	Filtros Percoladores	
		Lagunas de Estabilización	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65° 16' 02,96" O	<b>Latitud</b>	19° 55' 55,52" S	<b>Altura</b>	2.648 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 261435, I E	<b>Y</b>	7886708,83 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	54 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, maíz		

### COMENTARIOS GENERALES

La Empresa Local de Agua Potable y Alcantarillado de Sucre (ELAPAS) se encuentra encargada de la PTAR. Esta planta fue puesta en operación en mayo del 2003 y estuvo diseñada para recibir 405 l/s. Posee un pretratamiento de tres rejillas (dos mecánicas, programadas para realizar el barrido cada 10 minutos y una manual) y un desarenador.

El afluente pasa por un canal Parshall que permite la medición de caudales antes de llegar a los desarenadores longitudinales paralelos que trabajan de forma alternada.

En lo que se refiere al Tratamiento Primario, posee 6 Tanques Imhoff conectados a los de regulación de caudales; éste homogeniza el caudal del afluente, seguidamente entra a la planta y mantiene el flujo constante en 4 filtros percoladores que representa el Tratamiento Secundario. Estos filtros circulares poseen cuatro brazos rociadores que distribuyen el agua por gravedad y, además, contienen SESSIL®, un relleno sintético que filtra el afluente; a continuación, el agua termina su tratamiento en cuatro lagunas: dos de sedimentación y dos de maduración, para ser aprovechada en riego.

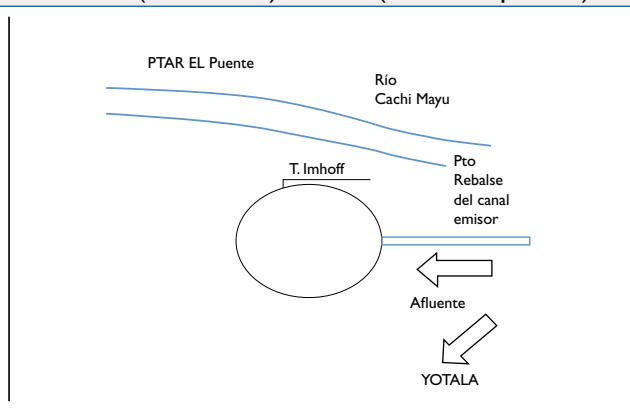
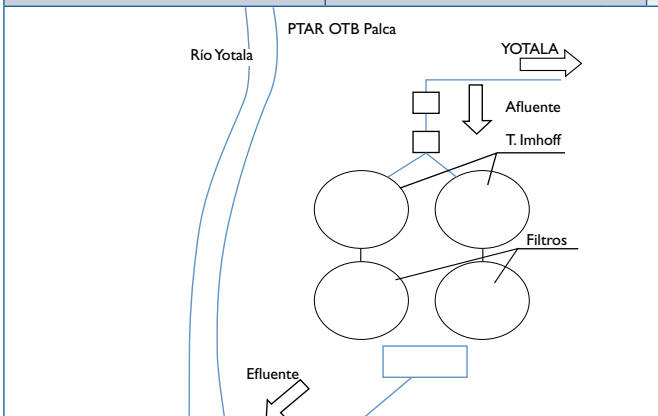
# YOTALA/CH/002

<b>Municipio</b>	Sucre	<b>Población (INE)</b>	336.218 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	18 de julio 2011



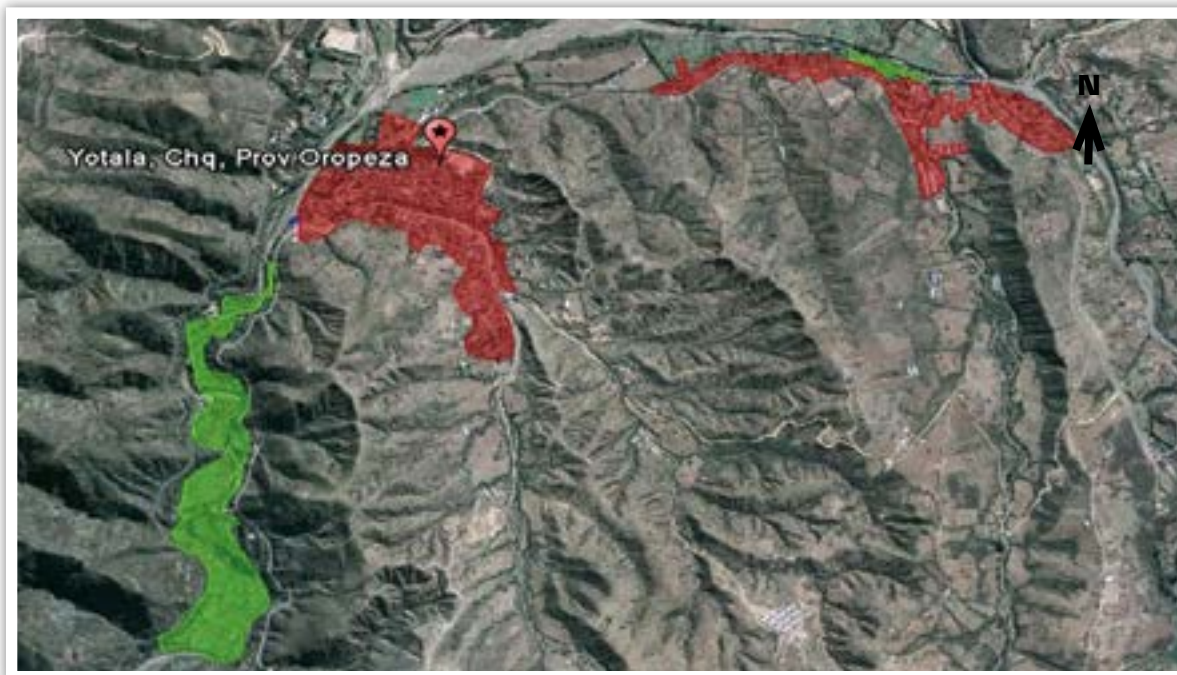
Tanques PTAR OTB Palca

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	9 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	4l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Yotala		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	30%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Ninguno	
	<b>Primario</b>	Tanques Imhoff (OTB Palca) - Tanques Imhoff (Zona del puente)	
	<b>Secundario</b>	Filtros (OTB Palca) - Filtro (Zona del puente)	






Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65° 16' 9.8" O	<b>Latitud</b>	19° 9' 46.47" S	<b>Altura</b>	2.505 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 261331E	<b>Y</b>	7879579 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	30 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, maíz, trigo, arveja, tomate, cebolla, ajo		

### COMENTARIOS GENERALES

A pesar de que en el municipio existen dos PTAR, ninguna se encuentra en funcionamiento; la planta Norte del Puente se encuentra en total abandono y se volvió inaccesible por falta de mantenimiento.

En el municipio no tienen conocimiento del tipo de tratamiento que se realizaba, por lo que es difícil determinar un croquis exacto de la misma; en ésta el afluente es vertido al río ya que rebalsa del canal emisor.

La otra PTAR, únicamente beneficia a una pequeña zona dentro de la OTB Palca que contribuyó como contraparte para la construcción de la misma.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

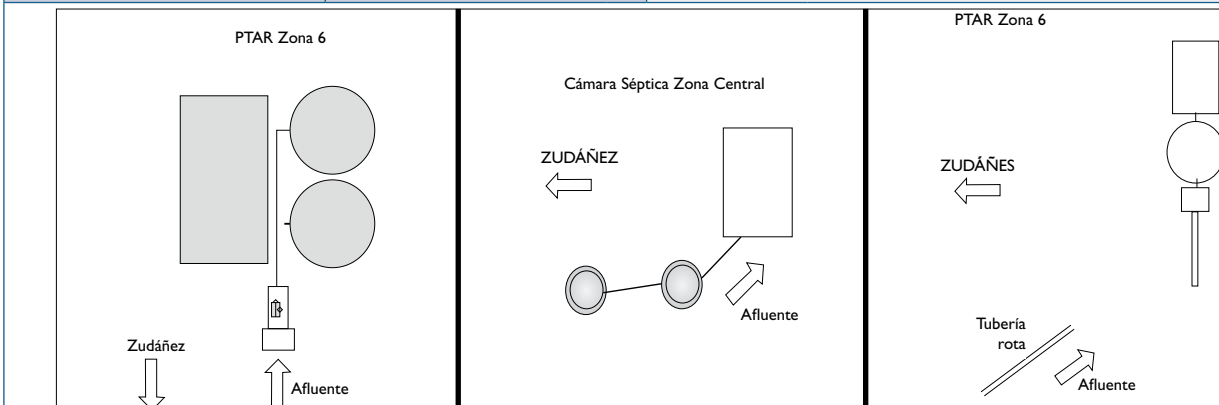
# ZUDÁÑEZ/CH/003

<b>Municipio</b>	Zudáñez	<b>Población (INE)</b>	7.423 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Mamoré	<b>Fecha de visita</b>	15 de agosto 2011



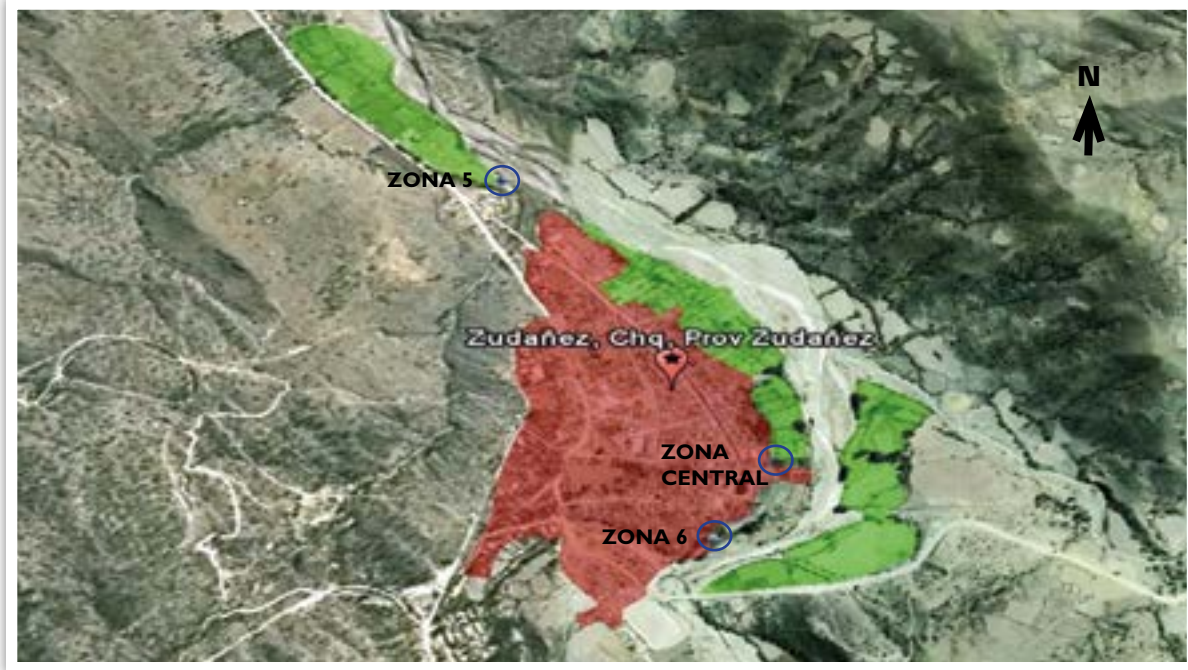
Vertido del afluente debido a la colmatación en la cámara de rejillas

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	5 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	10/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Matadero</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Zudáñez		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	30%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas Z5 –Z6	
	<b>Primario</b>	Tanque Imhoff Z5 –Z6 Cámara Séptica ZC	
	<b>Secundario</b>	Filtros Z5 –Z6	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	64°42'15.6" O	<b>Latitud</b>	19°06'42.7" S	<b>Altura</b>	2.458 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 320717 E	<b>Y</b>	7885921 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	21 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Maíz, papa, trigo, frijol, calabazas, hortalizas		

### COMENTARIOS GENERALES

Zudáñez cuenta con tres PTAR debido a la variación de pendientes y cuatro puntos de vertido de efluente. Actualmente, ninguna está en funcionamiento y el cuarto punto de vertido de efluente no es constante. La PTAR de la Zona 5 solamente beneficia a 180 familias y se encuentra colmatada, posiblemente por la falta de limpieza. Asimismo, sobrepasó su capacidad descargando sus aguas directamente al río. En la zona central se tiene una cámara séptica que se encuentra colmatada y su afluente también es vertido al río. La Zona 6 posee una PTAR que no está en funcionamiento ya que, en una crecida, el río colapsó los muros de contención provocando problemas en la tubería del emisor, por lo que la descarga llega directamente al río.

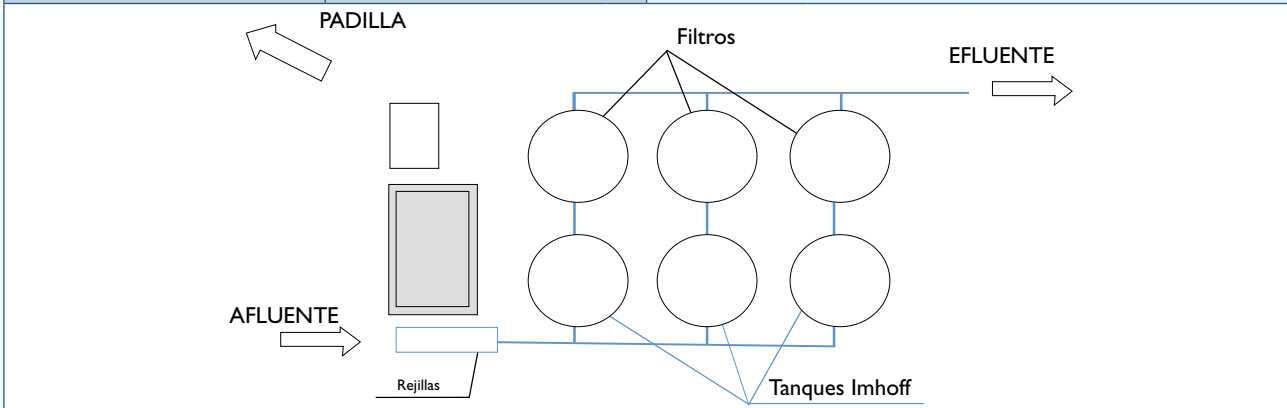
# PADILLA/CH/004

<b>Municipio</b>	Padilla	<b>Población (INE)</b>	4.259 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Grande	<b>Fecha de visita</b>	02 de agosto 2011



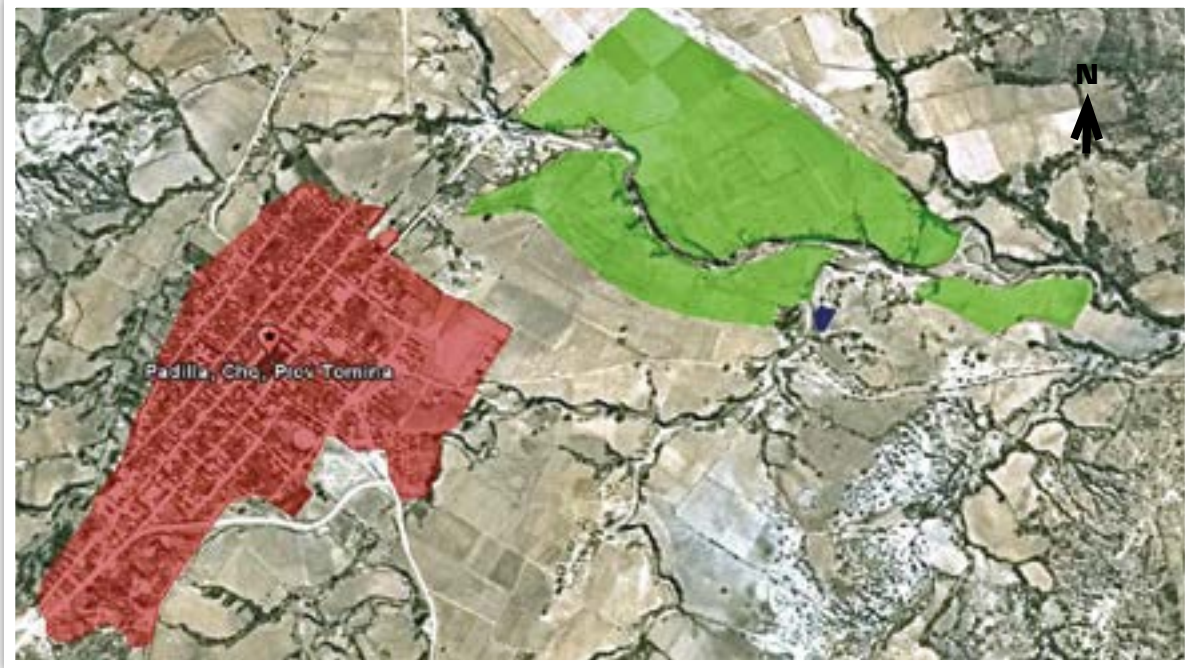
Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	9 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	-	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Hospitalario</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Desaguadero		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	69%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	Tanques de Imhoff	
	<b>Secundario</b>	Filtros Biológicos	






Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
19°14' 51.0" S	<b>Longitud</b>	64°17' 21.1" O	<b>Latitud</b>	19°55'55,52" S	<b>Altura</b>	2.216 m.s.n.m.
	<b>7871285 S</b>	20 K 364505 E	<b>Y</b>	7886708,83 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	57 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, orégano, maíz, ají, trigo, hortalizas		

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Padilla cuenta con el sistema de alcantarillado que data del año 1979. En promedio, dicho alcantarillado tiene una cobertura del 69%, alcanzando porcentajes más elevados en las zonas centrales, mientras que el porcentaje de cobertura de las juntas vecinales que cuentan con nuevas urbanizaciones es mucho menor.

El municipio cuenta con una PTAR que actualmente no se encuentra en funcionamiento, por lo que las excretas son vertidas directamente al río.

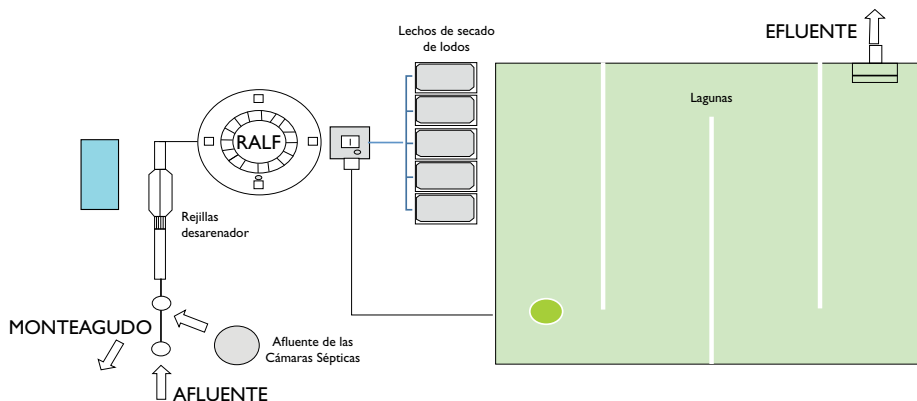
# MONTEAGUDO CH/005

<b>Municipio</b>	Monteagudo	<b>Población (INE)</b>	10.505 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Izozog	<b>Fecha de visita</b>	23 de agosto 2011



Vista PTAR RALF y lagunas

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	Diseño para 15.875 Hab.	<b>Antigüedad</b>	3 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	14 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Zapallar		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	60%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	RALF	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Facultativas	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	19°49'48,63" S	<b>Latitud</b>	63°57'17,08" O	<b>Altura</b>	1.119 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 399959,7 E	<b>Y</b>	7807001,67 S		
<b>Reúso</b>		Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>		<D	
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>		Maíz, cítricos, ají	

### COMENTARIOS GENERALES

Se realiza un pre-tratamiento con rejillas y un desarenador; el Tratamiento Primario se lleva a cabo mediante un RALF, y el Secundario presenta lagunas facultativas, a parte se tiene un lecho de secado de lodos.

Las viviendas que poseen cámaras sépticas trasladan sus desechos a la PTAR en cisternas; el costo de dicho traslado corre por cuenta de la cooperativa.

La PTAR fue puesta en marcha en febrero 2009 y está diseñada para 15.875 habitantes, pero actualmente se encuentran conectados 6.469.

## TARABUCO/CH/006

<b>Municipio</b>	Tarabuco	<b>Población (INE)</b>	2.442 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	20 de julio 2011



Agua residual vertida directamente al río debido a la tubería rota

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Hospitalario</li> </ul>
<b>Caudal de Agua Residual</b>	3 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	60%
<b>Cuerpo receptor</b>	Quebrada afluente del Río Tarabuco		



Canal de Riego



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	64°54'27.5" O	<b>Latitud</b>	19°11'5.8" S	<b>Altura</b>	3269 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 299414 E	<b>Y</b>	7877611 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	12 Ha*	<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, trigo, cebada, maíz, haba

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Tarabuco no cuenta con una PTAR; si bien su sistema de alcantarillado ya tiene varios años de estar funcionando, sólo posee una cámara séptica. Actualmente está inactivo debido a que el emisario de hormigón se encuentra roto, por lo que el agua residual se vierte en una quebrada que desemboca al Río Tarabuco.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

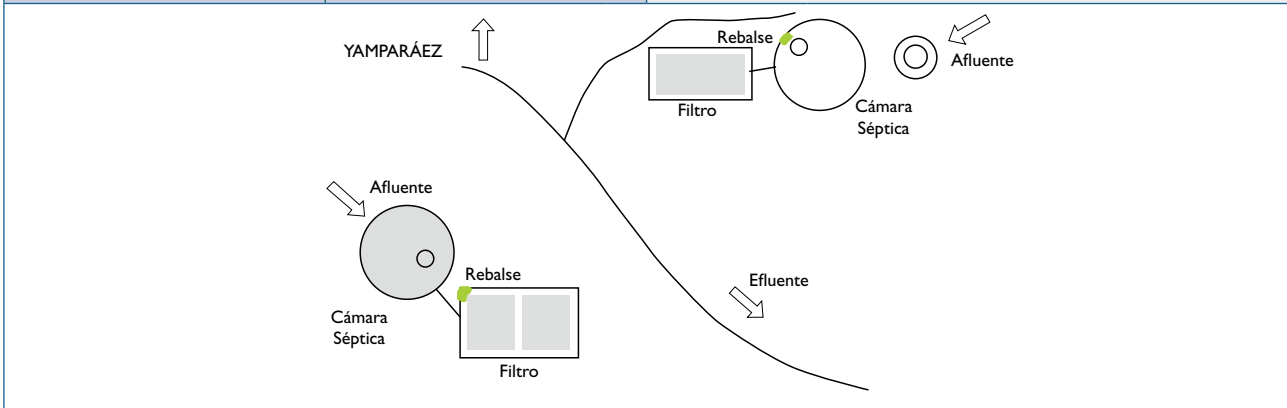
# YAMPARÁEZ/CH/007

<b>Municipio</b>	Yamparáez	<b>Población (INE)</b>	903 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	01 de agosto 2011



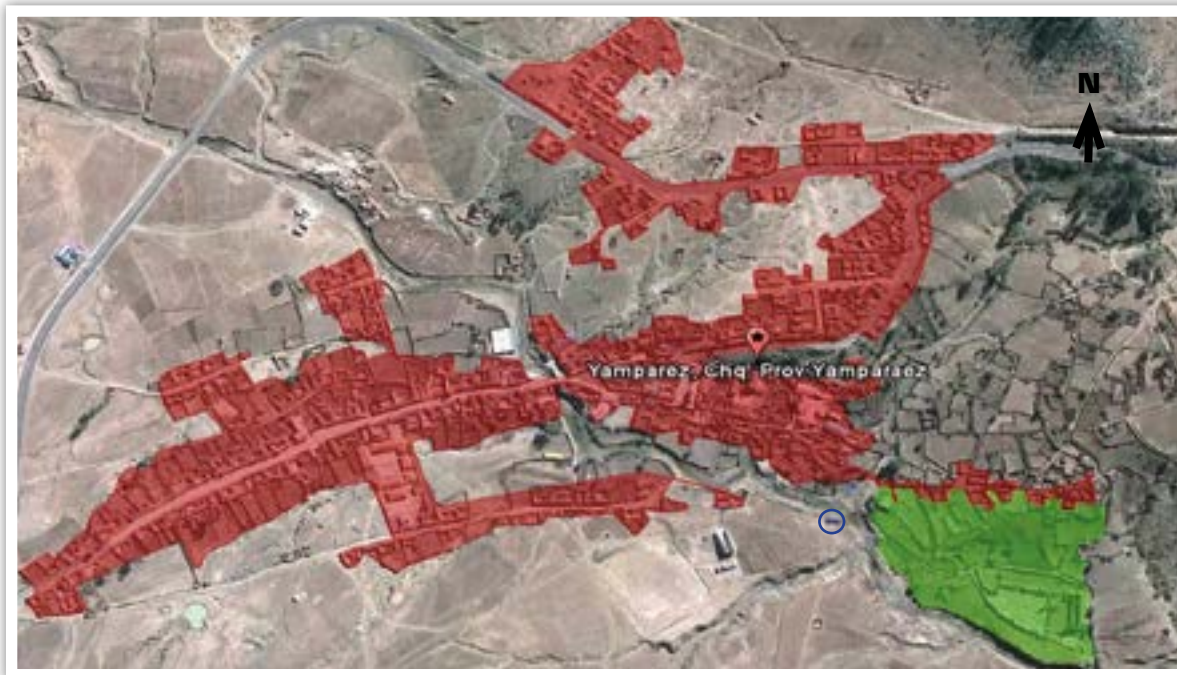
Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	7 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	3 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Hospitalario</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Quebrada		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	65%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	-	
	<b>Primario</b>	Cámaras Sépticas	
	<b>Secundario</b>	Filtros	






Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	19°11'26.36" O	<b>Latitud</b>	65°7'10.88" S	<b>Altura</b>	3.133 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 277118 E	<b>Y</b>	7876720 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	4 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, trigo, durazno, zanahoria, garbanzo

### COMENTARIOS GENERALES

El sistema de alcantarillado presenta problemas que impiden beneficiar a todo el municipio debido a la variación de pendientes.

Las aguas servidas, que son recolectadas de algunas zonas, son llevadas a dos cámaras sépticas y a dos filtros que se encuentran en las cercanías del Hospital, además, existe una filtración que va hacia la quebrada que aporta al Río Yamparáez.

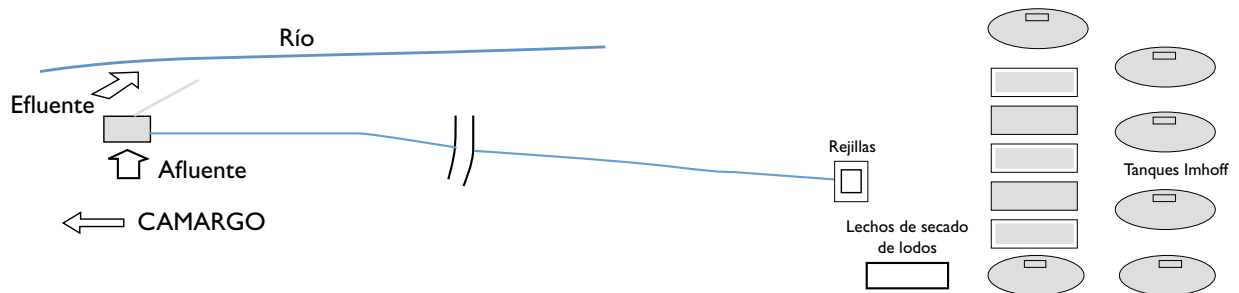
# CAMARGO/CH/008

<b>Municipio</b>	Camargo	<b>Población (INE)</b>	4.502 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	23 de mayo 2011



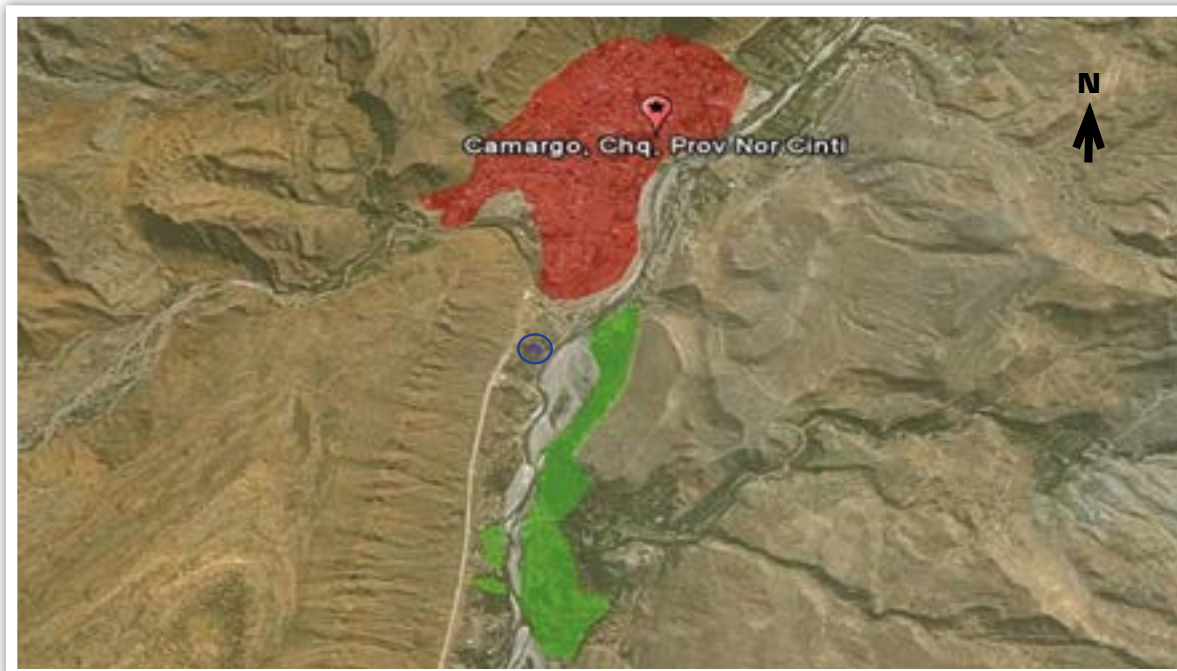
Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	5 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	8 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hospitalario</li> <li>• Domiciliario</li> <li>• Matadero</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Chini Mayu		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	70%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	Tanques Imhoff	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°12'29,25" O	<b>Latitud</b>	20°38'42,54" S	<b>Altura</b>	2.412 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 269931 E	<b>Y</b>	7715560 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	27 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Uva, durazno, higo, hortalizas

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Camargo cuenta con una PTAR, pero ésta no se encuentra en funcionamiento debido a la diferencia de pendientes existentes entre la cota final del sistema de alcantarillado y la cota de entrada a la PTAR. Esto origina que el afluente no llegue a la planta, por lo que el agua residual del sistema de alcantarillado, después de llegar a una cámara séptica, es vertida directamente al Río Chini Mayu, también conocido como Río Camargo.

El matadero municipal también estaba conectado al sistema de alcantarillado pero, a causa de los problemas de pendiente y de inconvenientes en el diseño en cuanto a la captación de residuos se refiere, vierte sus aguas en una quebrada que desemboca también al Río Chini Mayu.

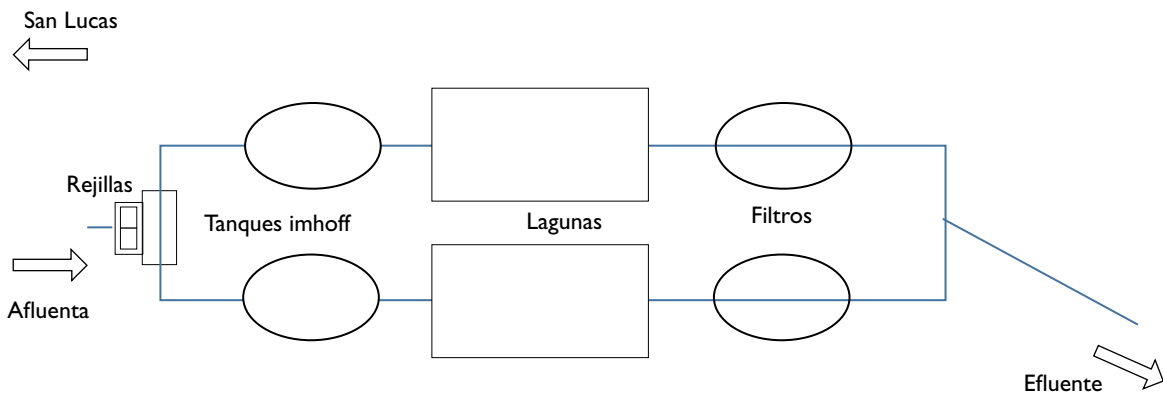
# SAN LUCAS/CH/009

<b>Municipio</b>	San Lucas	<b>Población (INE)</b>	1.360 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	26 de junio 2011



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	13 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	12 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Hospitalario</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Canal de Riego		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	80%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	Tanques Imhoff	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Facultativas	
		Filtros	



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°07'53.8" O	<b>Latitud</b>	20°05'8.4" S	<b>Altura</b>	3.030 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 277102 E	<b>Y</b>	777613 S		

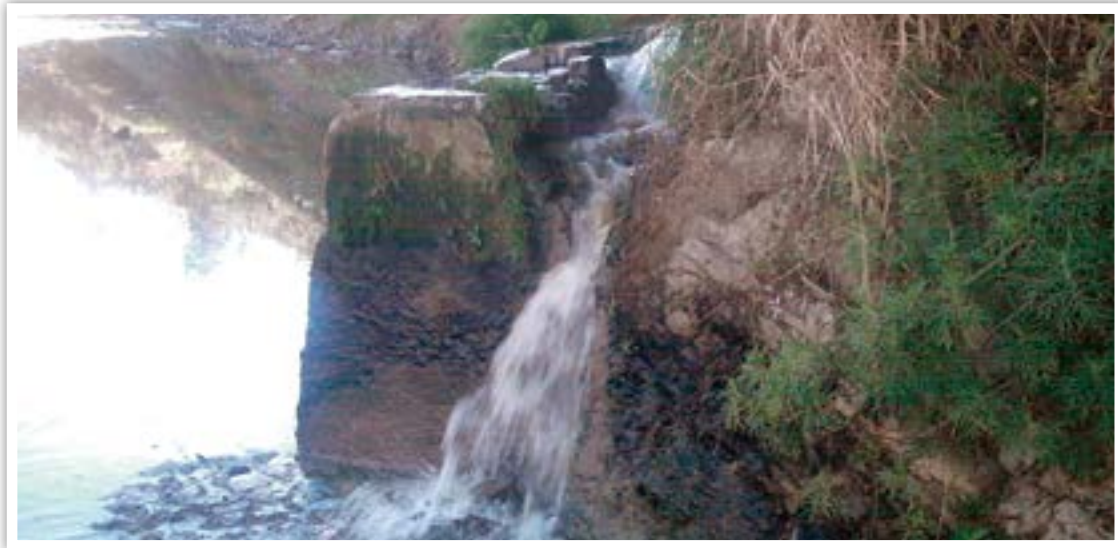
<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	-	<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, maíz, alfalfa, hortalizas

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR del municipio se encuentra en funcionamiento a pesar de que presenta diversos problemas en la operación y mantenimiento. La planta tiene dos Tanques Imhoff, lechos de secado de lodos y dos filtros. Las tapas de hormigón de los Tanques Imhoff fueron picadas a fin de proceder a la limpieza de los mismos, debido a que las cámaras existentes no permitían tal objetivo. El efluente sale de la PTAR por un canal de tierra llegando a desembocar en un canal de riego revestido.

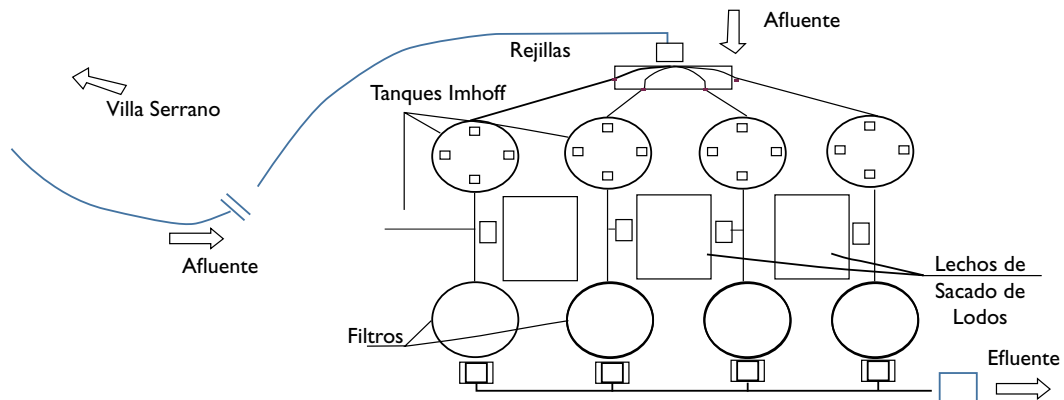
## VILLA SERRANO/CH/010

<b>Municipio</b>	Villa Serrano	<b>Población (INE)</b>	2.877 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Grande	<b>Fecha de visita</b>	04 de agosto 2011



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	6 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	13 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Hospitalarios</li> <li>• Hoteleros</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Pescado		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	80%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	Tanques Imhoff	
	<b>Secundario</b>	Filtros	






Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	64°19'4" O	<b>Latitud</b>	19°08'6.7" S	<b>Altura</b>	2.100 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 361261 E	<b>Y</b>	7083690 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	36 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, trigo, maíz, alfalfa

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR del municipio de Villa Serrano no está en funcionamiento, esto debido a que el canal abierto que conduce el efluente fue bloqueado a causa de un deslizamiento en la zona, por lo que todo el caudal de aguas residuales es vertido directamente al Río Pescado.

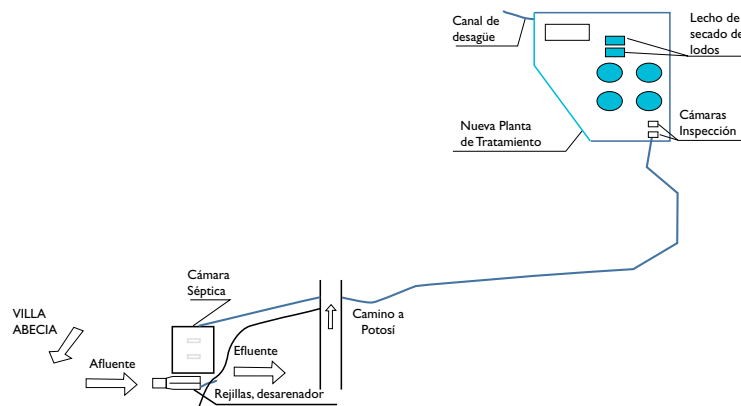
## VILLA ABECIA/CH/011

<b>Municipio</b>	Villa Abecia	<b>Población (INE)</b>	1.931 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	23 de mayo 2011



Vista punto de vertido del afluente

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	3 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	4 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Hospitalario</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Quebrada Subelza		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	60%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Desarenador, Rejillas	
	<b>Primario</b>	Cámara Séptica	
		Tanques Imhoff	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°13'45,22" O	<b>Latitud</b>	20°58'19,65" S	<b>Altura</b>	2.286 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 268232 E	<b>Y</b>	7679323 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	0.5 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Uva, durazno, guinda, papa, maíz, cebolla, tomate		

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Villa Abecia tiene dos PTAR: una antigua -propiedad del hospital-, que realizaba el pre-tratamiento y desde donde se conducía el agua residual a la segunda PTAR por medio de tuberías.

Actualmente, ninguna de ellas se encuentra en funcionamiento, la primera debido a que el caudal del afluente excedió su capacidad, y la segunda porque las tuberías de conducción no están en funcionamiento, pues en la etapa de diseño no se tomó en cuenta el crecimiento poblacional del municipio y las tuberías de conducción quedaron sub-dimensionadas. Por otra parte, muestran un severo deterioro debido a la acidez del agua, provocando así derrames en diversos puntos de la conducción.

Estos motivos impulsaron a los funcionarios de la cooperativa a tomar la decisión de cerrar el canal de conducción, por lo que el agua residual es vertida a la quebrada Subelza sin ningún tratamiento.

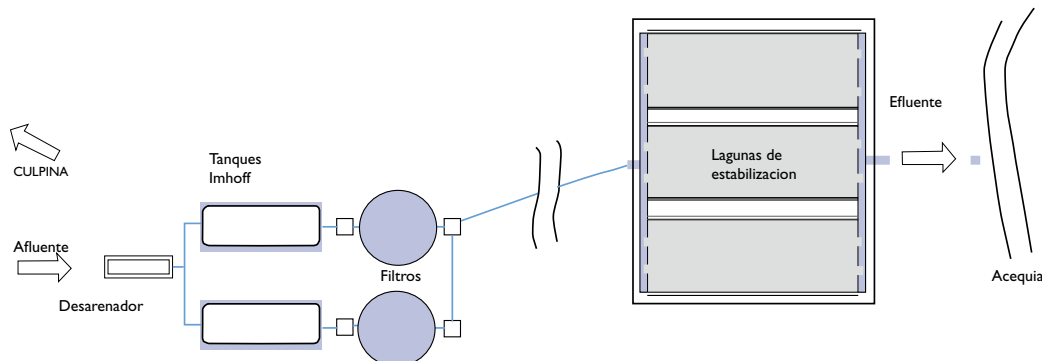
# CULPINA/CH/012

<b>Municipio</b>	Culpina	<b>Población (INE)</b>	2.103 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	26 de mayo 2011



Vista Tanque Imhoff

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	15 Años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	6 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Hospitalario</li> <li>• Talleres mecánicos</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Acequia, Canal de Riego		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	40%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas, desarenador	
	<b>Primario</b>	Tanques Imhoff	
	<b>Secundario</b>	Filtros	
		Lagunas de estabilización	



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	64°57'5,68" O	<b>Latitud</b>	20°50'10,60" S	<b>Altura</b>	2.939 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 296925 E	<b>Y</b>	7694769 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	38 ha*	<b>Cultivos predominantes</b>	Frutas de carozo, maíz, cebolla, papa, haba.

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR del municipio de Culpina está en funcionamiento y se encuentra al sur de la ciudad. La EPSA Culpina se encarga tanto del funcionamiento como del mantenimiento de la misma.

Uno de los problemas que encara la PTAR se relaciona con los talleres mecánicos que vierten sus aguas residuales al sistema de alcantarillado, ya que los aceites y grasas son difíciles de eliminar.

El reúso de estas aguas en la zona es directo debido a que el efluente es vertido a un canal de riego. Es un hecho que estas aguas garantizan un aporte continuo de nutrientes tanto a las plantas como al suelo, pero se debe considerar los problemas que se generan al regar con aguas de calidad mínima, ya que las concentraciones del efluente son elevadas y sobrepasan los límites permisibles establecidos según la reglamentación.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

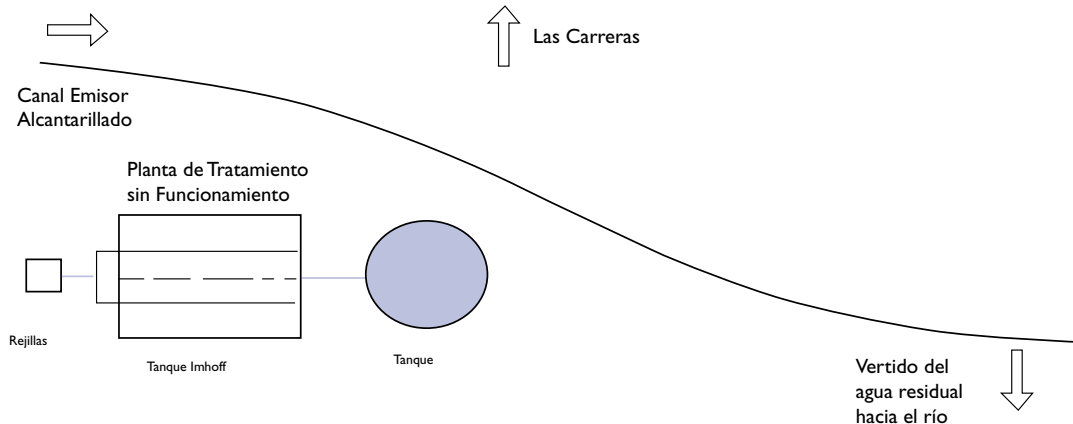
## LAS CARRERAS/CH/013

<b>Municipio</b>	Culpina	<b>Población (INE)</b>	3.500 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	21 de mayo 2011



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	En construcción
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	5 l/l	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Hospitalario</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	San Juan del Oro		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	30%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	Tanque Imhoff	
		Tanque de Sedimentación	



Flujograma PTAR





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	21°12'51.26" O	<b>Latitud</b>	65°12'34.01" S	<b>Altura</b>	2.333 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 260655,61 E	<b>Y</b>	765254,5 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	5 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Zanahoria, papa, cebolla

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Las Carreras posee una pequeña PTAR que actualmente no se encuentra en funcionamiento, esto debido a que aún no fue terminada por problemas técnicos y administrativos.

Esta planta, de estar en funcionamiento, realizaría el tratamiento del agua residual de la zona sur del municipio. En el diseño, posee un pre-tratamiento de rejillas, un tratamiento primario realizado por un Tanque Imhoff y un tanque de sedimentación.

En la actualidad, las aguas residuales de la zona son vertidas al río sin ningún tratamiento. Debido a la variación de pendientes en el municipio, el alcantarillado de la zona norte desemboca en otro punto y vierte el agua residual sin tratamiento en un canal que llega hacia el río pasando por terrenos agrícolas que aprovechan estas aguas.

## MUYUPAMPA/CH /014

<b>Municipio</b>	Muyupampa	<b>Población (INE)</b>	2.327 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Izozog	<b>Fecha de visita</b>	20 de agosto 2011



Agua residual vertida llega a la quebrada

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	No
<b>Caudal de Agua Residual</b>	4 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	70%
<b>Cuerpo receptor</b>	Quebrada		



Canal de Riego



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	64°42'40.65" O	<b>Latitud</b>	21°53'32.97" S	<b>Altura</b>	1.180 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 323207 E	<b>Y</b>	7578088 S		

<b>Reúso</b>	No	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	-	<b>Cultivos predominantes</b>	Maíz, maní, ají, frijol, cítricos

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Muyupampa no posee una PTAR y el agua residual en la salida del alcantarillado filtra a la superficie; esto representa un gran problema para el municipio, pues este lugar se ha convertido en un foco de infección considerando, además, que la gente vierte su basura en esta quebrada.

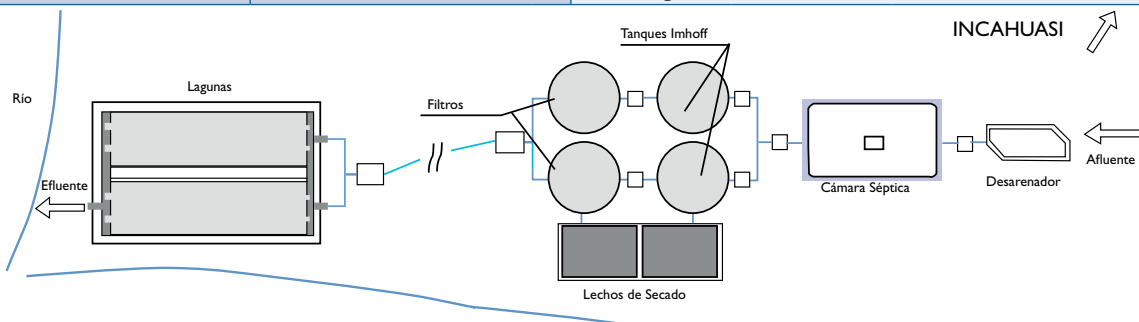
# INCAHUASI/CH/015

<b>Municipio</b>	Incahuasi	<b>Población (INE)</b>	867 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	28 de mayo 2011



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	9 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	3 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Qda. Torcazayoj		
<b>Río Incahuasi</b>	Río Incahuasi		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	80%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	desarenador, rejillas	
	<b>Primario</b>	Cámara séptica	
		Tanques Imhoff	
	<b>Secundario</b>	Filtros	
Lagunas de estabilización			



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	64°52'5,27" O	<b>Latitud</b>	20°47'4,06" S	<b>Altura</b>	2.931 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 305544 E	<b>Y</b>	7700581 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	29 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, ajo, cereales		

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR presenta un pre-tratamiento de rejillas y un desarenador, una cámara séptica perteneciente a un proyecto anterior, el afluente que se distribuye a los Tanques Imhoff, filtros y luego, el agua pasa a las lagunas. Esta planta funciona en un 50% debido a los problemas de construcción, ya que el efluente no llega a las lagunas de tratamiento y rebalsan del canal hacia el Río Incahuasi. Además, las lagunas se ven directamente afectadas por las crecidas del Río Terrado, pues éstas quedaron por debajo del nivel del mismo y, con cada crecida, quedan inundadas.

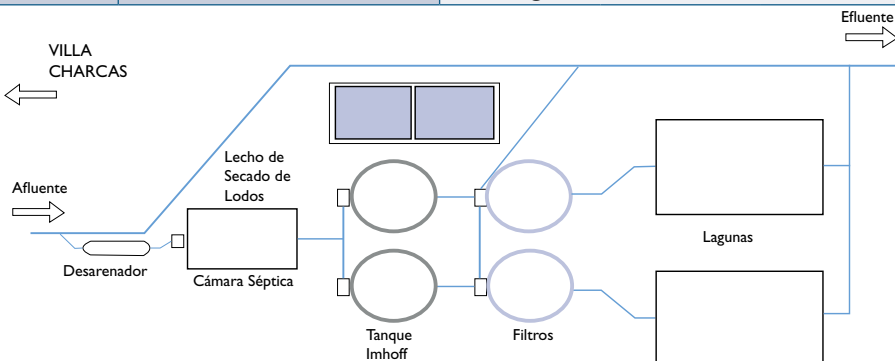
## VILLA CHARCAS/CH/016

<b>Municipio</b>	Villa Charcas	<b>Población (INE)</b>	950 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	27 de junio 2011



Vista PTAR Imhoff y lagunas

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí, parcial
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	15 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	10 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Domésticos Pluviales</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Villa Charcas		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	90%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas - Desarenador	
	<b>Primario</b>	Cámara Séptica	
		Tanques Imhoff	
	<b>Secundario</b>	Filtros	
Lagunas Facultativas			



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	64°52'55,73" O	<b>Latitud</b>	20°43'35,70" S	<b>Altura</b>	2.961 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 304010 E	<b>Y</b>	7706972 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	15 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, maíz, cebada, manzana, cítricos

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Villa Charcas se encuentra en funcionamiento y se realiza un pre-tratamiento con Rejillas y un Desarenador, posee una Cámara Séptica, dos Tanques Imhoff, dos Filtros y dos Lagunas de Facultativas. Un factor que causa problemas en el funcionamiento de la planta es que, muchas de las conexiones domiciliarias añadieron sus conexiones pluviales al sistema, provocando que éste colapse continuamente después de cada precipitación pluvial debido a la cantidad de sedimentos que llegan a la planta.

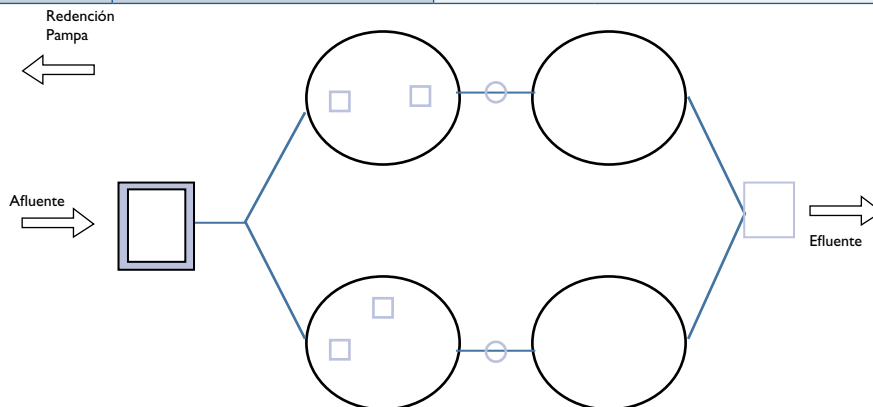
## REDENCIÓN PAMPA/CH/017

<b>Municipio</b>	Culpina	<b>Población (INE)</b>	1.363 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	19 de agosto 2011



Vista de la PTAR RALF y lagunas

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Parcial
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	Puesta en operación recientemente
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	-	<b>Contaminantes predominantes</b>	• Domésticos
<b>Cuerpo Receptor</b>	-		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	60%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	-	
	<b>Primario</b>	Tanques Imhoff	
	<b>Secundario</b>	Filtros	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	64°36'52.2" O	<b>Latitud</b>	18°49'38.5" S	<b>Altura</b>	2.482 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 329883 E	<b>Y</b>	7917500 S		
<b>Reúso</b>	No		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	-		<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, maíz, trigo, poroto, anís orégano, cebada.		

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Redención Pampa fue puesta en funcionamiento a mediados del año 2011 sin haber sido concluida. El sistema no está provisto de un pre-tratamiento, no posee rejillas ni desarenador; la tubería de conducción desemboca directamente en el Tanque Imhoff, del cual el agua pasa a un filtro.

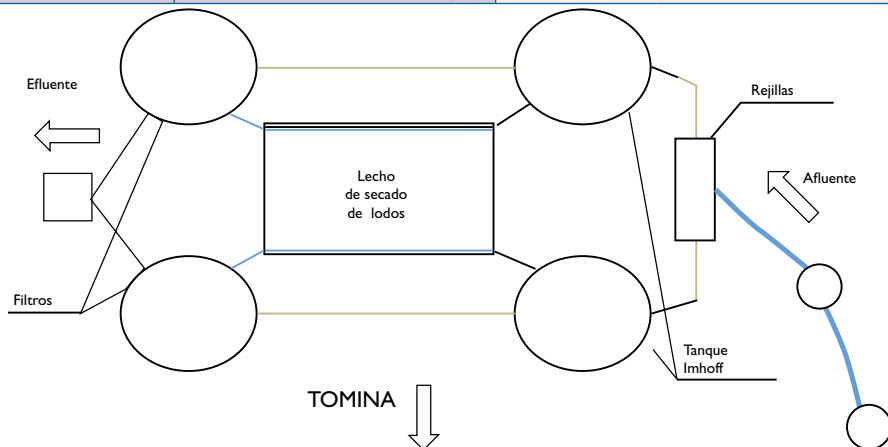
# TOMINA/CH/018

<b>Municipio</b>	Tomina	<b>Población (INE)</b>	983 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Mamoré	<b>Fecha de visita</b>	17 de agosto 2011



Vista vertido de efluente en terrenos aledaños a la PTAR aún en construcción

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	En construcción
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	-	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliario</li> <li>• Hospitalario</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Tomina		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	15%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	Tanques Imhoff	
	<b>Secundario</b>	Filtros	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	64°27'38.86" O	<b>Latitud</b>	19°10'59.31" S	<b>Altura</b>	2.046 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 346407 E	<b>Y</b>	7878264 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	6 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Orégano, trigo, maíz, papa		

### COMENTARIOS GENERALES

En 1997 se inició un programa de letrización y alcantarillado, alcanzando un 20% de cobertura en todo el municipio; hasta la fecha, dicha cobertura llegó a un 30%. Este programa abarcaba el centro poblado de Tomina y cuatro comunidades, posteriormente se incluyeron dos comunidades más.

En este momento, el área urbana de municipio tiene un porcentaje del 86% de cobertura en lo que se refiere al alcantarillado el cual, a través de los años, se mantiene en un estado entre regular y bueno.

La PTAR del municipio está en construcción, presenta en su diseño dos Tanques Imhoff, su correspondiente lecho de secado, y dos filtros. Se prevé que sea terminada para el 24 de julio de 2012, fecha aniversario del Tomina.

Esta planta se construyó con el objetivo de minimizar la contaminación en el río y debido a las constantes quejas de los vecinos de la zona por el vertido de aguas residuales.

6.2. Fichas Resumen La Paz

# LA PAZ/LP/001

<b>Municipio</b>	La Paz	<b>Población (INE)</b>	789.585 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Alto Beni	<b>Fecha de visita</b>	12 de abril 2011

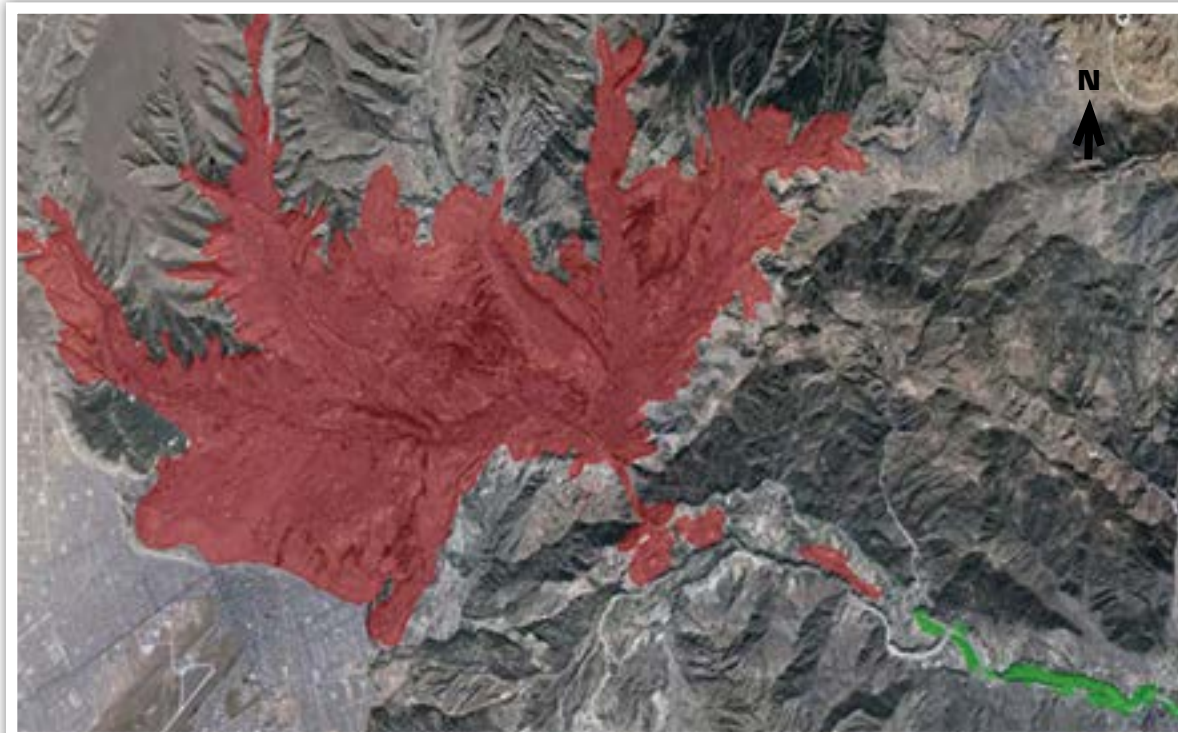


Vista del Río Choqueyapu (Zona Lipari)



<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	4.324 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	87%
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Choqueyapu		



Vista del Río Choqueyapu (Obrajes)



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego	-
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	68°3'55,59" O	<b>Latitud</b>	16°36'42,21" S	<b>Altura</b>
	<b>X</b>	19K 599683 E	<b>Y</b>	8163164 S	
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D	
<b>Área Estimada de Riego</b>	34 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Lechuga, tomate, espinaca, cebolla, alfalfa, acelga, betarraga, durazno, zanahoria	

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de La Paz no cuenta con ninguna PTAR y todas sus descargas provenientes de sistemas domésticos y de industriales se concentran en el Río Choqueyapu. La zona de Lipari se encuentra al sur de la ciudad de La Paz, al límite del municipio, en este punto del Río La Paz se concentran todos los efluentes de los riachuelos y es el lugar donde comienza la zona agrícola.

Las personas riegan sus cultivos con el agua de río -que es de calidad mínima- y los productos obtenidos son comercializados en toda la ciudad (mercados, supermercados, etc.).

## MECAPACA/LP/002

<b>Municipio</b>	La Paz	<b>Población (INE)</b>	400 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Alto Beni	<b>Fecha de visita</b>	13 de abril 2011



Vista de cultivos regados con aguas del Río La Paz

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	4.324 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	50%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río La Paz		



Acequia que lleva el agua del río La Paz a los cultivos



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego	-
<b>Ubicación</b>	<b>Longitud</b>	68°01'04,82" O	<b>Latitud</b>	16°40'04,54" S	<b>Altura</b>
		19K 604717,9 E	<b>Y</b>	8156917,69 S	
<b>Reúso</b>		Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D	
<b>Área Estimada de Riego</b>		665 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Cebolla, lechuga, tomate, espinaca, acelga, betarraga, durazno, zanahoria, maíz, manzanilla, nabo, flores	

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Mecapaca no cuenta con ninguna PTAR y todas sus descargas se concentran en el río La Paz. Además, por la ubicación de dicha localidad (al Sur del municipio de La Paz), la zona recibe todas las descargas de la ciudad, tanto hospitalarias como desechos tóxicos, desechos de mataderos, aguas grises y negras e incluso residuos sólidos que son vertidos al río.

La infraestructura de agua para riego es usada principalmente con agua residual, las personas riegan sus cultivos con el agua de río para luego ser comercializados en la ciudad de La Paz.

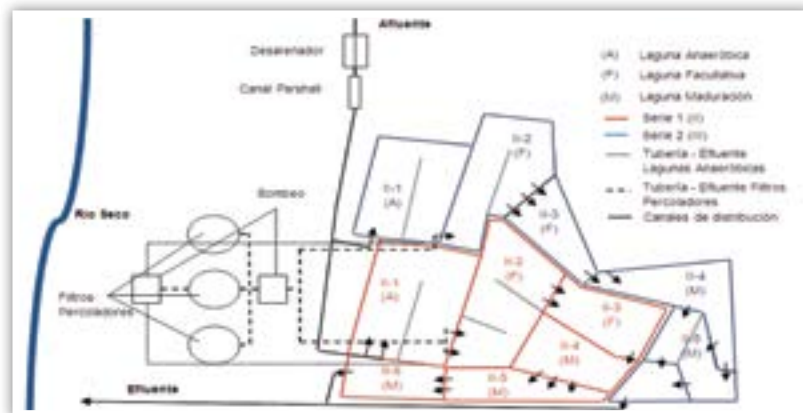
## EL ALTO/LP/003

<b>Municipio</b>	El Alto	<b>Población (INE)</b>	988.777 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Titicaca	<b>Fecha de visita</b>	24 de octubre 2011



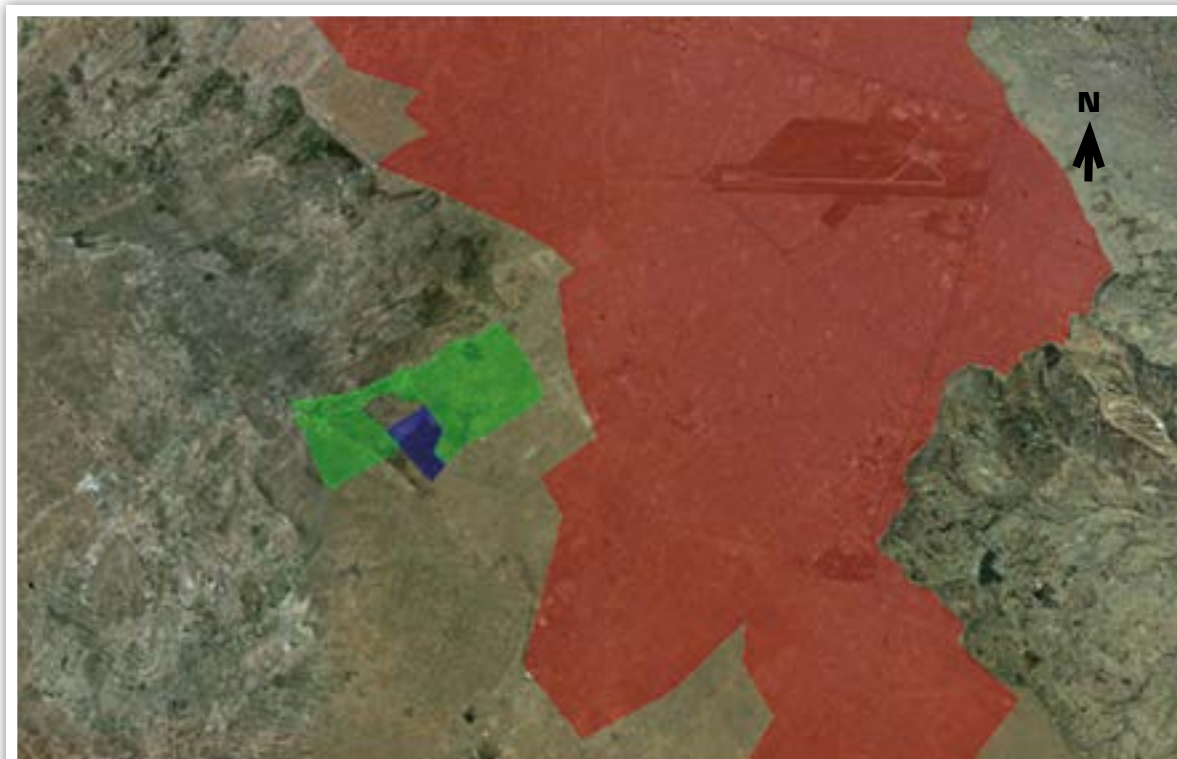
Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	430 l/s	Antigüedad	14 años
Caudal de agua residual efluente	542 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipales</li> <li>• Industriales</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Seco		
Población conectada a la red de alcantarillado	63%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Cámara de Rejas, Desarenador	
	Secundario	Lagunas Anaeróbicas	
		Filtros Percoladores	
		Lagunas Facultativas	
		Lagunas de Maduración	






Flujograma PTAR





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área Urbana		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	68° 15'44.88" O	<b>Latitud</b>	68° 15'44.88" O	<b>Altura</b>	4.100 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 578689 E	<b>Y</b>	19K 578689 E		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	820 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Haba y avena		

### COMENTARIOS GENERALES

En la ciudad de El Alto, el 63% de los hogares cuenta con una red de alcantarillado sanitario. Actualmente, en la PTAR Puchukollo, existe un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante lagunas de estabilización y filtros percoladores cuyos sistemas tratan el afluente de las redes de recolección, emisarios y colectores de primer orden de la ciudad.

La planta se encuentra en una fase de ampliación y actualmente tiene dos series de lagunas, cada una con 6 lagunas y 3 filtros percoladores. El agua tratada de las series se descarga al río Seco y además, una gran parte del agua residual de la ciudad se descarga directamente al río sin purificación.

Considerando que una parte de la población se dedica a la agricultura, se utiliza el agua del emisario y del efluente para regar los cultivos.

El Lago Titicaca es receptor del río, por lo que la planta de Puchukollo tiene un rol importante respecto a este lago.

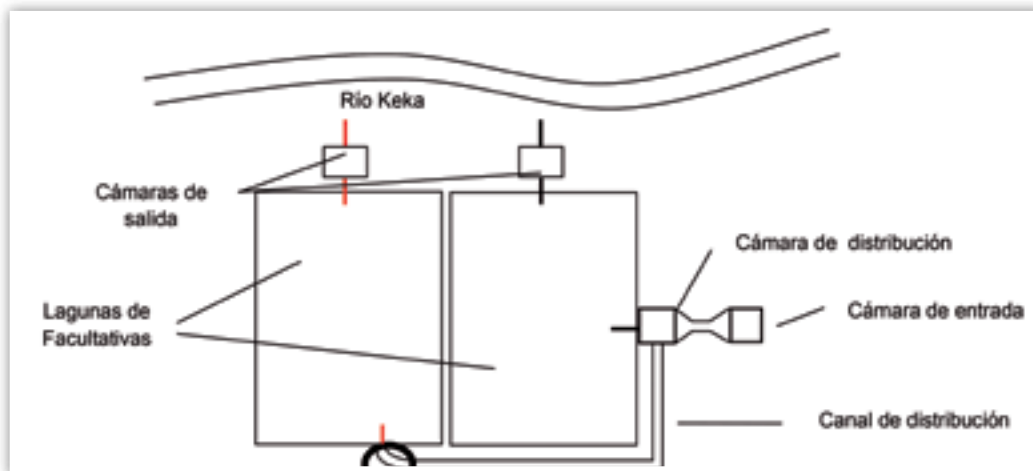
## ACHACACHI/LP/004

<b>Municipio</b>	Achacachi	<b>Población (INE)</b>	7.540 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Titicaca	<b>Fecha de visita</b>	7 de junio 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	7 años
Caudal de agua residual efluente	3 l/s	Contaminantes predominantes	• Municipales
Cuerpo receptor	Río Keka Jahuira		
Población conectada a la red de alcantarillado	70%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	No Presenta	
	Secundario	Lagunas Facultativas	






Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	68°41'49.67" O	<b>Latitud</b>	16° 2'39.46" S	<b>Altura</b>	3.841 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 532397.5 E	<b>Y</b>	8226141.39 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	1 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, chuño, tunta, cebolla, cebada		

**COMENTARIOS GENERALES**

Achacachi cuenta con lagunas de estabilización para realizar el tratamiento de sus aguas servidas. Sin embargo, una de las lagunas está colmatada y nunca se les realizó mantenimiento ni extracción de lodos. Cabe mencionar que no se cuenta con tratamiento previo y además, el cercado está roto, ocasionando que los niños de la comunidad utilicen las lagunas para jugar.

La empresa que se encarga de las lagunas, no tiene mucho conocimiento en relación al tema y admite que la PTAR se encuentra descuidada y que necesita financiamiento para mejorar su sistema de tratamiento.

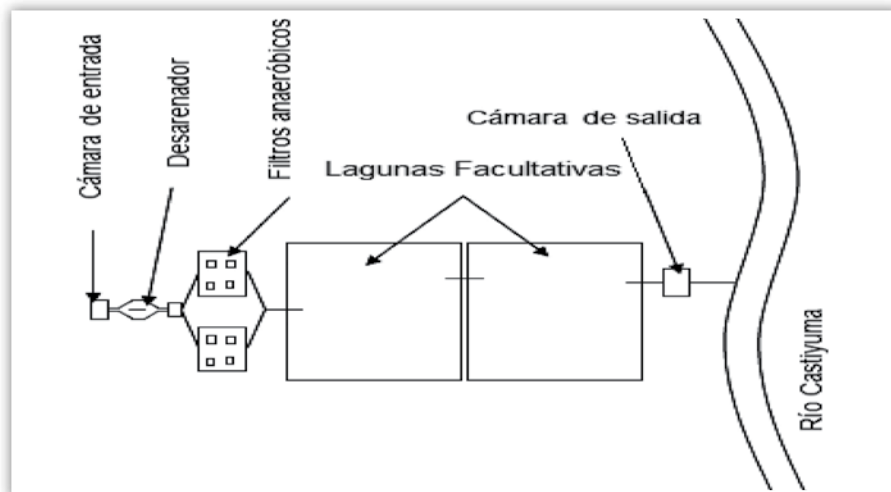
## ANCORAIMES/LP/005

<b>Municipio</b>	Ancoraimes	<b>Población (INE)</b>	1.600 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Titicaca	<b>Fecha de visita</b>	11 de agosto 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	5 años
Caudal de agua residual efluente	5 l/s	Contaminantes predominantes	• Municipales
Cuerpo receptor	Río Castiyuma		
Población conectada a la red de alcantarillado	40%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Desarenador	
	Primario	Filtros Anaeróbicos	
	Secundario	Lagunas de Facultativas	






Flujograma PTAR

Tratamiento eficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	68°54'29.64" O	<b>Latitud</b>	15°54'2.61" S	<b>Altura</b>	3.877 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 509823.2 E	<b>Y</b>	8242043.67 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	2 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, haba, arveja, cebada, avena, oca, maíz		

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Ancoraimos cuenta con una PTAR, sin embargo ésta se encuentra muy descuidada ya que no se le ha realizado de nunca el mantenimiento adecuado. Además, los residuos sólidos taponean la cámara de entrada y la bomba fue robada a los pocos días de ser instalada.

## NAZACARA/LP/006

<b>Municipio</b>	Nazacara	<b>Población (INE)</b>	400 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Desaguadero	<b>Fecha de visita</b>	29 de julio 2011



Vista del Río Desaguadero

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	2 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	0%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Desaguadero		



Unión de las aguas grises con el Río Desaguadero



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego	-
<b>Ubicación</b>	<b>Longitud</b>	68°45'51.81" O	<b>Latitud</b>	16°56'17.35" S	<b>Altura</b>
		19 K 525087.1 E	<b>Y</b>	8127271.78 m S	
<b>Reúso</b>		Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>		C
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>		Papa, quinua, cebada, cañahua

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Nazacara no cuenta con una PTAR debido a que sólo utiliza letrinas.  
 La razón de estudio en este municipio se debe a que se trata de una de las poblaciones situadas al lado del Río Desaguadero, considerado como un cuerpo de agua bastante contaminado ya que recibe las descargas de muchas otras poblaciones.

## SORATA/LP/007

<b>Municipio</b>	Sorata	<b>Población (INE)</b>	4.000 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Beni	<b>Fecha de visita</b>	29 de julio 2011



Vista de Sorata y sus cultivos

Existe PTAR	No	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales</li> </ul>
Caudal de agua residual	70 l/s	Población conectada a la red de alcantarillado	80%
Cuerpo receptor	Ríos Challasuyo y San Cristóbal		



Aguas servidas con residuos sólidos





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego	-
<b>Ubicación</b>	<b>Longitud</b>	68°38'58.91" O	<b>Latitud</b>	15°46'22.88" S	<b>Altura</b>
		19 K 537521.6 E	<b>Y</b>	8256140.20 S	
<b>Reúso</b>		Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>		C
<b>Área Estimada de Riego</b>		9 ha	<b>Cultivos predominantes</b>		Maíz, vaina, tomate, cítricos, chirimoya

### COMENTARIOS GENERALES

Sorata no cuenta con una PTAR y su sistema de alcantarillado es bastante antiguo; además, es muy difícil controlar todos los puntos donde desembocan estas aguas ya que existen por lo menos seis lugares distintos. Por la gran afluencia del turismo, hay veces que el sistema de alcantarillado llega a colapsar.

## VIACHA/LP/008

<b>Municipio</b>	Viacha	<b>Población (INE)</b>	25.000 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Titicaca	<b>Fecha de visita</b>	25 de julio 2011



Vista del Río Pallina que recibe las aguas servidas de Viacha



<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	10 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	85%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Pallina		



PTAR que nunca fue utilizada



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego	-
<b>Ubicación</b>	<b>Longitud</b>	68°18'21.43" O	<b>Latitud</b>	16°39'51.19" S	<b>Altura</b>
		19 k 573996.9 E	<b>Y</b>	8157444.76 S	
<b>Reúso</b>		Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>		<D
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>		Forraje

### COMENTARIOS GENERALES

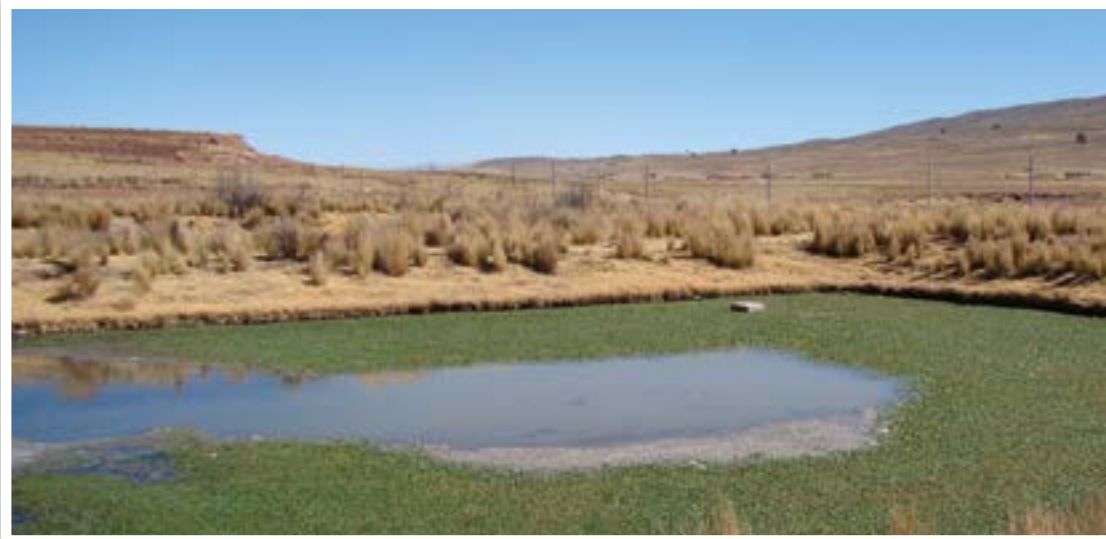
Viacha cuenta con lagunas de estabilización, sin embargo, éstas nunca fueron utilizadas y todo el sistema de alcantarillado está conectado directamente a tres pozos que dirigen las aguas al Río Pallina. Por esta razón, la muestra de agua residual fue tomada en una de las desembocaduras del río, cuyas aguas no son utilizadas para ningún tipo de actividad.

El Río Pallina se une con las aguas de Puchukollo, llegando directamente a la bahía de Cohana.

La principal actividad económica de Viacha es la industria, existiendo aproximadamente 60 fábricas de cemento, ladrillo y cerámica, las cuales están conectadas al mismo sistema de alcantarillado de toda la población, exceptuando la más grande (Cementos Viacha) que recircula sus aguas.

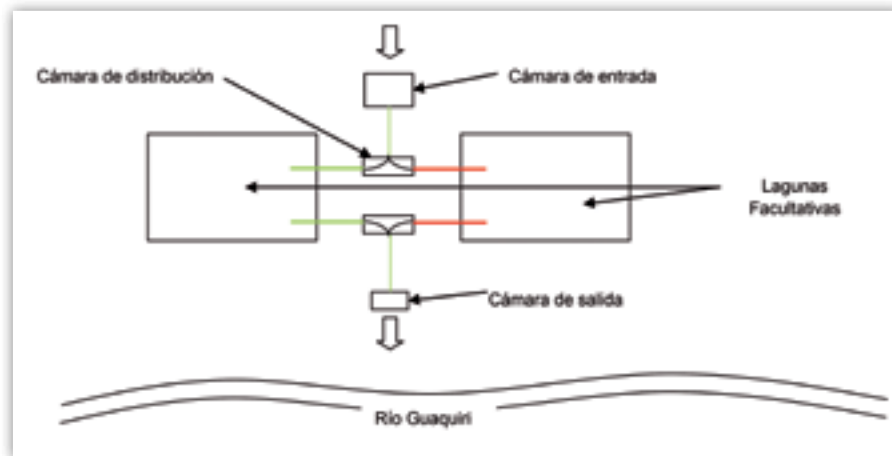
# TIAHUANACU/LP/009

<b>Municipio</b>	Tiahuanacu	<b>Población (INE)</b>	4.000 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Titicaca	<b>Fecha de visita</b>	26 de julio 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	No
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	10 años
Caudal de agua residual efluente	-	Contaminantes predominantes	• Municipales
Cuerpo receptor	Río Guaquiri		
Población conectada a la red de alcantarillado	40%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	-	
	Secundario	Lagunas Facultativas	






Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	68°40'53.29" O	<b>Latitud</b>	16°33'10.54" S	<b>Altura</b>	3.862 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 533984.8 E	<b>Y</b>	8169874.20 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	3,57 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Forraje		

### COMENTARIOS GENERALES

Tiahuanacu cuenta con una PTAR conectada a un sistema de alcantarillado muy viejo y que cubre solamente la zona central de la parte urbana. Una de las lagunas de estabilización está totalmente colmatada, ya que ninguna recibe el mantenimiento apropiado y el agua que sale de estas lagunas llega directamente al Río Guaquiri.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias

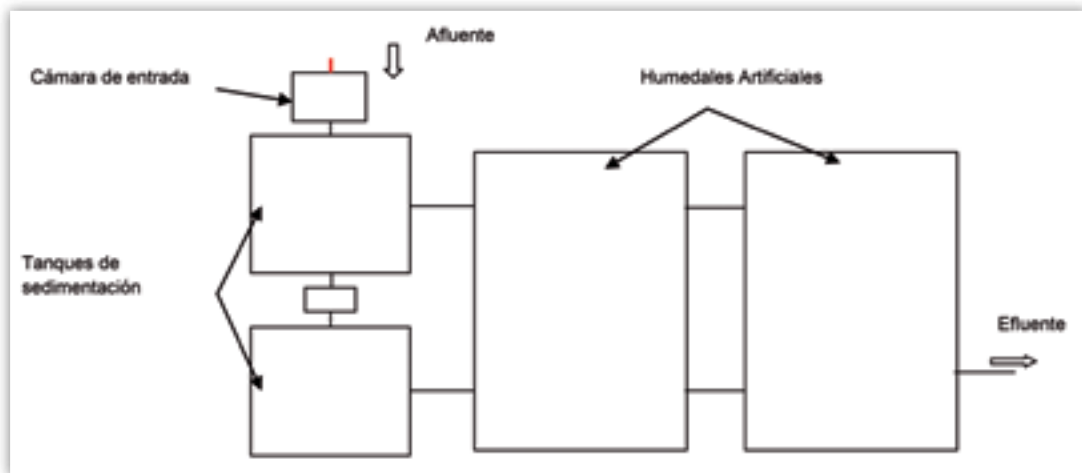
## DESAGUADERO/LP/010

<b>Municipio</b>	Desaguadero	<b>Población (INE)</b>	2.219 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Desaguadero	<b>Fecha de visita</b>	27 de julio 2011



Vista de las aguas residuales que van al río Desaguadero

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	No
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	8 años
Caudal de agua residual efluente	-	Contaminantes predominantes	• Municipales
Cuerpo receptor	Río Desaguadero		
Población conectada a la red de alcantarillado	25%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Tanques de Sedimentación	
	Secundario	Humedales Artificiales (Totora)	






Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	69° 2'3.18" O	<b>Latitud</b>	16°34'6.59" S	<b>Altura</b>	3.828 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 496349.6 E	<b>Y</b>	8168178.64 S		
<b>Reúso</b>		Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>			<D
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>			Forraje

### COMENTARIOS GENERALES

Desaguadero cuenta con una PTAR construida el año 2003, ubicada muy cerca del río del mismo nombre pero que no se encuentra en funcionamiento debido a problemas técnicos con la bomba. Por otra parte, el sistema antiguo de alcantarillado está solamente conectado a un tanque de almacenamiento, el cual se encuentra colapsado y destruido, por lo que las aguas residuales se infiltran en el suelo hasta llegar al río.

## LURIBAY/LP/011

<b>Municipio</b>	Luribay	<b>Población (INE)</b>	600 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Alto Beni	<b>Fecha de visita</b>	11 de agosto 2011



Vista del Río Luribay que recibe las descargas y luego el agua es utilizada en riego

Existe PTAR	No	Contaminantes predominantes	• Domiciliarios
Caudal de agua residual	-	Población conectada a la red de alcantarillado	0%
Cuerpo receptor	Río Luribay		





Cultivos regados con agua del río





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego	-
<b>Ubicación</b>	<b>Longitud</b>	67°39'41.06" O	<b>Latitud</b>	17° 3'45.51" S	<b>Altura</b>
		19 K 642447.7 E	<b>Y</b>	8113026.90 S	
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	B	
<b>Área Estimada de Riego</b>	18 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Hortalizas, durazno, vid, manzana.	

### COMENTARIOS GENERALES

Luribay es una población pequeña que depende de la agricultura pero que no cuenta con un sistema de alcantarillado ni PTAR, solamente utiliza pozos sépticos. Los canales de riego son obtenidos a partir de vertientes o del Río Luribay.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias

## COLQUIRI/LP/012

<b>Municipio</b>	Colquiri	<b>Población (INE)</b>	4.400 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Beni	<b>Fecha de visita</b>	17 de mayo 2011



Vista de la actividad minera que utiliza aguas residuales para el lavado de minerales

Existe PTAR	No	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Mineros</li> </ul>
Caudal de agua residual	15 l/s	Población conectada a la red de alcantarillado	0%
Cuerpo receptor	Río Colquiri		



Unión entre las dos quebradas de aguas residuales mineras y domésticas



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área Minera		Unión de quebradas al Río San Juanillo
<b>Ubicación</b>	<b>Longitud</b>	67°07'44,71" O	<b>Latitud</b>	17°23'43,56" S	<b>Altura</b>	2.570 m.s.n.m.
		19 K 698759,4 E	<b>Y</b>	8075738,44 S		
<b>Reúso</b>		S <sup>pt</sup>	<b>Agua de Riego Clase</b>			C
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>			-

### COMENTARIOS GENERALES

Colquiri representa una zona minera muy importante a nivel nacional, pues su desarrollo depende de esta actividad. Sin embargo, la población no cuenta con un adecuado sistema de alcantarillado, teniendo únicamente baños públicos para toda la población. Las aguas residuales no tienen ningún tipo de tratamiento y son vertidas directamente a las quebradas cercanas que pasan por el Río San Juanillo y llegan hasta el Río Beni; por otra parte, un factor importante es el hecho de que los cooperativistas utilizan las aguas servidas para el lavado de los minerales, generando así una mezcla de aguas residuales domiciliarias y mineras.

En el caso de la empresa, se cuenta con una PTAR para los diques de cola, reduciendo así ciertos niveles de contaminación; sin embargo, las cooperativas mineras de la zona no realizan ningún tipo de tratamiento de sus residuos y tampoco cuentan con los equipos de protección necesarios para la salud y el medio ambiente.

\* En este caso en particular, el reúso de aguas se da en la minería con el lavado de minerales.

## CHULUMANI/LP/013

<b>Municipio</b>	Chulumani	<b>Población (INE)</b>	2.724 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Mamoré	<b>Fecha de visita</b>	12 de agosto 2011

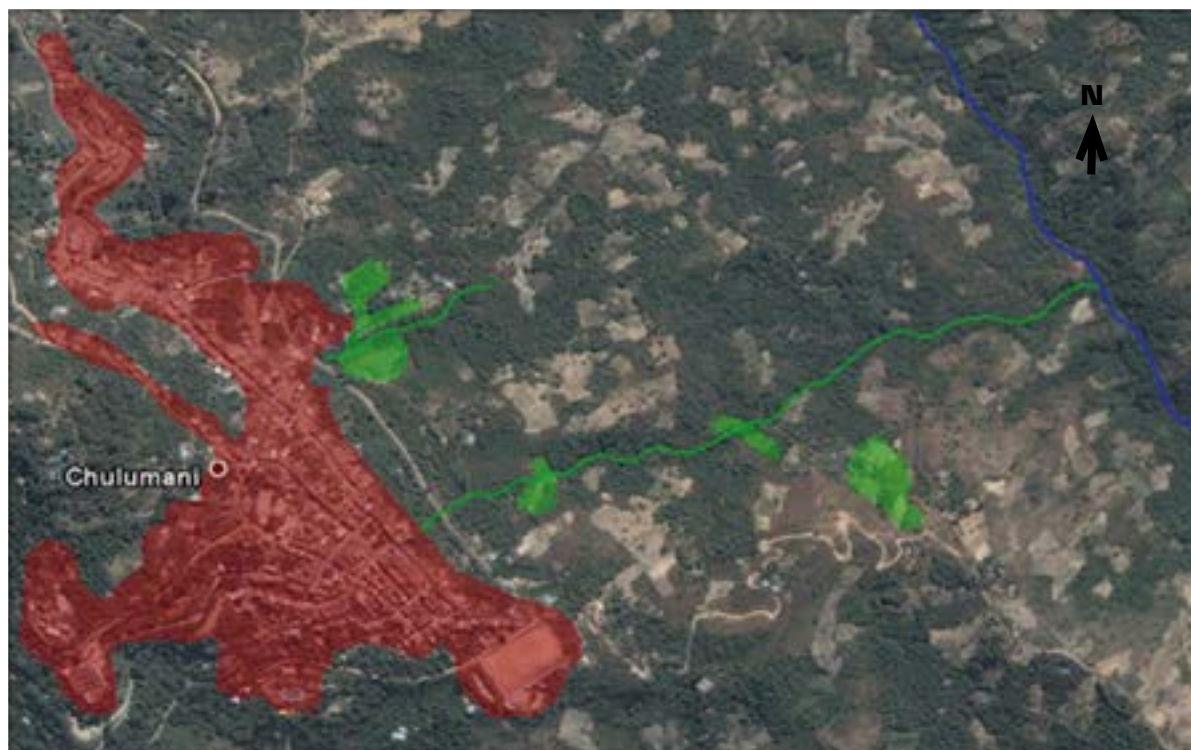


Vista del efluente del sistema de alcantarillado




Existe PTAR	No	Contaminantes predominantes	• Domiciliarios
Caudal de agua residual	30 l/s	Población conectada a la red de alcantarillado	40%
Cuerpo receptor	Río San Martín		



Cultivos de coca regados con aguas residuales



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		Desagües
<b>Ubicación</b>	<b>Longitud</b>	67°31'35.40" O	<b>Latitud</b>	16°24'37.02" S	<b>Altura</b>	1.762 m.s.n.m.
		19 K 657341.0 E	<b>Y</b>	657341.05 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	C		
<b>Área Estimada de Riego</b>	1,92 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Coca, manga, cítricos		

### COMENTARIOS GENERALES

Al igual que la mayoría de las comunidades de los Yungas, Chulumani cuenta con pendientes muy inclinadas y el sistema de alcantarillado vierte sus aguas en varias quebradas de la zona. Estas aguas no reciben ningún tratamiento y, en su curso hasta llegar al Río San Martín, son utilizadas para el riego de cultivos de coca.

## PALOS BLANCOS/LP/014

<b>Municipio</b>	Palos Blancos	<b>Población (INE)</b>	8.000 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Alto Beni	<b>Fecha de visita</b>	04 de agosto 2011



Vista del efluente del sistema de alcantarillado al Río Alto Beni

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	• Domiciliarios
<b>Caudal de agua residual</b>	6 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	50%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Alto Beni		



Río Alto Beni



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego	-
<b>Ubicación</b>	<b>Longitud</b>	67°14'49.77" O	<b>Latitud</b>	15°34'58.37" S	<b>Altura</b>
		19K 687948.6 E	<b>Y</b>	8276430.69 S	
<b>Reúso</b>	No		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D	
<b>Área Estimada de Riego</b>	-		<b>Cultivos predominantes</b>	-	

### COMENTARIOS GENERALES

Palos Blancos solamente cuenta con un tanque de almacenamiento de las aguas residuales que fue construido hace 12 años, el cual no realiza ningún tratamiento de las aguas servidas que salen directamente al Río Alto Beni y se constituye en uno de los focos de contaminación de este importante cuerpo de agua.

## PUCARANI/LP/015

<b>Municipio</b>	Pucarani	<b>Población (INE)</b>	3.000 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Titicaca	<b>Fecha de visita</b>	04 de agosto 2011



*Vista del efluente del sistema de alcantarillado*

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	• Domiciliarios
<b>Caudal de agua residual</b>	10 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	15%
<b>Cuerpo receptor</b>	Qda. Huancané		



*Proceso de "Tunta" realizado con agua residual*





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego	-
<b>Ubicación</b>	<b>Longitud</b>	68°28'38.51" O	<b>Latitud</b>	16°23'59.33" S	<b>Altura</b>
		19K555805.8 E	<b>Y</b>	8186766.7 S	
<b>Reúso</b>		Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D	
<b>Área Estimada de Riego</b>		3 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Forraje y papa	

### COMENTARIOS GENERALES

Pucarani no cuenta con una PTAR y sus aguas residuales desembocan a la Qda. Huancané, la cual es utilizada para abrevaderos y para el procesamiento de "Tunta". El problema principal de este municipio es que sus aguas llegan a la Bahía de Cohana e incrementan la contaminación del Lago Titicaca.

## COHANA/LP/016

<b>Municipio</b>	Pucarani	<b>Población (INE)</b>	1.200 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Titicaca	<b>Fecha de visita</b>	05 de agosto 2011



Vista del Río Catari


<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales (El Alto)</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	-	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	0%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Catari		



Proceso de chuño y tunta



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana	-		 Río Catari
<b>Ubicación</b>	<b>Longitud</b>	68°39'38.43" O	<b>Latitud</b>	16°22'11.91" S	<b>Altura</b>
		19 K 536237.5 E	<b>Y</b>	8190109.10 S	
<b>Reúso</b>		Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>		<D
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>		Papa

### COMENTARIOS GENERALES

La Bahía de Cohana es considerada como la zona más contaminada del Lago Titicaca, ya que mediante el Río Catari recibe los afluentes tanto de las Quebradas Sorechata y Huancané como de los Ríos Seco y Pallina entre otros. Estos ríos aportan todas las aguas residuales de El Alto, Viacha, Laja, etc.

Se realizó el estudio en este centro poblado debido al gran impacto ambiental que generan las aguas residuales de varios municipios en el Lago Titicaca

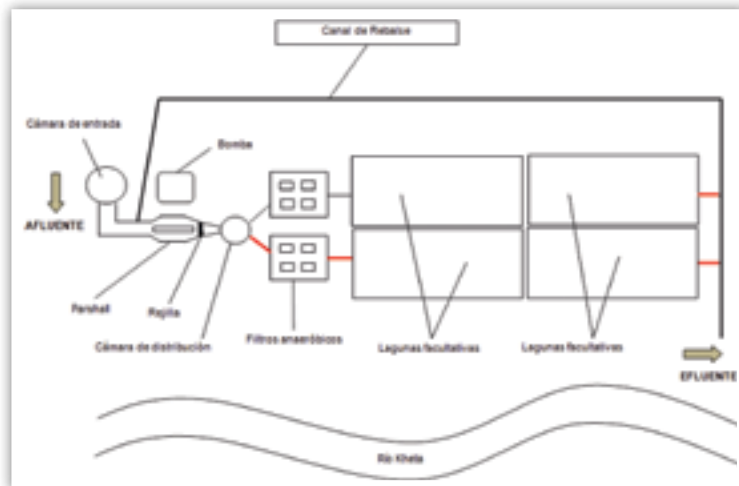
# PATACAMAYA/LP/017

<b>Municipio</b>	Patacamaya	<b>Población (INE)</b>	9.549 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Desaguadero	<b>Fecha de visita</b>	10 de mayo 2011



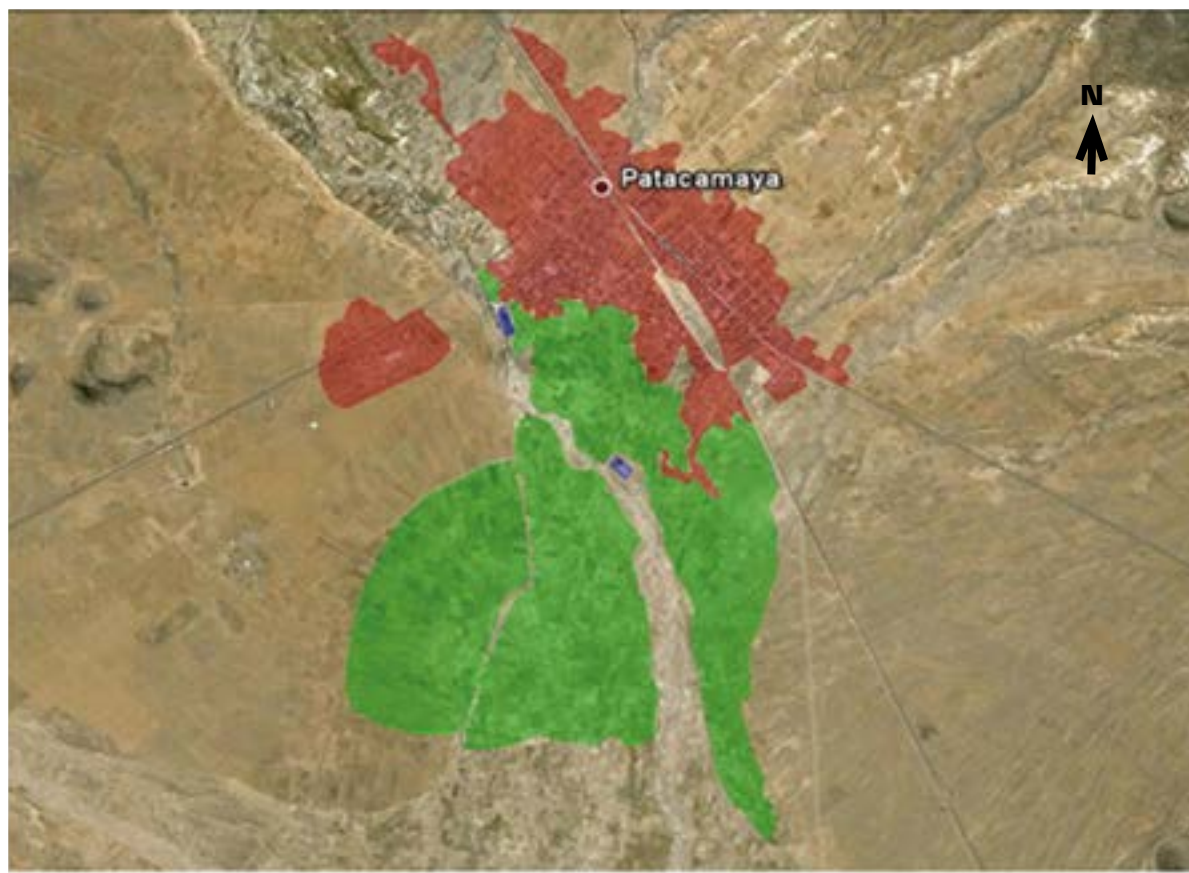
Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	4 años
Caudal de agua residual efluente	60 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Comerciales</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Kheta		
Población conectada a la red de alcantarillado	60%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas	
	Primario	Filtro Anaeróbico	
	Secundario	Lagunas Facultativas	






Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	67°55'26,28" O	<b>Latitud</b>	17°14'38,49" S	<b>Altura</b>	3.808 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 614392.8 E	<b>Y</b>	8093130.97 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	372 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Haba, papa, cebada, alfalfa, cebolla, maca		

### COMENTARIOS GENERALES

Patacamaya cuenta con dos PTARs a cargo del Gobierno Municipal, sin embargo una no está en funcionamiento y la otra presenta varios problemas de infraestructura, ya que uno de los sistemas en paralelo presenta el filtro anaeróbico tapado, impidiendo el paso de las aguas residuales a las laguna facultativas. Por otra parte, el operador no cuenta con el material necesario para realizar la limpieza y mantenimiento de esta PTAR, representando un riesgo elevado para su salud.

## COROICO/LP/018

<b>Municipio</b>	Coroico	<b>Población (INE)</b>	2.197 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Kaka	<b>Fecha de visita</b>	20 de mayo 2011

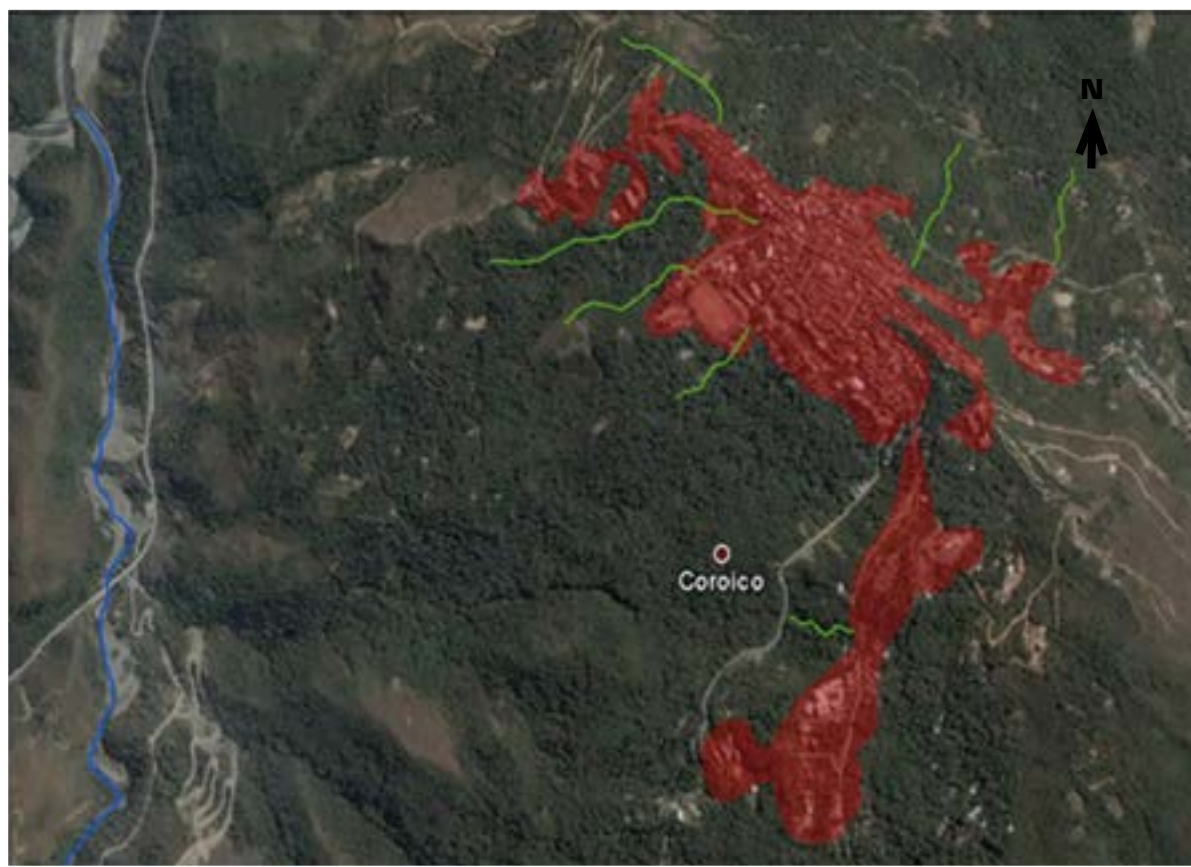


Vista de uno de las seis salidas del alcantarillado




<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	• Domiciliarios
<b>Caudal de agua residual</b>	30 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	92%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Yolosita		



Río Yolosita



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Desagües		Río Yolosita
<b>Ubicación</b>	<b>Longitud</b>	67°43'37,77" O	<b>Latitud</b>	16°11'20,40" S	<b>Altura</b>	1.744 m.s.n.m.
		19 K 636064,2 E	<b>Y</b>	8209736,97 m S		
<b>Reúso</b>		No	<b>Agua de Riego Clase</b>			D
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>			-

### COMENTARIOS GENERALES

Coroico no cuenta con una PTAR y su sistema de alcantarillado es bastante antiguo, ya que las tuberías son de cemento y muchas de ellas se encuentran rajadas provocando infiltración. Por ser una zona turística, muchas veces el sistema colapsa y los puntos de desagüe rebalsan; esto es peligroso ya que muchas viviendas fueron construidas al lado de estos puntos de vertido.

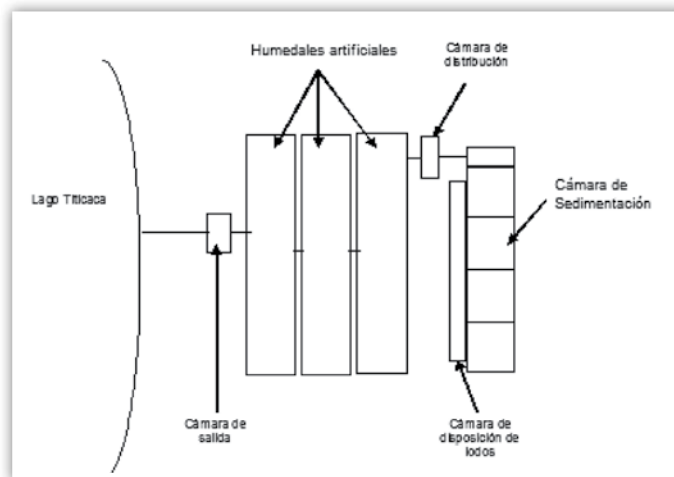
## COPACABANA/LP/019

<b>Municipio</b>	Copacabana	<b>Población (INE)</b>	5.500 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Titicaca	<b>Fecha de visita</b>	11 de agosto 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	10 años
Caudal de agua residual efluente	30 l/s	Contaminantes predominantes	• Domésticos
Cuerpo receptor	Lago Titicaca		
Población conectada a la red de alcantarillado	20%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Tanques de Sedimentación	
	Secundario	Humedales Artificiales	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	69° 5'13.07" O	<b>Latitud</b>	16° 9'55.63" S	<b>Altura</b>	3.852 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 490703.2 E	<b>Y</b>	8212761.10 S		
<b>Reúso</b>	No		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	-		<b>Cultivos predominantes</b>	-		

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Copacabana cuenta con una PTAR que funciona con tres humedales artificiales en serie. El día de la visita los humedales estaban secos, por lo tanto no existía efluente, sin embargo una parte del sistema de alcantarillado desemboca directamente al Lago Titicaca. Al ser una zona turística se debería tener un mejor control de las aguas residuales, para así evitar la contaminación del lago y dar un mejor aspecto al lugar.

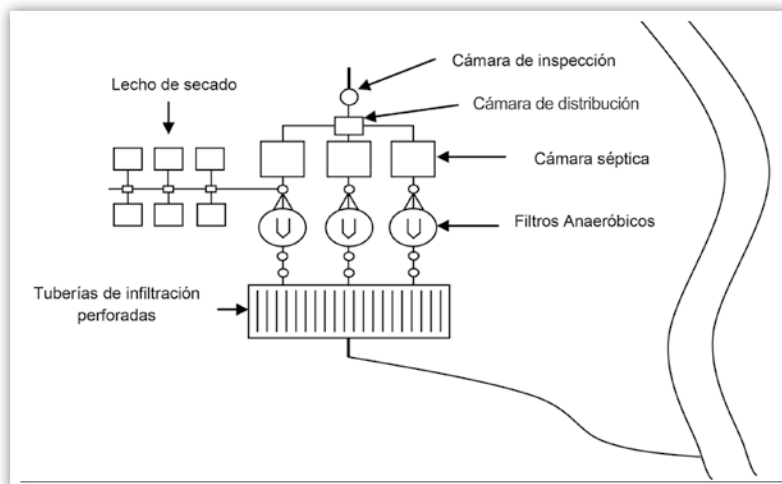
## CARANAVI/LP/020

<b>Municipio</b>	Caranavi	<b>Población (INE)</b>	20.000 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Kaka	<b>Fecha de visita</b>	03 de agosto de 2011



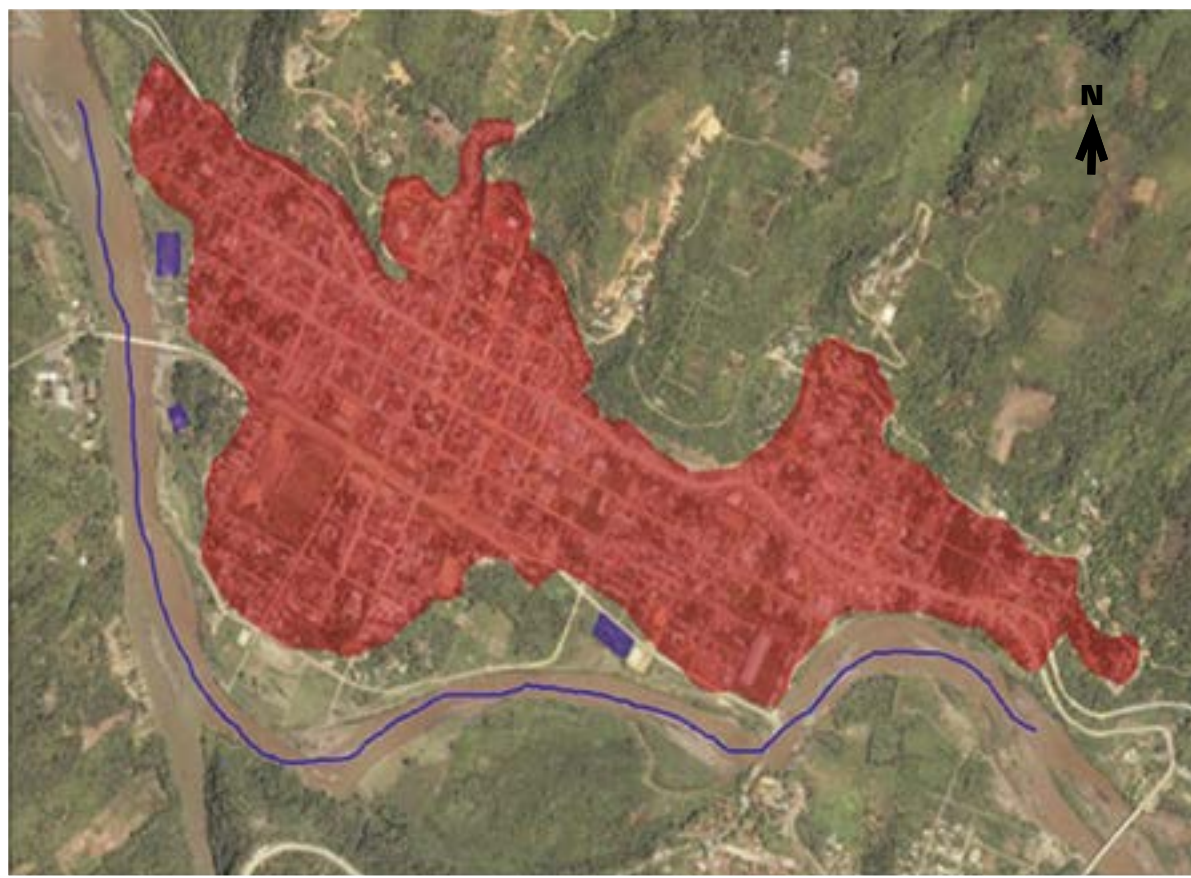
Vista del Río Coroico

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	13 años
Caudal de agua residual efluente	60 l/s	Contaminantes predominantes	• Domésticos
Cuerpo receptor	Río Coroico		
Población conectada a la red de alcantarillado	75%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Cámara Séptica	
	Primario	Filtros Anaeróbicos	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>	<span style="background-color: red; color: white;"> </span>	Área Urbana	<span style="background-color: green; color: white;"> </span>	Área de Riego	<span style="background-color: blue; color: white;"> </span>	PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	67°33'56.46" O	<b>Latitud</b>	15°50'8.98" S	<b>Altura</b>	610 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 653598.3 E	<b>Y</b>	8248699.63 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	2 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Café, cítricos, coca		

### COMENTARIOS GENERALES

Caranavi cuenta con tres PTARs que se encuentran ubicadas muy cerca al río, por lo que cada año sufren inundaciones y daños en la infraestructura (pérdida de los filtros y colmatación). El tratamiento se basa en filtros anaeróbicos seguidos de tuberías de infiltración, lo que significa que el agua es incorporada directamente en el subsuelo. Uno de los principales problemas de contaminación se relaciona con los efluentes que se descargan directamente en el río, cuyas aguas son utilizadas para lavar movilidades y además, aguas abajo, muchas personas las emplean para bañarse.

6.3. Fichas Resumen Cochabamba

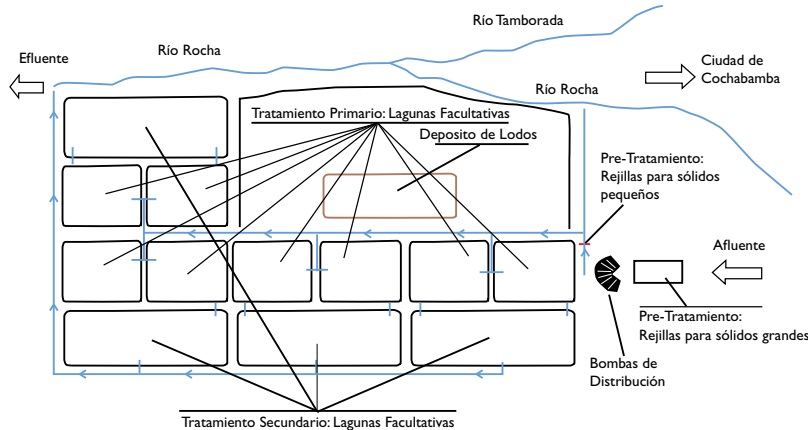
**COCHABAMBA/CB/001**

<b>Municipio</b>	Cochabamba	<b>Población (INE)</b>	516.683 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	5 de julio 2010



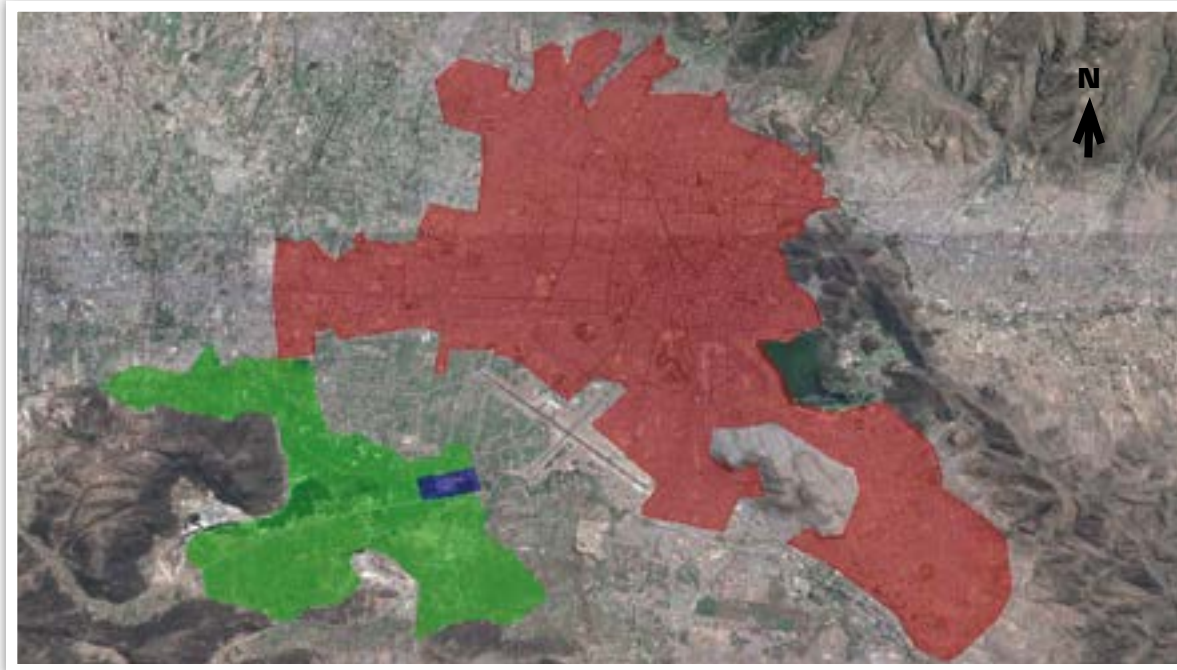
Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	300 l/s	<b>Antigüedad</b>	25 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	333 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Hospitalarios</li> <li>• Industriales</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Rocha		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	60%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Facultativas Primarias	
		Lagunas Facultativas Secundarias	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°9'21" O	<b>Latitud</b>	17°23'17,8" S	<b>Altura</b>	2.555 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 797939,6 E	<b>Y</b>	8070546,6 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	358 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Maíz, pasto, alfalfa

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Cochabamba está ubicada al suroeste de esta ciudad y recibe el agua de la alcantarilla mediante dos conexiones que vienen del norte y sur. Sólo el 60% de los pobladores están conectados a la red de alcantarillado. Esta zona se caracteriza por ser lechera al tener como actividad principal la ganadería, por lo que el principal problema que atraviesa radica en el agua para riego de los pastizales que proviene de la PTAR, pues, al no estar tratada totalmente, contiene una alta concentración de coliformes y otros contaminantes.

## VALVERDE CBBA/CB/002

<b>Municipio</b>	Cochabamba	<b>Población (INE)</b>	51.668 Hab.
<b>Cuenca de influencia</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	5 de agosto 2010

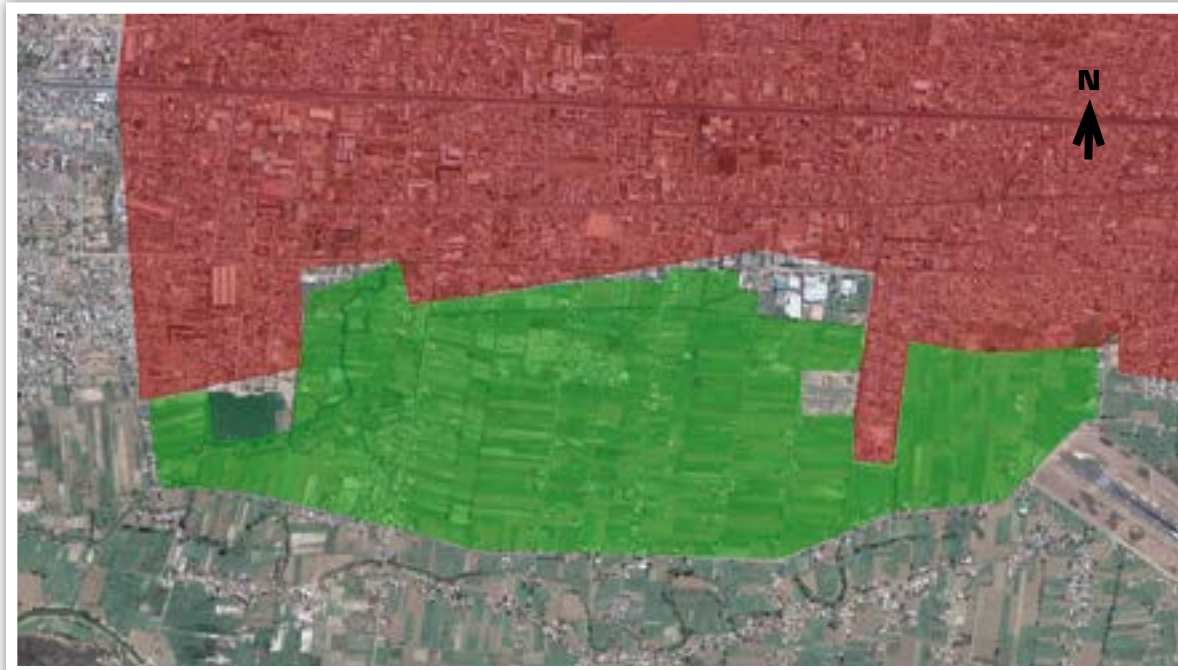


Vista del canal Valverde

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	250 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	20%
<b>Cuerpo receptor</b>	Canal Valverde		



Bombeo de agua del canal Valverde



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°12'33,6" O	<b>Latitud</b>	17°24'23,4" S	<b>Altura</b>	2.554 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K796749,56 E	<b>Y</b>	8073813,51 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	338 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Pasto, alfalfa, maíz		

### COMENTARIOS GENERALES

El canal de riego Valverde distribuye aguas de riego a tres comunidades (La Maica Norte, Centro y Sur) donde principalmente se dedican a la ganadería y a la agricultura. Este canal de riego es el receptor directo de muchos residuos industriales y domésticos.

Las personas del lugar no consumen directamente el agua ya que tienen acceso al agua potable.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

## TORRENTERA CBBA /CB/003

<b>Municipio</b>	Cochabamba	<b>Población (INE)</b>	51.668 Hab.
<b>Cuenca de influencia</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	26 de agosto 2010



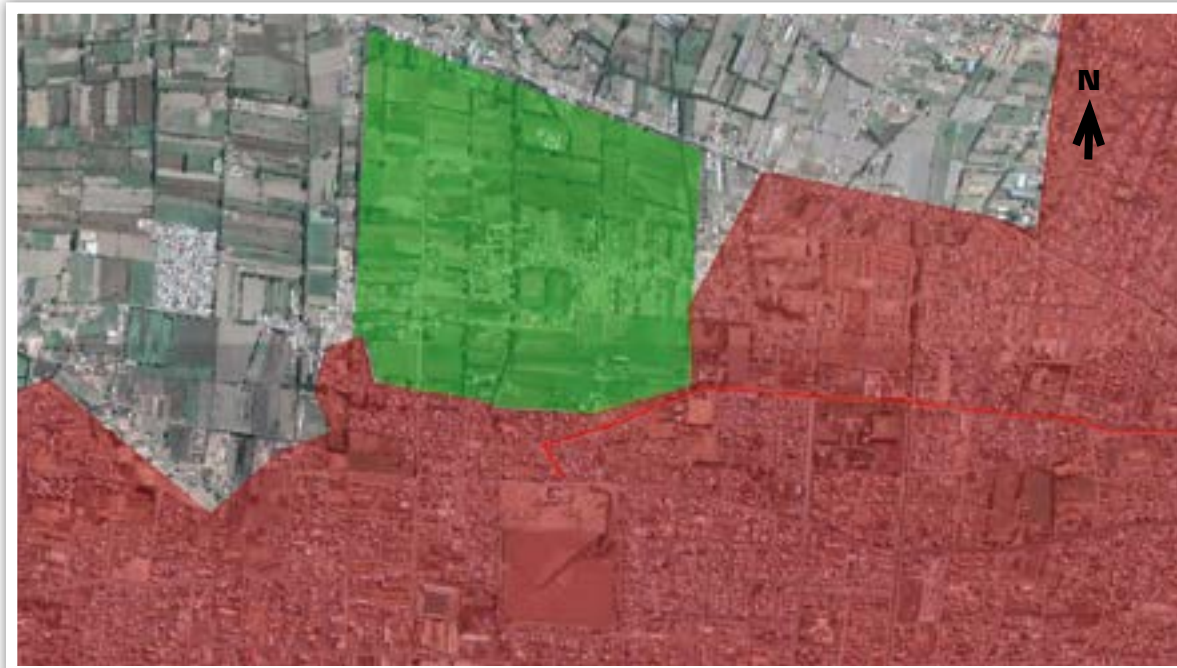
Vista de la Torrentera

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	32 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	20%
<b>Cuerpo receptor</b>	Torrentera		



Bomba de agua utilizada por un agricultor para el riego





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°12'6,29" O	<b>Latitud</b>	17°22'48,5" S	<b>Altura</b>	2.560 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 797087,8 E	<b>Y</b>	8076007,9 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	20 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Pasto, alfalfa, maíz, haba

### COMENTARIOS GENERALES

El canal de la Torrentera, ubicado en la zona oeste de la ciudad de Cochabamba, recorre por la Av. Beijing pasando por la Tadeo Haenke, captando aguas de diferentes conexiones clandestinas y desembocando finalmente en la laguna de Coña Coña, un lugar recreativo para niños y adultos que, estando en esas condiciones, sólo es un foco de infecciones.

Los vecinos del canal utilizan estas aguas para el riego de distintos cultivos, bombeando directamente hasta sus parcelas. Para retener el agua tienen un muro que sirve como presa, que permite almacenar agua para poder bombear sin ninguna dificultad.

## LA MAICA/CB/004

<b>Municipio</b>	Cochabamba	<b>Población (INE)</b>	300.000 Hab.
<b>Cuenca de influencia</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	30 de noviembre 2010



Bombeo de las aguas residuales para su uso (sindicato de bomberos)

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales</li> <li>• Hospitalario</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	400 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	60%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Rocha		



Acequia con agua residual



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66° 11' 8,5" O	<b>Latitud</b>	17° 25' 4,10" S	<b>Altura</b>	2.558 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K799006,2 E	<b>Y</b>	8072033,2 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	349 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Pasto, alfalfa, maíz

### COMENTARIOS GENERALES

La comunidad de La Maica, en el municipio de Cochabamba, es uno de los lugares donde se reutiliza el agua con mayor intensidad. El agua proviene del Río Rocha, que en su recorrido va recibiendo aguas residuales del municipio de Sacaba y algunas conexiones de la ciudad de Cochabamba.

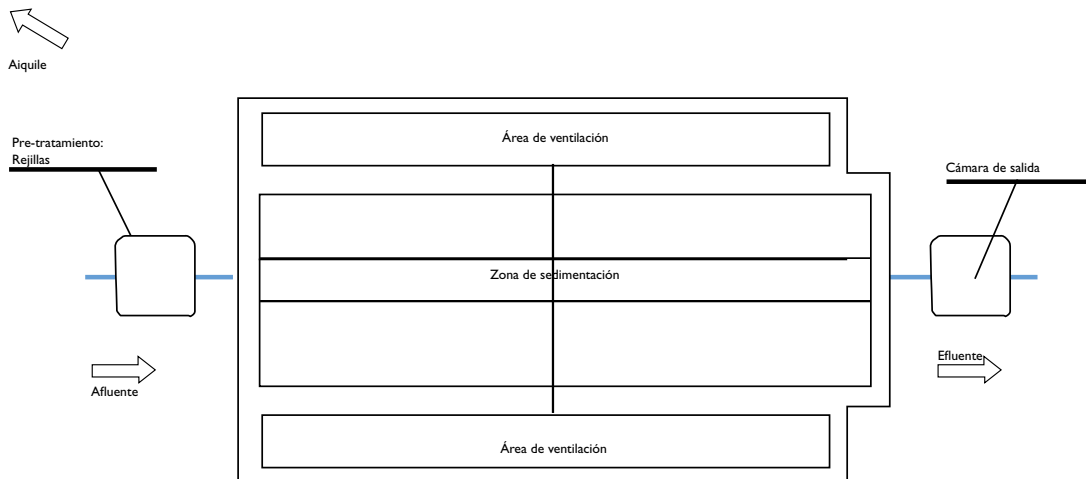
# AIQUILE/CB/005

<b>Municipio</b>	Aiquile	<b>Población (INE)</b>	7.381 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Grande	<b>Fecha de visita</b>	7 de octubre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	10 l/s	<b>Antigüedad</b>	16 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	13 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Municipales</li> <li>Desechos de curtiembres</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	Acequia		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	55%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	Tanque Imhoff	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65° 10' 46,78" O	<b>Latitud</b>	18° 12' 02,22" S	<b>Altura</b>	2.255 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 269487,1 E	<b>Y</b>	7986112,6 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	13 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Cebolla, apio, tomate, papa, anís, lechuga, zanahoria

### COMENTARIOS GENERALES

Aiquile tiene un Tanque Imhoff para el tratamiento de aguas residuales, ubicado en la carretera de ingreso a la ciudad. Los pobladores se quejan por los malos olores que emana este tanque, por lo que solicitaron crear una nueva PTAR con tecnología de Humedales Artificiales a 4 km de la ciudad. Al lado del tanque existen familias que se dedican a la agricultura y aprovechan el agua de salida para el riego de sus cultivos.

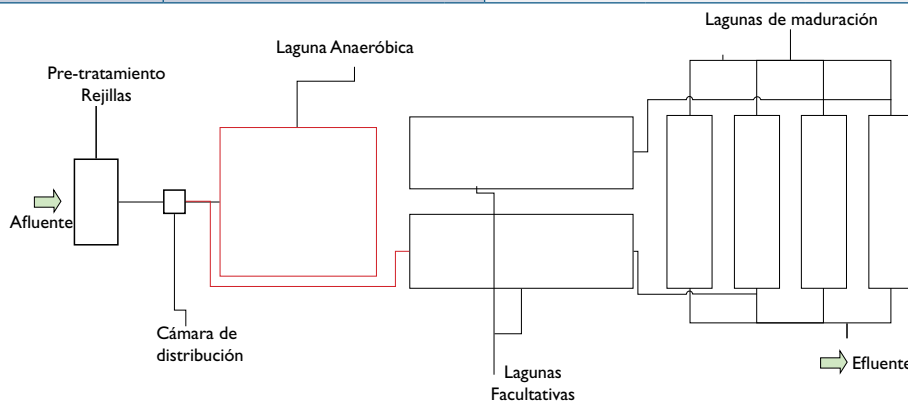
# TARATA/CB/006

<b>Municipio</b>	Tarata	<b>Población (INE)</b>	8.000 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	24 de agosto 2010



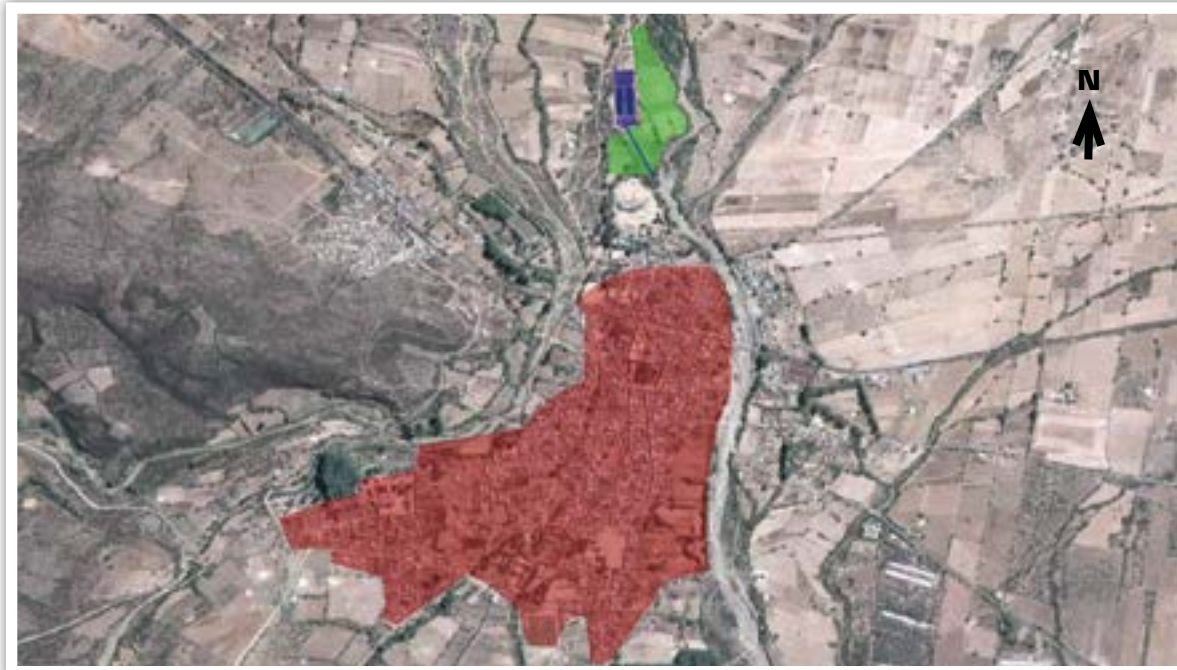
Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	15 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	3 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipales</li> <li>• Desechos de matadero</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	Acequia		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	50%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Anaeróbicas	
		Lagunas de Facultativas	
		Lagunas de Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66° 1' 28.3" O	<b>Latitud</b>	17° 36' 48.7" S	<b>Altura</b>	2.749 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 815898,1 E	<b>Y</b>	8051196,1 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	2,15 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Hortalizas y maíz

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR está ubicada a 1 km al norte de Tarata; actualmente está en desuso ya que no existen responsables que se ocupen del mantenimiento. Fue construida en el año 1996, pero los problemas entre la alcaldía y la cooperativa de agua provocaron que la misma quede en el estado en el que se encuentra.

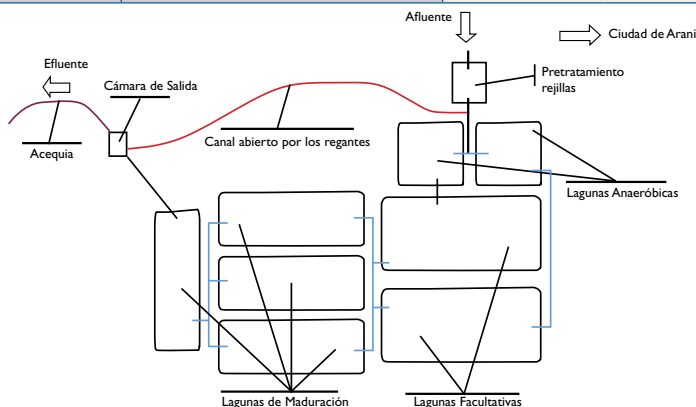
# ARANI/CB/007

<b>Municipio</b>	Arani	<b>Población (INE)</b>	3.512 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	11 de agosto 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	10 l/s	<b>Antigüedad</b>	10 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	16 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Matadero</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	Acequia		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	60%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Anaeróbicas	
		Lagunas Facultativas	
		Lagunas de Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°46'4,8" O	<b>Latitud</b>	17°34'23,5" S	<b>Altura</b>	2.727 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 204022 E	<b>Y</b>	8055622,15 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	24 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Maíz, trigo, alfalfa		

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de aguas residuales de Arani se ubica en la carretera a Punata. Actualmente no está en funcionamiento debido a que la entidad encargada no se ocupó de su operación ni mantenimiento. Fue construida el año 2000 con fondos de USAID y la Alcaldía de Arani. Posteriormente pasó a ser gestionada por la cooperativa de agua, entidad que no realizó el mantenimiento apropiado provocando taponamientos y rebalses en la ciudad. Los vecinos de la zona, principales usuarios de estas aguas, reclamaron la propiedad de las lagunas y, desde entonces, la PTAR se encuentra en abandono.

Teniendo apenas la mitad de años de vida útil, esta PTAR ya es considerada como una planta sin ninguna funcionalidad por la falta de una operación adecuada y mantenimiento.

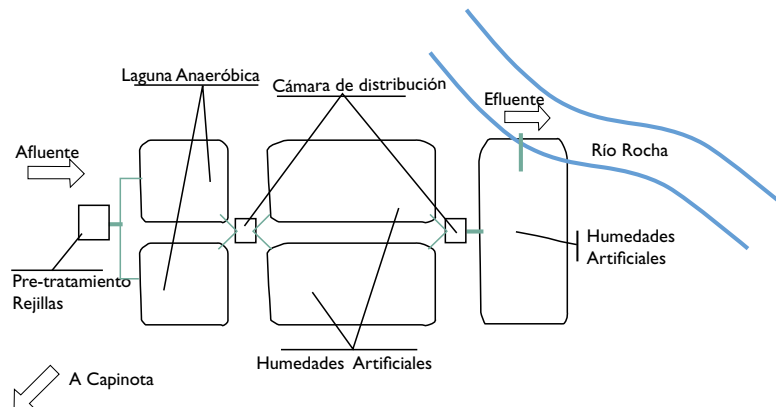
## CAPINOTA/CB/008

<b>Municipio</b>	Capinota	<b>Población (INE)</b>	4.766 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	28 de septiembre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	10 l/s	<b>Antigüedad</b>	3 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	10 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Municipales</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Rocha		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	60%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Anaeróbicas	
		Humedales Artificiales	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66° 15' 49,43" O	<b>Latitud</b>	17° 42' 53,77" S	<b>Altura</b>	2.403 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 790302,6 E	<b>Y</b>	8039257,54 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	11 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Alfalfa y maíz		

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Capinota, ubicada al norte de la ciudad, presenta 2 lagunas anaeróbicas y una serie de 3 Humedales Artificiales con plantas de totora. El problema de esta PTAR es que el Río Rocha se desbordó, llegando a las lagunas y rompiendo sus paredes, por lo que ahora, la última laguna del sistema de tratamiento no realiza su labor y el agua residual llega al río con niveles altos de contaminación.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

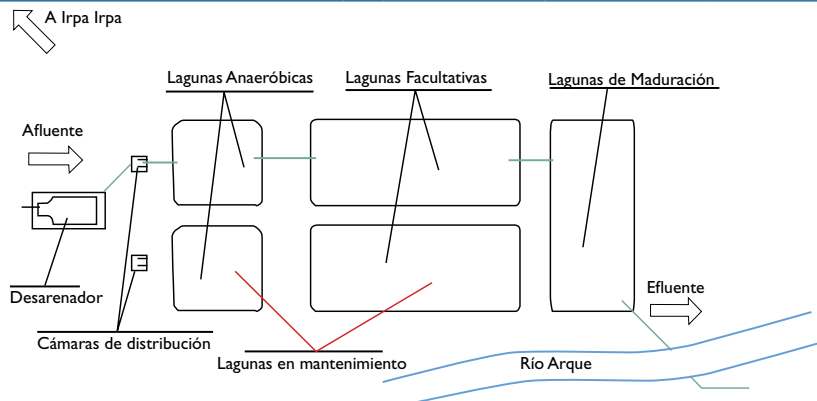
# IRPA IRPA/CB/009

<b>Municipio</b>	Capinota	<b>Población (INE)</b>	2.721 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	28 de septiembre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	8 l/s	<b>Antigüedad</b>	3 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	8 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipales</li> <li>• Desechos de la fábrica de cemento</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Arque		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	40%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Desarenador	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Anaeróbicas	
		Lagunas Facultativas	
		Lagunas de Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°16'22,49"O	<b>Latitud</b>	17°43'48,47"S	<b>Altura</b>	2.423 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 789198,4 E	<b>Y</b>	8037896,31 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	B		
<b>Área Estimada de Riego</b>	23 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Cebolla, alfalfa, haba y maíz		

### COMENTARIOS GENERALES

Irpa Irpa pertenece al municipio de Capinota; es un lugar significativo para el estudio de reúso de aguas residuales ya que es un centro urbano importante y cuenta con una de las fábricas de cemento más grande del país. Consta de un sistema de lagunas conectado al sistema de alcantarillado y al de la cementera, las lagunas de tratamiento descargan sus aguas al Río Arque y son utilizadas para riego varios kilómetros abajo. Hay que resaltar que en este municipio existen trabajos de operación y mantenimiento, teniendo un buen cuidado en la PTAR.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

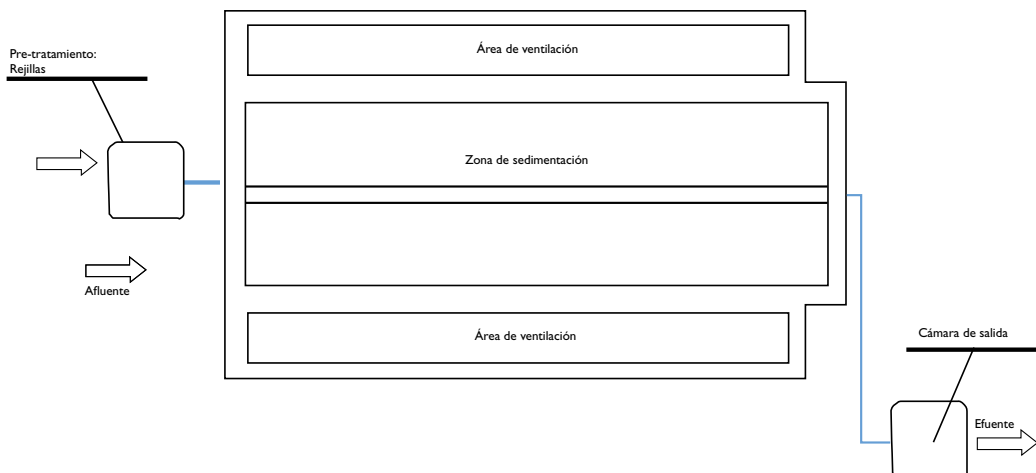
# SANTIVAÑEZ/CB/010

<b>Municipio</b>	Santivañez	<b>Población (INE)</b>	1.046 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	27 de octubre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	8 l/s	<b>Antigüedad</b>	21 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	6 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Municipales</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Santivañez		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	36%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	Tanque Imhoff	



Flujograma PTAR



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66° 14'54" O	<b>Latitud</b>	17° 33'01" S	<b>Altura</b>	2.553 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 792123,8 E	<b>Y</b>	8057454 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	4 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, alfalfa, haba y maíz		

### COMENTARIOS GENERALES

Santivañez tiene un sistema de tratamiento basado en un Tanque Imhoff construido hace aproximadamente 21 años. Este tratamiento ya cumplió sus años de vida útil y el efluente va directamente al río donde, aguas abajo, es aprovechado por unas cuantas familias para regar sus parcelas. Este municipio cuenta con una zona industrial importante, la cual tiene su propio sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

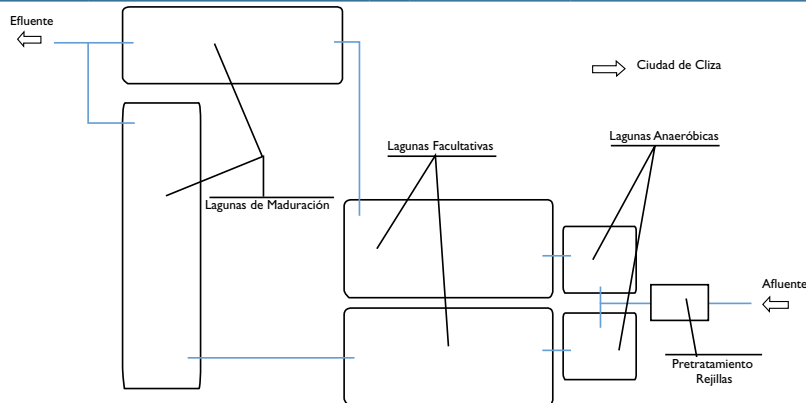
# CLIZA/CB/011

<b>Municipio</b>	Cliza	<b>Población (INE)</b>	6.534 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	10 de agosto 2010



Vista del Río Cliza

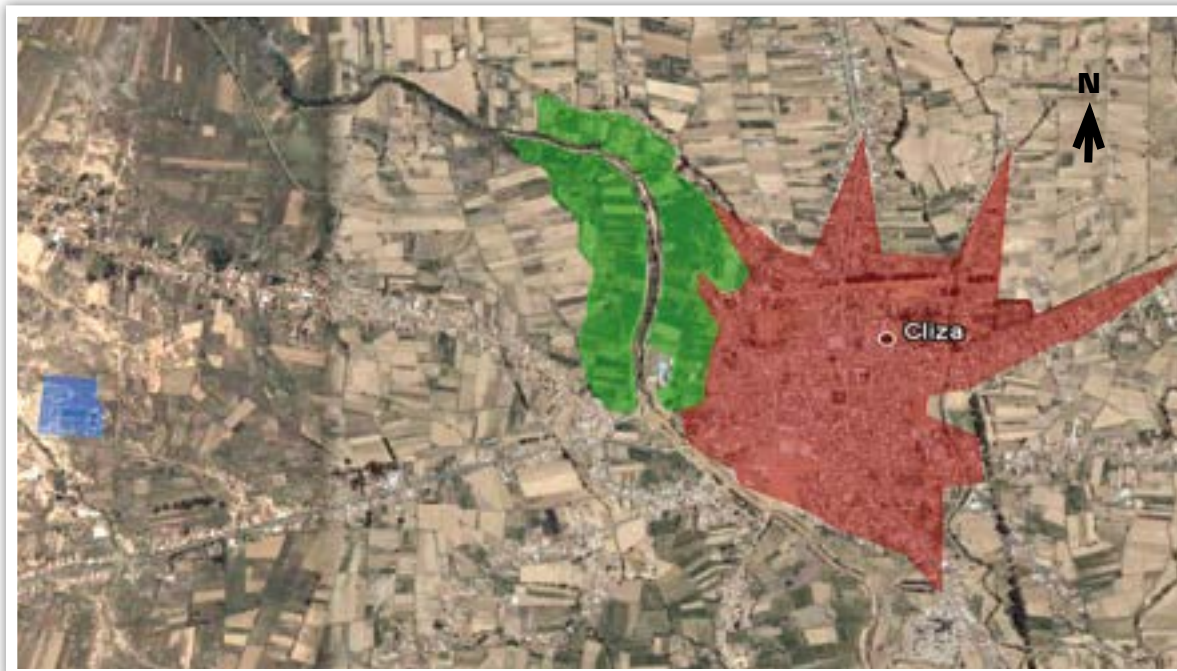
<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	10 l/s	<b>Antigüedad</b>	24 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	0 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipales</li> <li>• Desechos del matadero</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	-		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	85%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Anaeróbicas	
		Lagunas Facultativas	
		Lagunas de Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°56'2,7" O	<b>Latitud</b>	17°35'31" S	<b>Altura</b>	2.713 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 187943,4 E	<b>Y</b>	8053418,33 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	40 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Alfalfa, trigo y maíz		

### COMENTARIOS GENERALES

Cliza cuenta con una PTAR de aguas residuales a 2,5 km del centro de la ciudad. Tiene un tratamiento mediante un sistema de lagunas que actualmente no está en funcionamiento, ya que el agua no llega a su destino porque el emisario principal que la transporta se encuentra roto y toda el agua residual se vierte, sin ser tratada, directamente al río.

El Río Cliza es una de las principales fuentes de agua para riego de la zona, y a pesar de estar tan contaminada se utiliza para el riego de cultivos, en especial para alfalfa que es el principal alimento del ganado vacuno.

Actualmente, con el apoyo de la fundación Agua Tuya, se está realizando la construcción de un sistema de humedales artificiales para tratar las aguas residuales del municipio.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

## QUILLACOLLO/CB/012

<b>Municipio</b>	Quillacollo	<b>Población (INE)</b>	74.980 Hab.
<b>Cuenca de influencia</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	30 de septiembre 2010

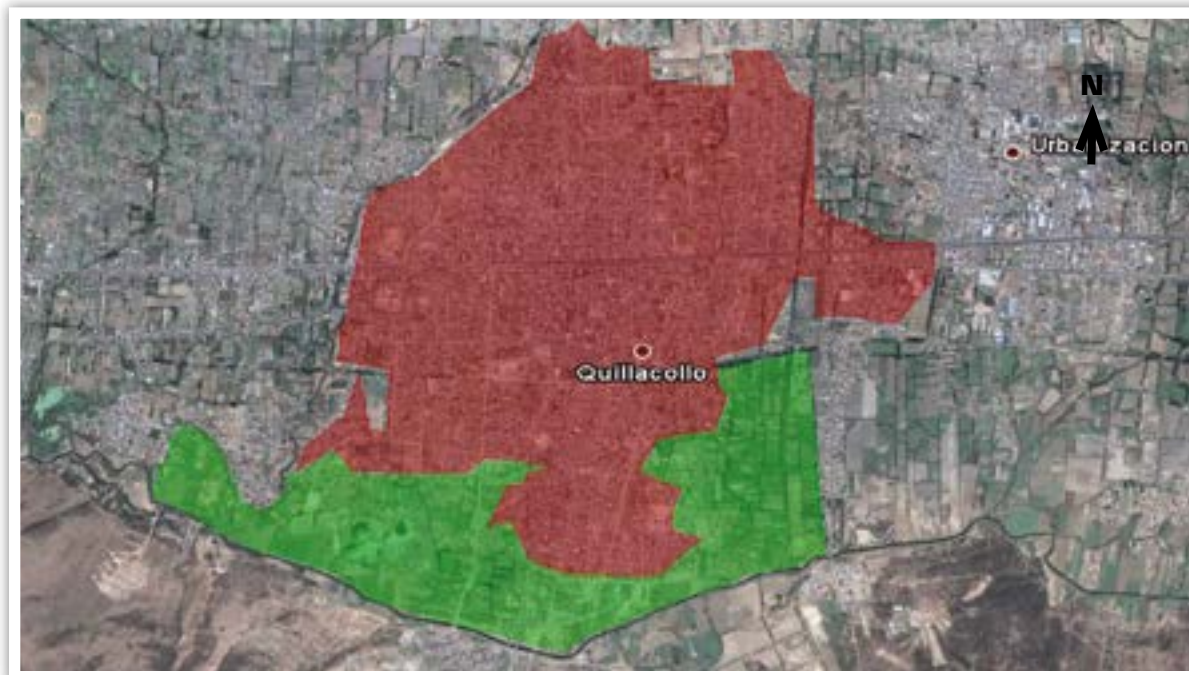


Vista del Río Rocha

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Matadero</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	20 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	39%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Rocha		



Agricultor regando con agua residual



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°16'51,89" O	<b>Latitud</b>	17°23'41,14" S	<b>Altura</b>	2.556 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K788891,10 E	<b>Y</b>	8074721.55 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	353 ha*	<b>Cultivos predominantes</b>	Cebolla, alfalfa, lechuga, haba, maíz

### COMENTARIOS GENERALES

Actualmente la red de alcantarillado de este municipio tiene como destino final el Río Rocha. La salida del sistema se divide en 6 diferentes puntos que, sin ningún tipo de tratamiento, van a incrementar los niveles de contaminación. En Quillacollo, al ser una zona industrial, uno de los principales problemas son los residuos de las fábricas, las cuales en su mayoría no cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales. El problema del reúso está en que los agricultores que tienen sus parcelas al lado del río, bombean el agua residual del Río Rocha para poder regar sus cultivos; asimismo, quienes se dedican a la ganadería, llevan su ganado a beber de esta agua.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

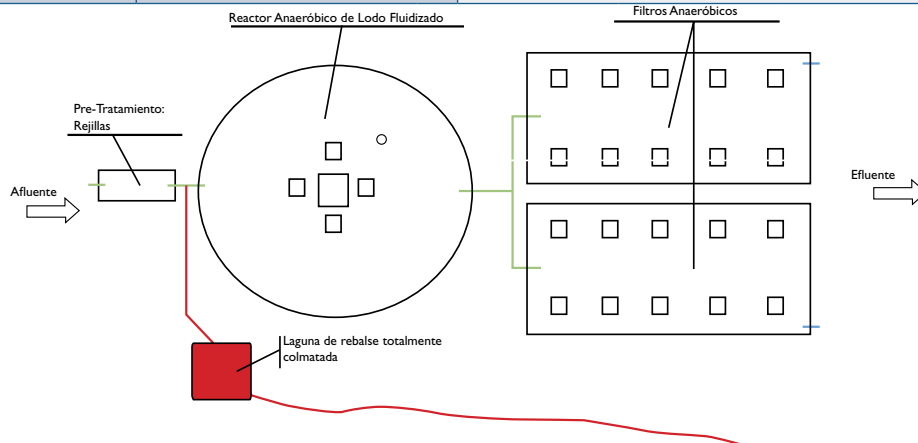
## EL PASO/CB/013

<b>Municipio</b>	Quillacollo	<b>Población (INE)</b>	3.344 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Caine	<b>Fecha de visita</b>	29 de octubre 2010



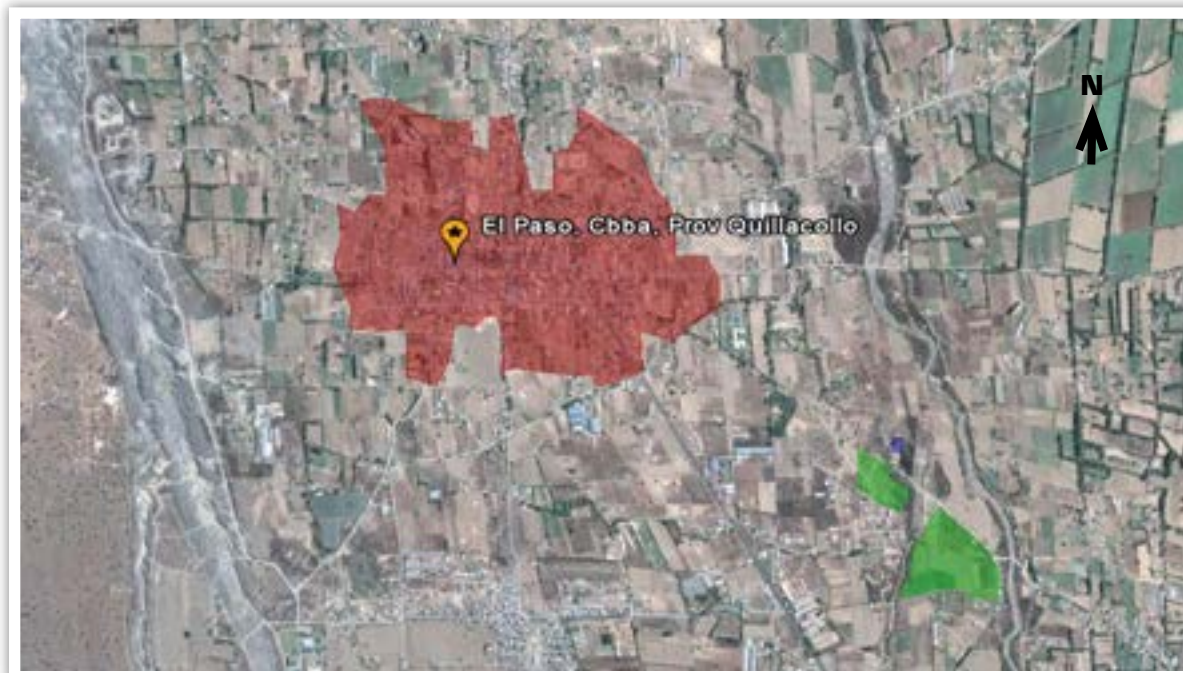
Vista de las aguas residuales al lado de la PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	15 l/s	<b>Antigüedad</b>	3 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	0 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	• Municipales
<b>Cuerpo receptor</b>	-		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	80%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	RALF	
	<b>Secundario</b>	Filtros Anaeróbicos	






Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°15'13,3" O	<b>Latitud</b>	17°20'39,5" S	<b>Altura</b>	2.620 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 791880 E	<b>Y</b>	8080264 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	8 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Flores, espinacas, lechugas, haba y maíz		

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de El Paso tiene solamente 3 años desde su construcción, pero según información de los trabajadores de la cooperativa de aguas, solamente funcionó tres meses debido a que el pre-tratamiento no recibió un mantenimiento continuo, provocando la colmatación y el cambio del curso del agua que se dirige hacia una laguna donde se acumula hasta su rebalse; solamente 0,5 l/s son tratados.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

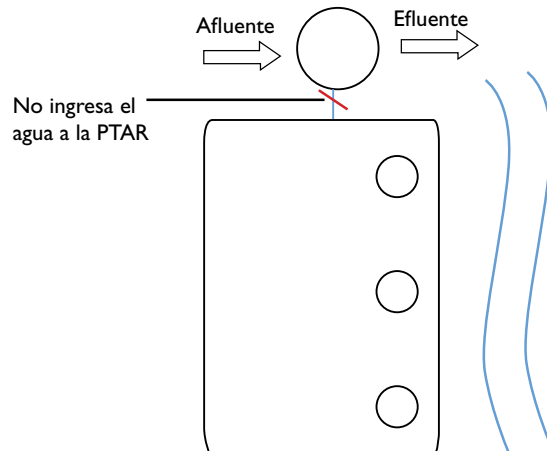
# SIPE SIPE/CB/014

<b>Municipio</b>	Sipe Sipe	<b>Población (INE)</b>	3.226 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	24 de septiembre 2010



Vista del agua de rebalse al ingreso a la PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	4 l/s	<b>Antigüedad</b>	15 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	12 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipales</li> <li>• Desechos de faenas</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	-		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	40%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	Filtros Anaeróbicos	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°21'27,1" O	<b>Latitud</b>	17°27'13,6" S	<b>Altura</b>	2.554 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 782179,2 E	<b>Y</b>	8068080,5 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	109 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Alfalfa, papa, zanahoria, cebolla, lechuga y haba		

### COMENTARIOS GENERALES

En el municipio de Sipe Sipe existe una PTAR con tratamiento de filtros anaeróbicos, pero que actualmente está colmatada por falta de mantenimiento, lo que provoca un rebalse que va directamente a formar un río de aguas servidas que en su recorrido sigue recibiendo contaminantes de lavaderos de autos y de las faenadoras de pollos, llegando a desembocar al Río Rocha.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

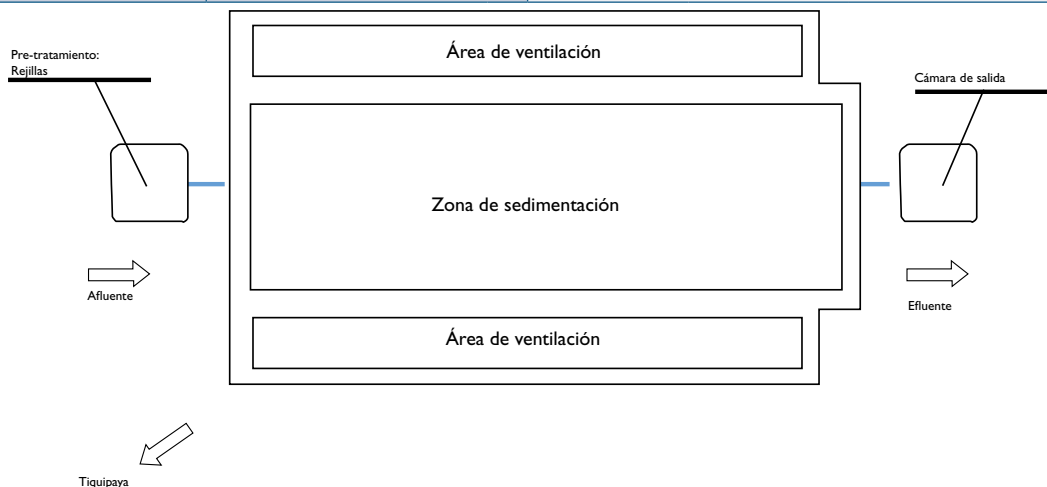
# TIQUIPAYA/CB/015

<b>Municipio</b>	Tiquipaya	<b>Población (INE)</b>	66.732 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	25 de julio 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	10 l/s	<b>Antigüedad</b>	24 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	20 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipales</li> <li>• Industriales</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Ángela Mayu		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	50%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	Tanque Imhoff	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°13'10.3" O	<b>Latitud</b>	17°20'17.8" S	<b>Altura</b>	2.619 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 794814,3 E	<b>Y</b>	8080032,6 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	60 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Alfalfa, espinaca, haba y maíz		

### COMENTARIOS GENERALES

El tratamiento de aguas de Tiquipaya se realiza mediante un Tanque Imhoff que fue construido hace 25 años, cuando la población tenía la mitad de habitantes que en la actualidad. Este tanque -perteneciente a la cooperativa de aguas- se encuentra totalmente deteriorado ya que no cuenta con una cámara de extracción de lodos, por lo tanto, para poder removerlos tuvieron que destruir el tanque, provocando fisuras que dejan escapar el agua; los lodos retirados fueron dispuestos al lado sin ningún tipo de cuidado y tratamiento.

El Tanque Imhoff desecha sus aguas al Río Ángela Mayu sin ningún tipo de tratamiento, las cuales son aprovechadas por los vecinos del lugar para regar.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

## VINTO/CB/016

<b>Municipio</b>	Vinto	<b>Población (INE)</b>	14.180 Hab.
<b>Cuenca de influencia</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	25 de octubre 2010

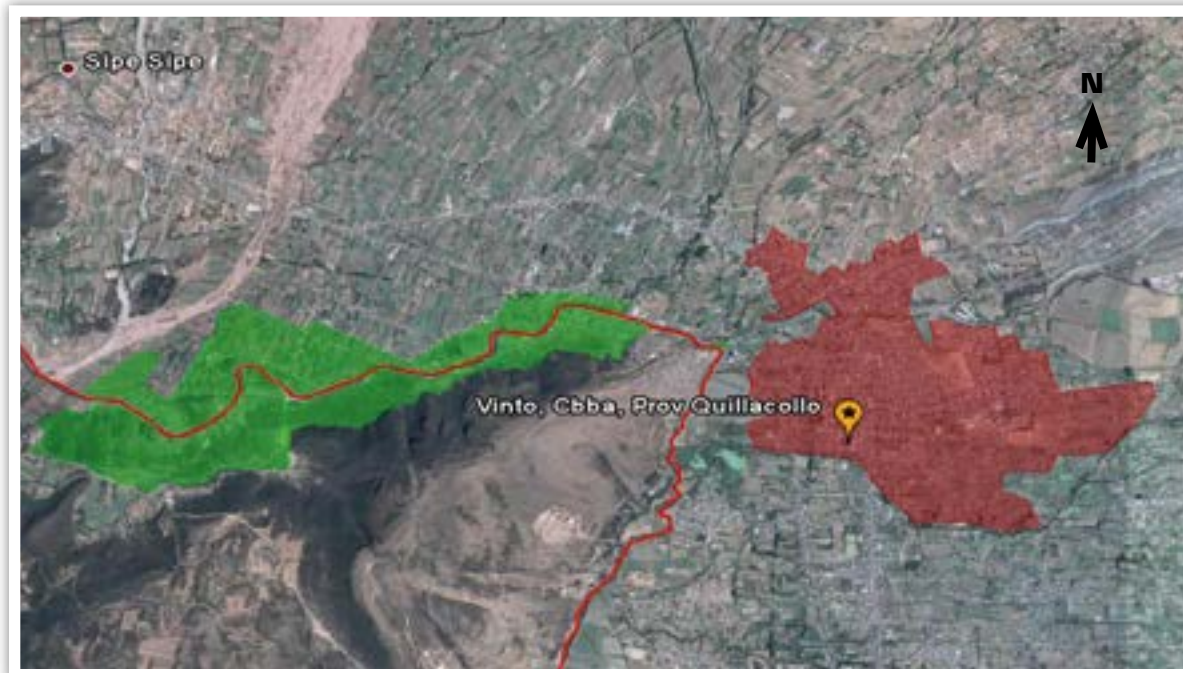


Vista del Río Rocha

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	12 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	68%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Rocha		



Río Rocha



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66° 18' 48,79" O	<b>Latitud</b>	17° 23' 49,22" S	<b>Altura</b>	2.552 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 785434,5 E	<b>Y</b>	8074526,1 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	289 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Haba, cebolla, lechuga, alfalfa, papa, haba		

### COMENTARIOS GENERALES

Vinto desemboca las aguas de su alcantarilla a una cámara de salida que las dirige directamente al Río Rocha, donde se mezcla con contaminantes provenientes de otros 6 municipios los cuales también desembocan sus aguas residuales a este río.

Diferentes comunidades aledañas al Río Rocha, que pertenecen al municipio de Sipe Sipe y Vinto, utilizan estas aguas sin tratamiento alguno; tienen canales de riego y diferentes sistemas para poder aprovechar el agua residual en la agricultura.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

## PAROTANI /CB/017

<b>Municipio</b>	Sipe Sipe	<b>Población (INE)</b>	1.908 Hab.
<b>Cuenca de influencia</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	27 de septiembre 2010

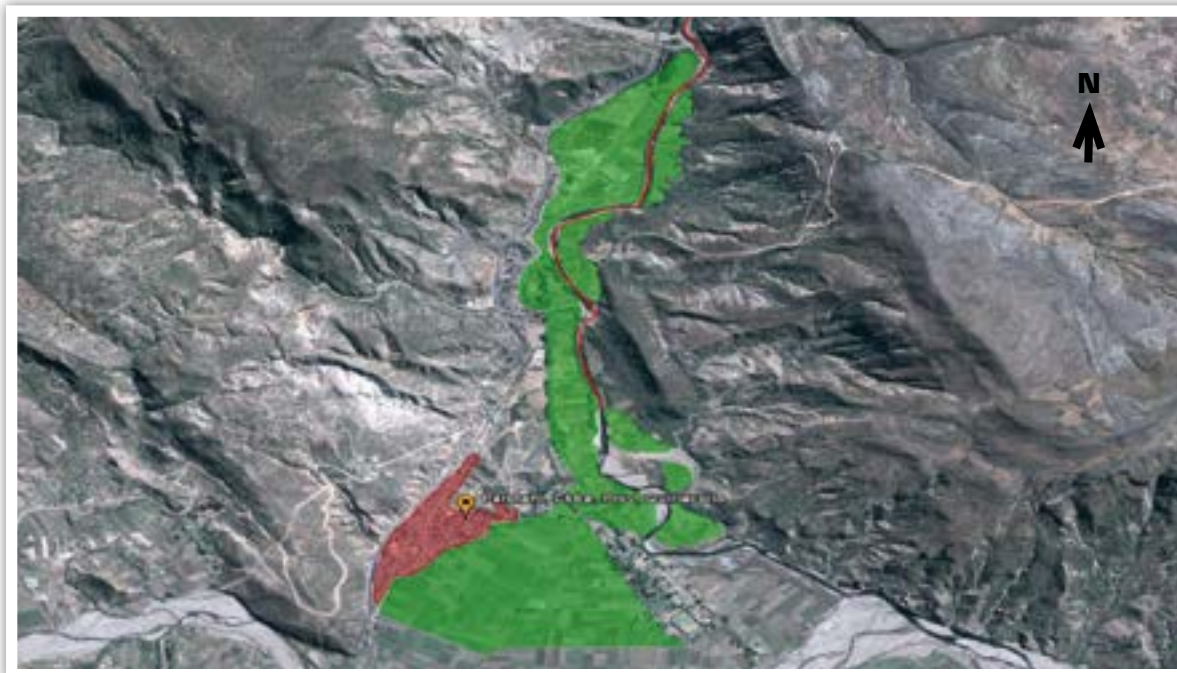


Vista Río Rocha

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	3l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	40%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Rocha		



Cultivos regados con aguas del Río Rocha



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°20'48,48" O	<b>Latitud</b>	17°34'03,31" S	<b>Altura</b>	2.470 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K782514,8 E	<b>Y</b>	8056472,05 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	93 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, alfalfa, lechuga, zanahoria, cebolla, maíz, haba, repollo		

### COMENTARIOS GENERALES

El Río Rocha recibe aguas servidas de las ciudades de Sacaba, Cochabamba, Tiquipaya, Colcapirhua, Quillacollo, Vinto, Sipe Sipe y de varias comunidades intermedias. Estas aguas son utilizadas para el riego de diferentes cultivos en la zona de Parotani, los cuales son comercializados en diferentes partes del país. A pesar de que el agua del Río Rocha es más clara en esta zona, por efectos de autopurificación, aún contiene distintos contaminantes que la caracterizan como aguas de calidad mínima.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

## SACABA/CB/018

<b>Municipio</b>	Sacaba	<b>Población (INE)</b>	92.581 Hab.
<b>Cuenca de influencia</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	02 de septiembre 2010

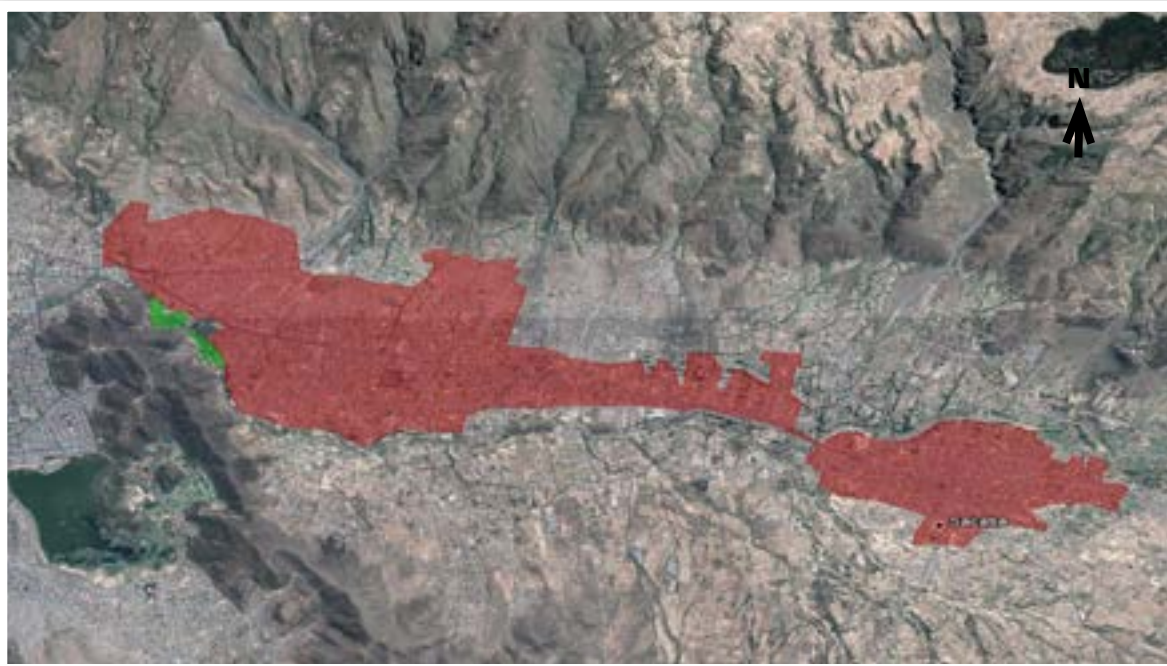


Vista del Río Rocha

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	40 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	50%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Rocha		



Cultivos de lechuga regados con aguas del Río Rocha



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66° 2'26.00" O	<b>Latitud</b>	17°24'14.06" S	<b>Altura</b>	2.719 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 814475,8 E	<b>Y</b>	8073323, 1 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	20 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Lechuga, tomate, espinaca, cebolla, alfalfa

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Sacaba, año tras año, aumenta su población considerablemente, lo que significa un mayor consumo y generación de agua residual e induce al incremento de la contaminación hídrica.

El principal problema identificado es que no cuenta con una PTAR, debido a que existe mucha oposición por parte de la población en realizar la construcción cerca a las viviendas.

Un aspecto a resaltar del reúso de aguas en Sacaba, es que el principal cultivo en el que se re-utiliza el agua es la lechuga, siendo un producto que principalmente se consume crudo y, en este caso, es regado con aguas de mínima calidad.

## TOTORA/CB/019

<b>Municipio</b>	Totora	<b>Población (INE)</b>	1.597 Hab.
<b>Cuenca de influencia</b>	Río Totora	<b>Fecha de visita</b>	8 de octubre 2010



Vista del Río Totora

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	• Domiciliarios
<b>Caudal de agua residual</b>	6 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	7%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Totora		



Conexiones de las viviendas hacia el Río Totora





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°11'28,5" S	<b>Latitud</b>	17°44'08,3" O	<b>Altura</b>	2.800 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K267640,21 E	<b>Y</b>	8037705,77 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	B		
<b>Área Estimada de Riego</b>	264 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Alfalfa, flores, durazno, zanahoria, haba, trigo		

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Totorá tiene un sistema de alcantarillado con una PTAR que actualmente está sin funcionamiento. El estudio no se realizó en el lugar porque el agua de la alcantarilla se dirige al río y no es aprovechada para regar; por esto, se vio conveniente hacer el estudio en el Río Totorá que alimenta a una parte del sistema de riego de Lahuachama.

Este río pasa por el centro urbano y las viviendas del municipio que no tienen conexión a la alcantarilla vierten sus residuos al río principal. En el transcurso al sistema de riego, el agua del río se autopurifica, por lo que el agua con que se riega es de buena calidad.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

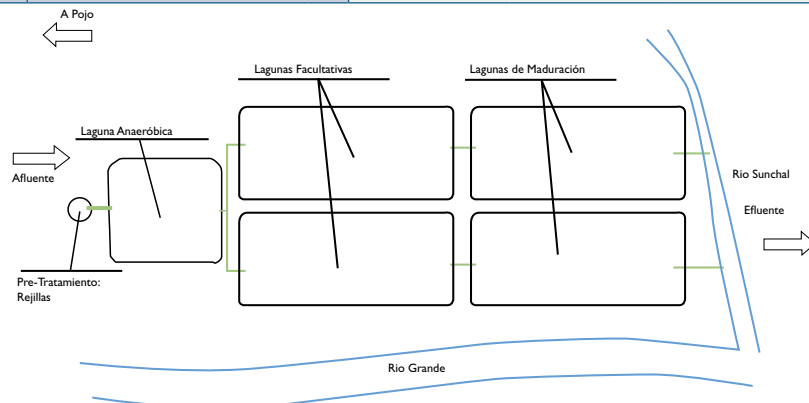
# POJO/CB/020

<b>Municipio</b>	Pojo	<b>Población (INE)</b>	786 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Ichilo	<b>Fecha de visita</b>	10 de septiembre 2010



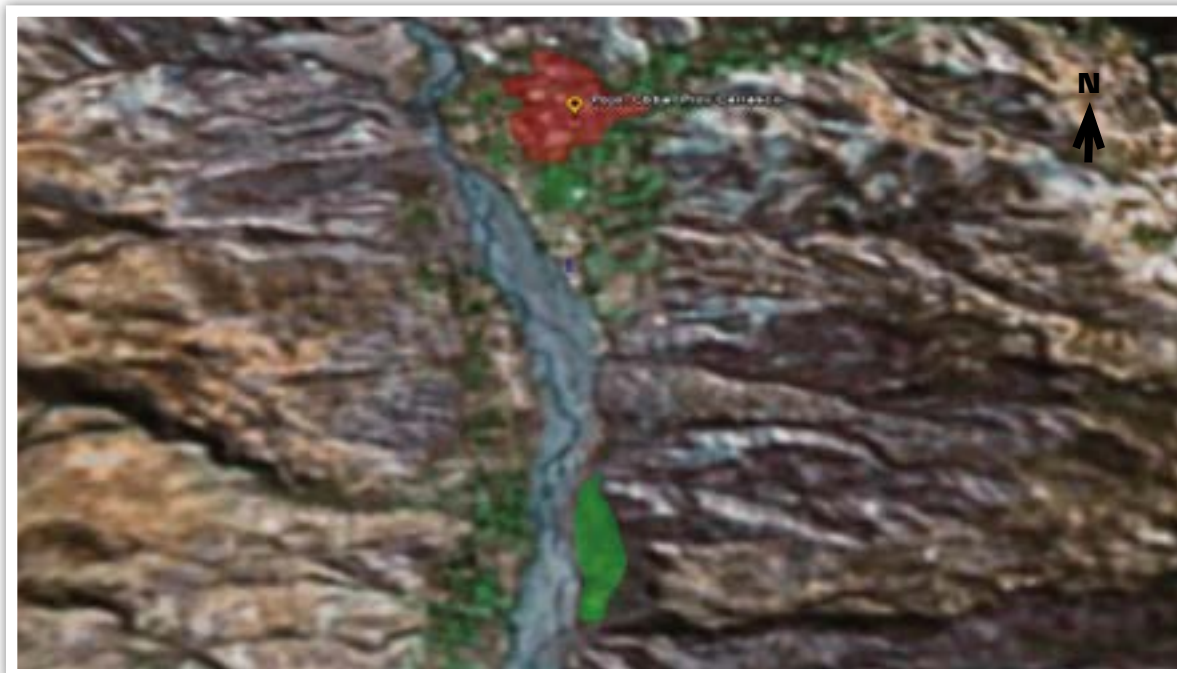
Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	10 l/s	<b>Antigüedad</b>	13 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	7 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Municipales</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Sunchal		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	70%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Anaeróbicas	
		Lagunas Facultativas	
		Lagunas de Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	64°51'47,1" O	<b>Latitud</b>	17°45'29,8" S	<b>Altura</b>	1.955 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 302584,4 E	<b>Y</b>	8034618,5 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	B		
<b>Área Estimada de Riego</b>	8 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Alfalfa, tomate, cebolla		

### COMENTARIOS GENERALES

La pequeña población de Pojo cuenta con una PTAR desde hace 13 años y recibe mantenimiento por parte de la alcaldía. Su efluente final desemboca en el Río Sunchal, que luego va a formar parte del Río Grande.

La primera parcela donde se reutiliza el agua para riego es a 1,4 km de la salida de la PTAR, por lo que el agua, en su curso, cumple un proceso de auto-purificación.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

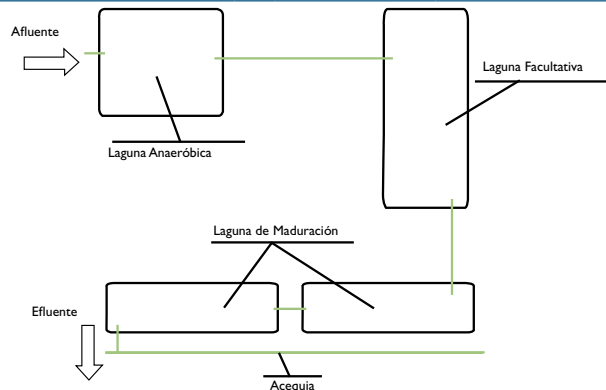
# MIZQUE/CB/021

<b>Municipio</b>	Mizque	<b>Población (INE)</b>	2.667 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Grande	<b>Fecha de visita</b>	08 de octubre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	6 l/s	<b>Antigüedad</b>	21 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	8 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Municipales</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Sunchal		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	-		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	No	
	<b>Secundario</b>	Laguna Anaeróbica	
		Laguna Facultativa	
		Lagunas de Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°20'29,92" O	<b>Latitud</b>	17°56'31,66" S	<b>Altura</b>	2.015 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 252384,9 E	<b>Y</b>	8014849,14 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	D
<b>Área Estimada de Riego</b>	55 ha*	<b>Cultivos predominantes</b>	Alfalfa, papa, haba, cebolla, lechuga

### COMENTARIOS GENERALES

Mizque actualmente tiene una PTAR que se encuentra totalmente colmatada y en completo abandono, esto debido a que el municipio está en proceso de construcción de un nuevo sistema de alcantarillado que incluye una nueva PTAR de mayor capacidad.

El agua del efluente de la PTAR va a mezclarse con aguas del Río Mizque, y es ahí donde la mayoría de los contaminantes se disuelven.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

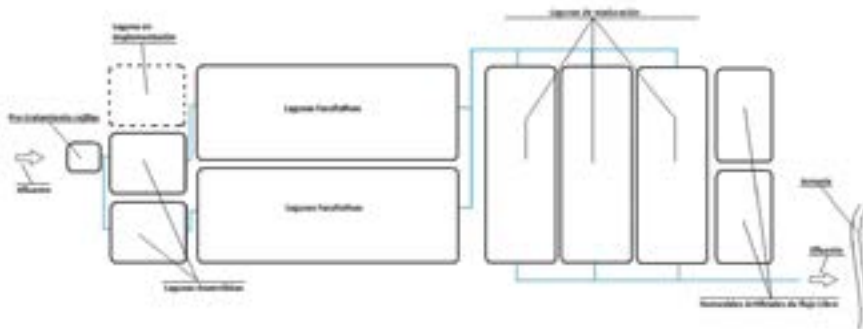
# PUNATA/CB/022

<b>Municipio</b>	Punata	<b>Población (INE)</b>	14.742 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	14 de junio 2010



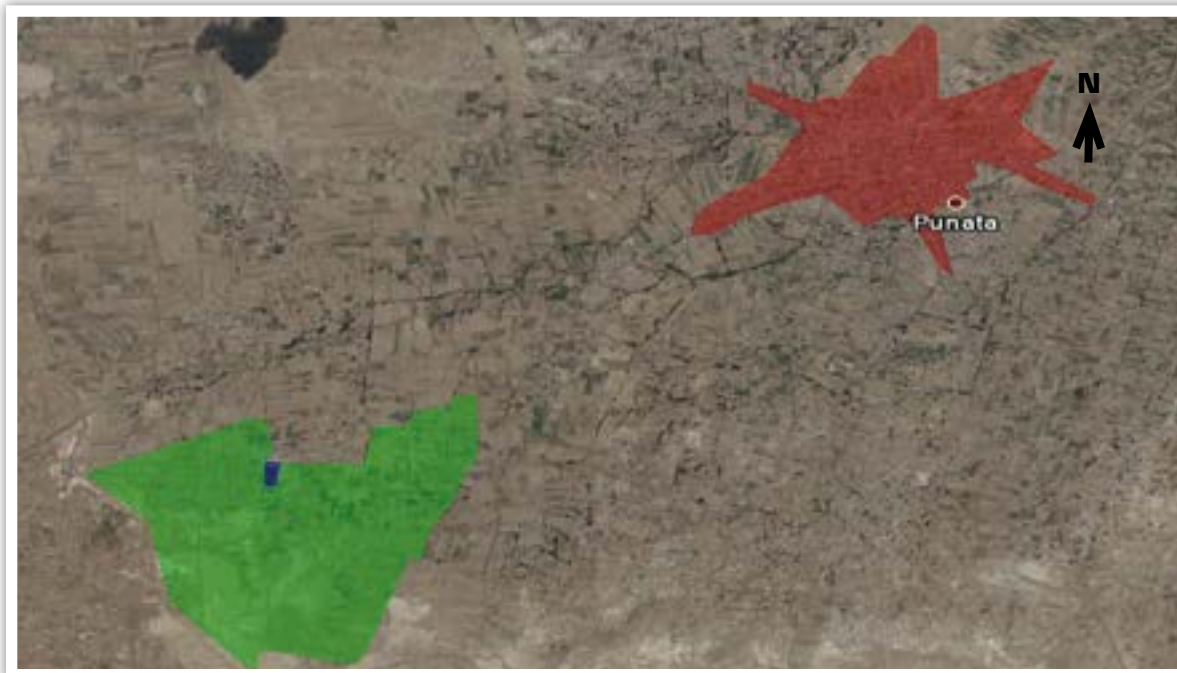
Vista de la acequia con agua del efluente de la PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	15 l/s	<b>Antigüedad</b>	16 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	30 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Municipales</li> <li>• Desechos de curtiembres</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	Acequia		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	95%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Anaeróbicas	
		Lagunas Facultativas	
		Lagunas de Maduración	
		Humedales Artificiales de flujo libre	






Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°50'10,4" O	<b>Latitud</b>	17°32'43" S	<b>Altura</b>	2.711 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 0194275 E	<b>Y</b>	8054456 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	271 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Haba, papa holandesa, maíz, trigo y quinua		

### COMENTARIOS GENERALES

La zona donde se re-utiliza el agua residual proveniente de la mancha urbana en Punata es una zona agrícola, principalmente productora de maíz; en este sector se encuentra la PTAR que recibe el 95% de todas las aguas servidas de Punata.

La PTAR no presenta buenos resultados y tiene en su efluente aguas de baja calidad, esto debido principalmente a la falta de O y M.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

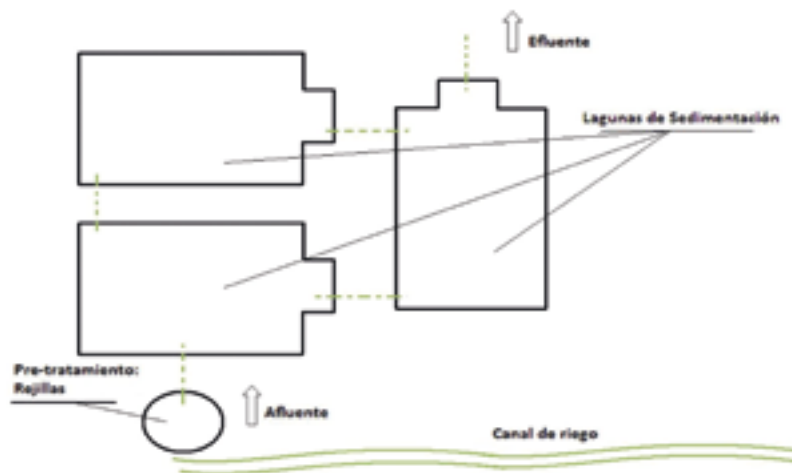
## TIRAQUE/CB/023

<b>Municipio</b>	Tiraque	<b>Población (INE)</b>	1.906 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Caine	<b>Fecha de visita</b>	26 de octubre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	10 l/s	<b>Antigüedad</b>	4 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	8 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Municipales</li> </ul>
<b>Cuerpo receptor</b>	Acequia		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	50%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	Lagunas de Sedimentación	



Flujograma PTAR





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°43'44,23" O	<b>Latitud</b>	17°26'12,66" S	<b>Altura</b>	3.251 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 210114,1 E	<b>Y</b>	8069952,65 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	7 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Haba, papa, maíz, flores y alfalfa

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Tiraque fue construida el año 2006 y a la fecha está totalmente fuera de uso. Debido a un inadecuado pre-tratamiento, hubo un rebalse en el ingreso, hecho que los vecinos del lugar aprovecharon para construir un canal directamente hacia la acequia y así poder utilizar el agua en el riego de sus cultivos.

6.4. Fichas Resumen Oruro

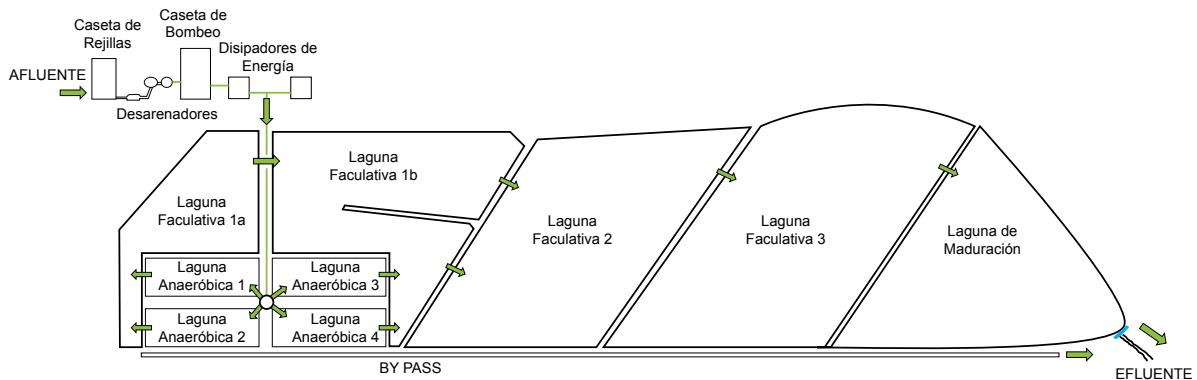
# ORURO/OR/001

<b>Municipio</b>	Oruro	<b>Población (INE)</b>	242.263 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Poopó	<b>Fecha de visita</b>	12 de octubre 2010



Vista de salida efluente de la PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	1452 l/s	<b>Antigüedad</b>	7 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	148 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Hospitalarios</li> <li>• Industriales</li> <li>• Matadero</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Lago Uru-Uru		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	82%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas Desarenador	
	<b>Secundario</b>	4 Lagunas Anaeróbicas	
		2 Lagunas Facultativas	
		1 Laguna de Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	67°6'53,5" O	<b>Latitud</b>	17°58'10,3" S	<b>Altura</b>	3.731 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 699624,2 E	<b>Y</b>	8012166,9 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	C		
<b>Área Estimada de Riego</b>	358 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, cebada, alfalfa		

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de aguas servidas está situada en la zona sudeste de la ciudad de Oruro, entre las comunidades Quitaya y Sora. Se calculó para la misma una vida útil de 50 años con el fin de que tenga ciertas ampliaciones.

La construcción de la planta está diseñada para el tratamiento de aguas servidas de 270.000 habitantes (incluidas industrias) con un caudal promedio de 402 l/s y 1050 l/s de agua pluvial. El inicio de las operaciones experimentales de la PTAR se efectivizó en Agosto de 2004 (Fase I: puesta en marcha, sistematización y gestión administrativa de servicios).

Según el proyecto, por razones económicas y de protección ecológica, el efluente podría ser usado para fines de riego y también en piscicultura, siendo una de las opciones de descarga del mismo al Lago Uru Uru.

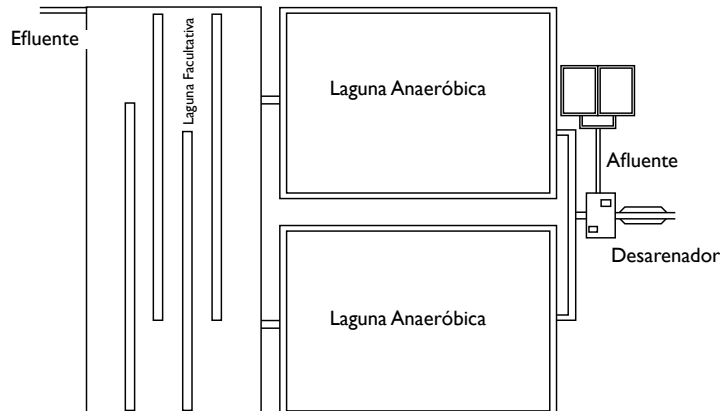
## CARACOLLO/OR/002

<b>Municipio</b>	Oruro	<b>Población (INE)</b>	242.263 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Poopó	<b>Fecha de visita</b>	12 de octubre 2010



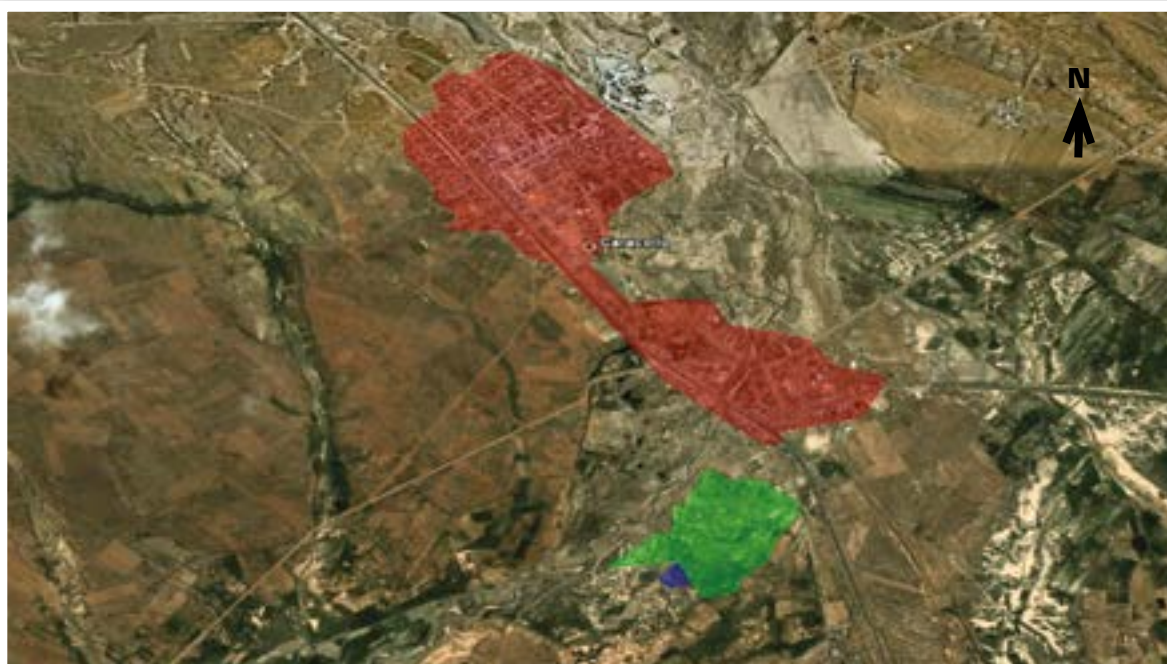
Afluente vertido en terrenos aledaños a PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	50 l/s	<b>Antigüedad</b>	2 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	12 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Hospitalarios</li> <li>• Industriales</li> <li>• Matadero</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	-		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	45%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas clasificadoras	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Anaeróbicas	
		Lagunas Facultativas	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	67°13'09,2" O	<b>Latitud</b>	17°38'28,1" S	<b>Altura</b>	3.731 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 689049,8 E	<b>Y</b>	8049047,4 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	24 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Papa

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR del municipio de Caracollo se encuentra ubicada a 1 km de la población. Respecto a su tecnología de pre-tratamiento, posee un desarenador y lagunas para Tratamiento Secundario. Estuvo en funcionamiento durante dos meses después de su entrega, pero actualmente no está en funcionamiento debido a problemas legales entre la alcaldía y el dueño actual del predio donde fue construida la planta.

Por falta de cumplimiento de compromisos de parte de la alcaldía, el dueño del lugar cerró la entrada de las aguas residuales a la planta en una de las cámaras del emisor, lo que ahora está produciendo un rebalse de estas aguas en todo el trayecto a la planta.

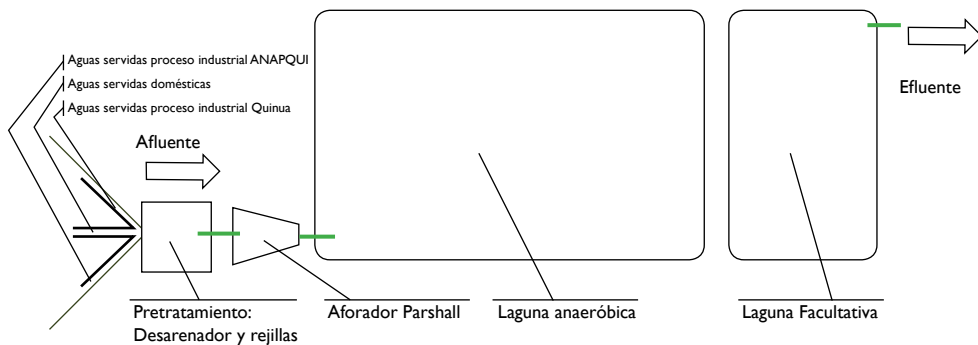
# CHALLAPATA/OR/003

<b>Municipio</b>	Challapata	<b>Población (INE)</b>	8.837 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Poopó	<b>Fecha de visita</b>	10 de septiembre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	10 l/s	<b>Antigüedad</b>	12 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	13 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industrial</li> <li>• Doméstico</li> <li>• Hospitalario</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	-		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	60%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Secundario</b>	Laguna Anaeróbica	
		Laguna Facultativa	



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°46'8.76" O	<b>Latitud</b>	18°54'4.89" S	<b>Altura</b>	3.727 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 733114 E	<b>Y</b>	7908837 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	13 Ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Quinoa, alfalfa y cebada

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Challapata, ubicada en la carretera a Potosí, está actualmente en desuso ya que no existen fondos para su mantenimiento. Fue construida el año 1998 y contaba con un laboratorio para el análisis de aguas residuales, pero quedó en abandono por la falta de personal capacitado para su uso; en la actualidad, el laboratorio se encuentra desmantelado.

## CURAHUARA DE CARANGAS/OR/004

<b>Municipio</b>	Curahuara de Carangas	<b>Población (INE)</b>	5,278 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Desaguadero	<b>Fecha de visita</b>	17 de septiembre 2010



Fuente de agua

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Caudal de Agua Residual</b>	-	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	-



Comunario con cultivo característico de la zona





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	68°24'30,9" O	<b>Latitud</b>	17°50'34,5" S	<b>Altura</b>	3.913 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 562662,1 E	<b>Y</b>	8027090,2 S		
<b>Reúso</b>	Indirecto Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	17 ha*		<b>Cultivos predominantes</b>	Zanahoria, cebada, papa		

### COMENTARIOS GENERALES

La población del municipio de Curahuara de Carangas no posee PTAR de aguas residuales, sino únicamente pozos ciegos, letrinas y, en algún caso, pozos sépticos.

La fuente de agua para las actividades agrícolas es la quebrada Umañuma, considerada riesgosa para los pobladores de la zona ya que arrastra algunas partículas minerales provenientes de la actividad minera aguas arriba.

Además, algunas zonas se convirtieron en baños públicos, por lo que las aguas también arrastran consigo sustancias y deposiciones humanas; esto representa un peligro para la población que vive de las aguas de esta quebrada. Es por esto que el punto considerado para muestreo y diagnóstico fue la quebrada de Umañuma.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

## POOPÓ/OR/005

<b>Municipio</b>	Poopó	<b>Población (INE)</b>	74.980 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Poopó	<b>Fecha de visita</b>	28 de Septiembre 2010



Vista del Río Poopó

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Mineros</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Caudal de agua residual</b>	7 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	13%



Efluente que llega al río



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°57'57,1" O	<b>Latitud</b>	18°22'49,2" S	<b>Altura</b>	3.733 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 714909,6 E	<b>Y</b>	7966536,7 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	11 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Forrajeros		

### COMENTARIOS GENERALES

En este municipio, las excretas humanas son vertidas a la red de alcantarillado para ser evacuadas al Río Poopó sin recibir ningún tipo de tratamiento, causando la contaminación del mismo.

En las orillas del Río Poopó se ha identificado especies vegetales como Paja Brava (*Stipa ichu*), Lampaya (*Baccharis sp*), Kuchu (*Poa sp*), Añahuaya (*Adesmia sp*); por las características especiales de bajo nivel del agua y restos de actividad minera que se da en este río, la vegetación que predomina son los pastos rastreros y totorales en las aguas de desechos minerales.

A ambos lados del río se pudo observar cultivos agrícolas de consumo interno, de sobrevivencia y cultivos forrajeros silvestres e introducidos.

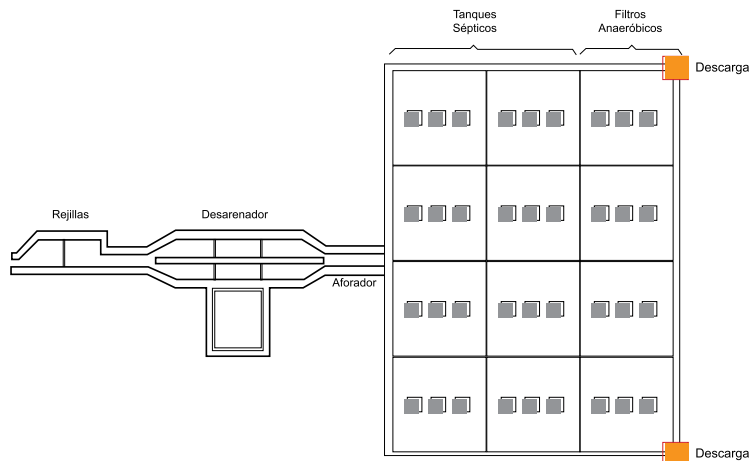
# HUANUNI/OR/006

<b>Municipio</b>	Huanuni	<b>Población (INE)</b>	19.428 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Poopó	<b>Fecha de visita</b>	22 de septiembre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	15 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	7 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> <li>• Matadero</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Huanuni		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	35%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Primario</b>	Tanques Sépticos	
	<b>Secundario</b>	Filtros Anaeróbicos	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°50'14.11" O	<b>Latitud</b>	18°17'13.22" S	<b>Altura</b>	3.924 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 727174 E	<b>Y</b>	7977470 S		
<b>Reúso</b>	No en riego como abrevadero para el ganado		<b>Agua de Riego Clase</b>		<D	
<b>Área Estimada de Riego</b>	-		<b>Cultivos predominantes</b>		-	

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Huanuni actualmente se encuentra abandonada por falta de mantenimiento. Se prevé construir otra planta en el sector de Viluyo, ya que la PTAR actual quedó dentro del radio urbano de Huanuni. Los comunarios llevan a su ganado (vacuno, ovino y porcino) a las inmediaciones de la PTAR para que consuma el agua que no recibe ningún tipo de tratamiento. Las aguas del afluente son evacuadas directamente a canales secundarios y posteriormente al Río Huanuni, que también se ve afectado por las aguas provenientes de la actividad minera.

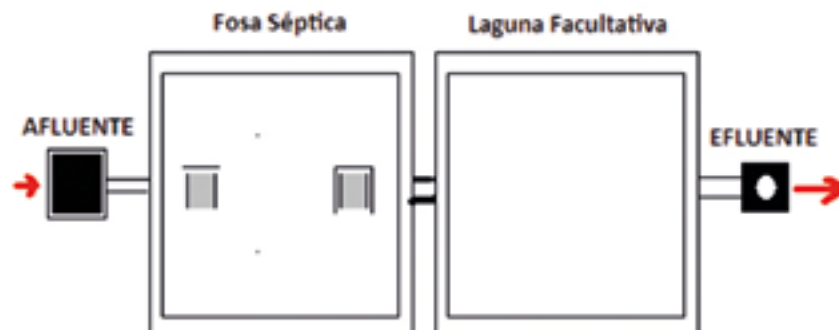
## SALINAS DE GARCI MENDOZA/OR/007

<b>Municipio</b>	Salinas de Garci Mendoza	<b>Población (INE)</b>	584 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Uyuni	<b>Fecha de visita</b>	3 de noviembre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	3 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	8 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Industriales</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Rio Waykho Jahuira		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	30%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Cámara de Sedimentación	
	<b>Primario</b>	Fosa Séptica	
	<b>Secundario</b>	Laguna Facultativa	






Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	67°40'30,6" O	<b>Latitud</b>	19°38'16,5" S	<b>Altura</b>	3.733 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 638918,2 E	<b>Y</b>	7828049,4 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	16 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Quinua, papa, alfalfa		

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR del municipio de Salinas de Garci Mendoza se encuentra en la zona sud del municipio; su capacidad fue sobrepasada ya que la cantidad de aguas residuales generadas superó la estimada en su diseño, hecho que ocasionó su colapso; por otra parte, la falta de mantenimiento y limpieza hizo que el exceso de sedimentos produjeran rebalses, convirtiendo la zona en un foco de infección y causando que la planta se encuentre en un estado total de abandono.

## PAMPA AULLAGAS/OR/008

<b>Municipio</b>	Pampa Aullagas	<b>Población (INE)</b>	584 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Poopó	<b>Fecha de visita</b>	2 de noviembre 2010



Afluente vertido en terrenos aledaños a PTAR

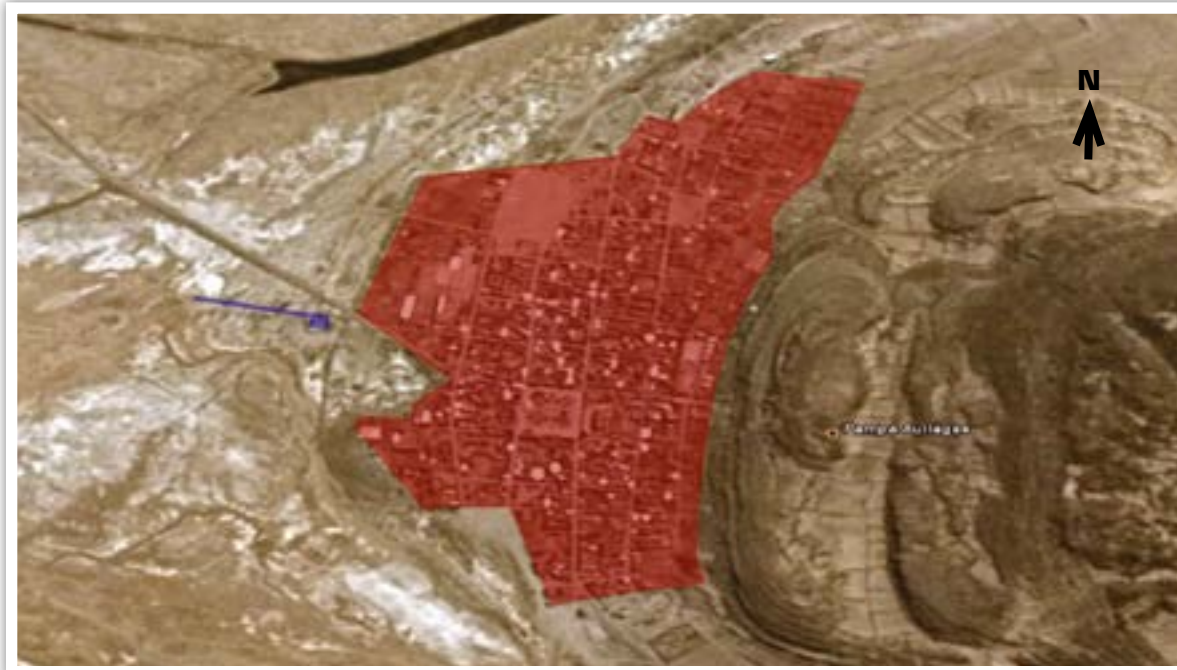
<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	5 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	2 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comercio</li> <li>• Ganadería</li> <li>• Agricultura</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	-		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	24%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Tratamiento primario</b>	Tanque Séptico	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	67°03'41,7" O	<b>Latitud</b>	19°11'47,2" S	<b>Altura</b>	3.708 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 703806,7 E	<b>Y</b>	7876294,8 S		
<b>Reúso</b>	No		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	-		<b>Cultivos predominantes</b>	Quinua		

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Pampa Aullagas se encuentra a 1 km de la comunidad, camino a Orinoca, y presenta una fosa séptica que separa las partes sólidas del agua servida por un proceso de sedimentación. El agua tratada es vertida a 30 m de la fosa séptica, conducida por una tubería que descarga el efluente en un terreno aledaño a la carretera hacia Orinoca.

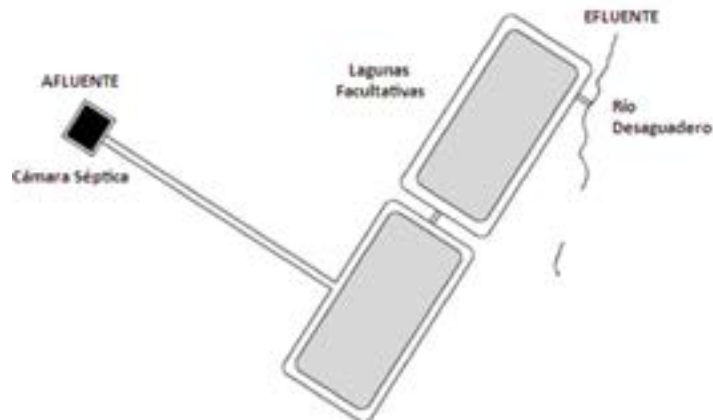
## CHUQUIÑA/OR/009

<b>Municipio</b>	Toledo	<b>Población (INE)</b>	871 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Desaguadero	<b>Fecha de visita</b>	23 de octubre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	12 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	5 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Desaguadero		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	80%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Primario</b>	Cámara Séptica	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Facultativas	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	67°28'7,53" O	<b>Latitud</b>	17°48'11,5" S	<b>Altura</b>	3.752 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 662367,7 E	<b>Y</b>	8030899,7 S		
<b>Reúso</b>	Aguas Abajo		<b>Agua de Riego Clase</b>		<D	
<b>Área Estimada de Riego</b>	-		<b>Cultivos predominantes</b>		Papa, haba	

### COMENTARIOS GENERALES

Chuquiña ha recibido el apoyo de la empresa minera Inti Raymi para la implementación del sistema de alcantarillado sanitario, así como también para la construcción de la PTAR.

Actualmente, tanto el pueblo como la empresa poseen PTAR por separado, sin embargo, ambas vierten sus aguas al Río Desaguadero.

La PTAR de Chuquiña posee una fosa séptica donde sedimentan los sólidos, el líquido es transportado por tuberías hacia las lagunas facultativas, para luego ser desechadas al Río Desaguadero.

Por otra parte, la empresa cuenta con su propia PTAR y también vierte su efluente al Río Desaguadero.

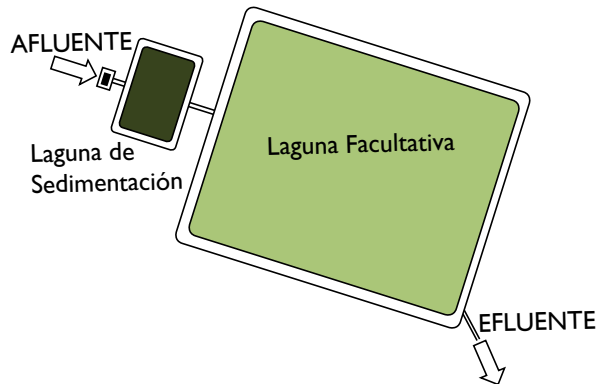
# EUCALIPTUS/OR/010

<b>Municipio</b>	Eucaliptus	<b>Población (INE)</b>	2.474 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Desaguadero	<b>Fecha de visita</b>	23 de octubre 2010



Problema de basura PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	10 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	5 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Desaguadero		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	30%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Ninguno	
	<b>Primario</b>	Laguna de Sedimentación	
	<b>Secundario</b>	Laguna Facultativa	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	67°30'29,6" O	<b>Latitud</b>	17°35'43,4" S	<b>Altura</b>	3.742 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 658268,2 E	<b>Y</b>	8053939,7 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	6 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Quinua, trigo

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Eucaliptus se encuentra a menos de 1 km hacia el sud de la población, consta de dos lagunas: una de sedimentación y una facultativa; no posee tratamiento primario ni rejillas. Según el técnico de la Alcaldía, la segunda laguna rebalsa en época de lluvia, y en caso de que se llene, dicha entidad se encarga de bombear el agua hacia terrenos aledaños a la PTAR.

El alambrado perimetral que posee la planta no ofrece la seguridad necesaria para evitar que los animales caigan en las lagunas, las cuales se asemejan a reservorios de basura y no cuentan con un sistema de disposición de lodos.

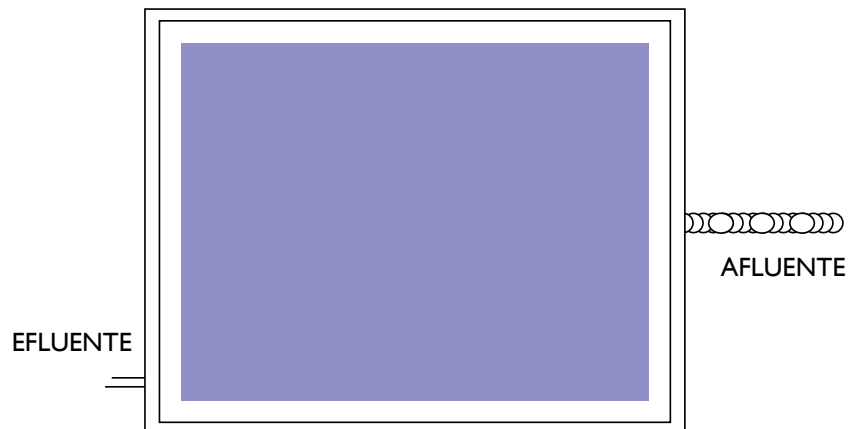
# SANTIAGO DE HUARI/OR/011

<b>Municipio</b>	Santiago de Huari	<b>Población (INE)</b>	2.999 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Poopó	<b>Fecha de visita</b>	25 de octubre 2010



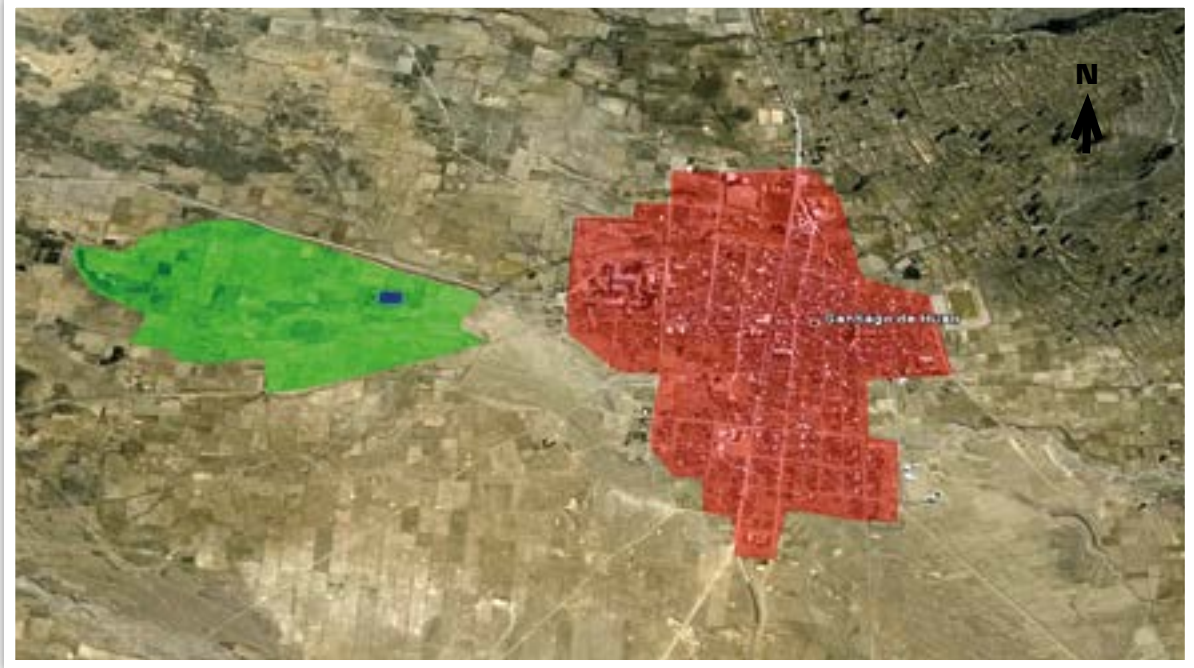
Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	10 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	7 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> <li>• Industriales</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Canal de riego		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	70%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	No tiene	
	<b>Secundario</b>	Laguna Anaeróbica	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°46'35,5" O	<b>Latitud</b>	19°00'44.11" S	<b>Altura</b>	3.745 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 734048,8 E	<b>Y</b>	7896341,3 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	50 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Haba, papa, quinua, trigo, cebada		

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Huari no cuenta con una PTAR, únicamente posee una fosa que cumple la función de laguna anaeróbica donde todas las aguas del municipio confluyen. Cabe mencionar que las aguas residuales de la cervecería son tratadas en su interior y parte de ellas van al alcantarillado que desemboca en la fosa y otro porcentaje es vertido al río.

La implementación de una PTAR se encuentra dentro del POA del municipio, pero es una prioridad el mejorar, en primera instancia, la distribución de agua potable.

Teniendo conocimiento de la existencia de curtiembres en el municipio, es de suma importancia conocer las concentraciones de cromo que poseen las aguas residuales por los riesgos que esto conlleva. A pesar de que los cultivos contienen sistemas que hacen posible gestionar la asimilación de cromo para que ésta sea lo suficientemente baja. La acidificación del suelo puede también influir en la captación de cromo por los cultivos.

Las plantas, usualmente absorben sólo Cromo (III), pues esta clase probablemente es esencial, pero cuando las concentraciones exceden cierto valor, los efectos negativos son elevados.

6.5. Fichas Resumen Potosí

**POTOSÍ/PT/001**

<b>Municipio</b>	Potosí	<b>Población (INE)</b>	132.966 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	20 de noviembre 2010



Agua residual vertida directamente al río

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	Mineros, domésticos, hospitalarios, industriales
<b>Caudal de Agua Residual</b>	144 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	80%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río San Miguel		



Curso del río





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°45'22,4" O	<b>Latitud</b>	19°34'59,7" S	<b>Altura</b>	3.946 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 210856,9 E	<b>Y</b>	7832315,1 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	45 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Cebada, trigo, papa y haba

### COMENTARIOS GENERALES

En la actualidad, la ciudad de Potosí no cuenta con una PTAR. El vertido de excretas humanas es directamente al alcantarillado sanitario y éste, a su vez, evacúa al Río San Miguel sin recibir ningún tipo de tratamiento. El sistema de Alcantarillado y Agua Potable del área urbana del municipio de Potosí se encuentra bajo la administración y ejecución de Administración Autónoma para Obras Sanitarias (AAPOS).

## YOCALLA/PT/002

<b>Municipio</b>	Yocalla	<b>Población (INE)</b>	586 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	27 de noviembre 2010



Río Pilcomayo

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Industriales</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Caudal agua residual</b>	4 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	30%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Pilcomayo		



Área y canales de riego



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°54'32,5" O	<b>Latitud</b>	19°23'23,9" S	<b>Altura</b>	3.410 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 194438,9 E	<b>Y</b>	7853442,7 S		

<b>Reúso</b>	Indirecto, sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	17 ha*	<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, zanahoria, cebolla

### COMENTARIOS GENERALES

Las aguas del Río Pilcomayo son re-utilizadas para el riego de cultivos. Este río presenta serios problemas de contaminación a lo largo de su cauce.

\* Superficie regada con fuentes de agua complementarias.

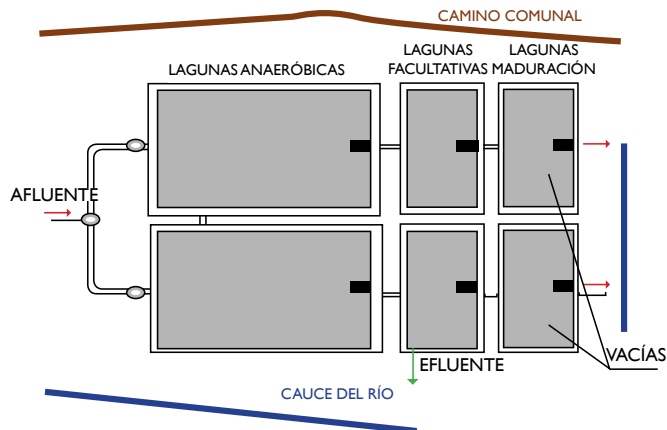
# UNCÍA/PT/003

<b>Municipio</b>	Uncía	<b>Población (INE)</b>	5.709 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Mamoré	<b>Fecha de visita</b>	10 de octubre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	2 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	8 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> <li>• Mineros</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Rio Athata		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	45%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Secundario</b>	Lagunas Anaeróbicas	
		Lagunas Facultativas	
		Lagunas de Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°33'56,2" O	<b>Latitud</b>	18°27'56,1" S	<b>Altura</b>	3.848 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19K 757085,7 E	<b>Y</b>	7956566,5 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	16 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, haba, forraje		

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR del municipio de Uncía fue construida hace 2 años y se encuentra al oeste de la población; presenta dos lagunas anaeróbicas, dos facultativas y dos de maduración. Actualmente, las lagunas anaeróbicas están llenas y una de las lagunas facultativas está en proceso de ser llenada, mientras que las de maduración aún no se encuentran en uso. De una de las lagunas facultativas se bombea agua para riego hacia un terreno aledaño a la planta.

## LLALLAGUA/PT/004

<b>Municipio</b>	Llallagua	<b>Población (INE)</b>	20.065 Hab.
<b>Cuenca de influencia</b>	Mamoré	<b>Fecha de visita</b>	12 de octubre 2010

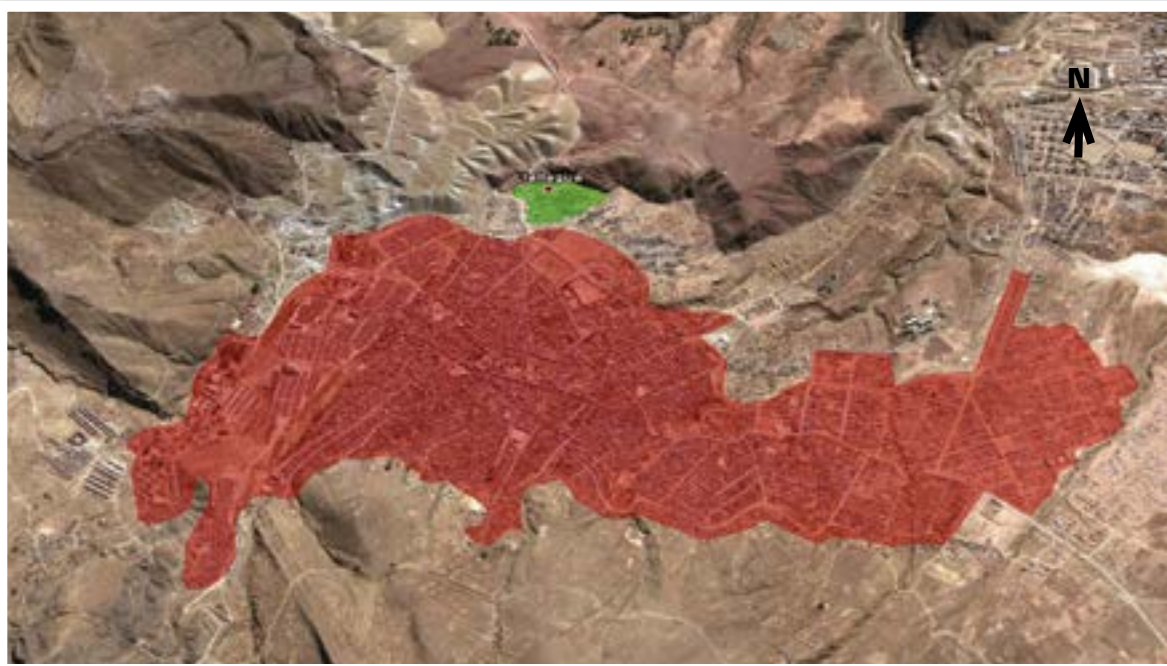


Canal de agua residual y minera




<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	Domésticos, mineros, hospitalarios
<b>Caudal de agua residual</b>	5 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	75%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Llallagua		



Residuos sólidos, mineros y agua residual que llegan al Río Llallagua



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	66°35'7,7" O	<b>Latitud</b>	18°25'23" S	<b>Altura</b>	3.893 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 755055 E	<b>Y</b>	7961309 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	4 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, haba, papalisa, cebada		

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Llagua no cuenta con una PTAR, por lo que el sistema de alcantarillado desemboca al río. Siendo un centro minero, los niveles de contaminación a causa del agua servida generada por las actividades mineras en sus diferentes etapas, producen efluentes que son evacuados por medio de un canal hacia la laguna de oxidación, estos residuos están formados por aguas ácidas y microorganismos patógenos; el problema se genera a causa del rebalse de dichas aguas por la poca capacidad y la mala calidad del canal conductor. Actualmente, todos estos desechos son vertidos al río.

## BETANZOS/PT/005

<b>Municipio</b>	Potosí	<b>Población (INE)</b>	4.168 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	29 de noviembre 2010



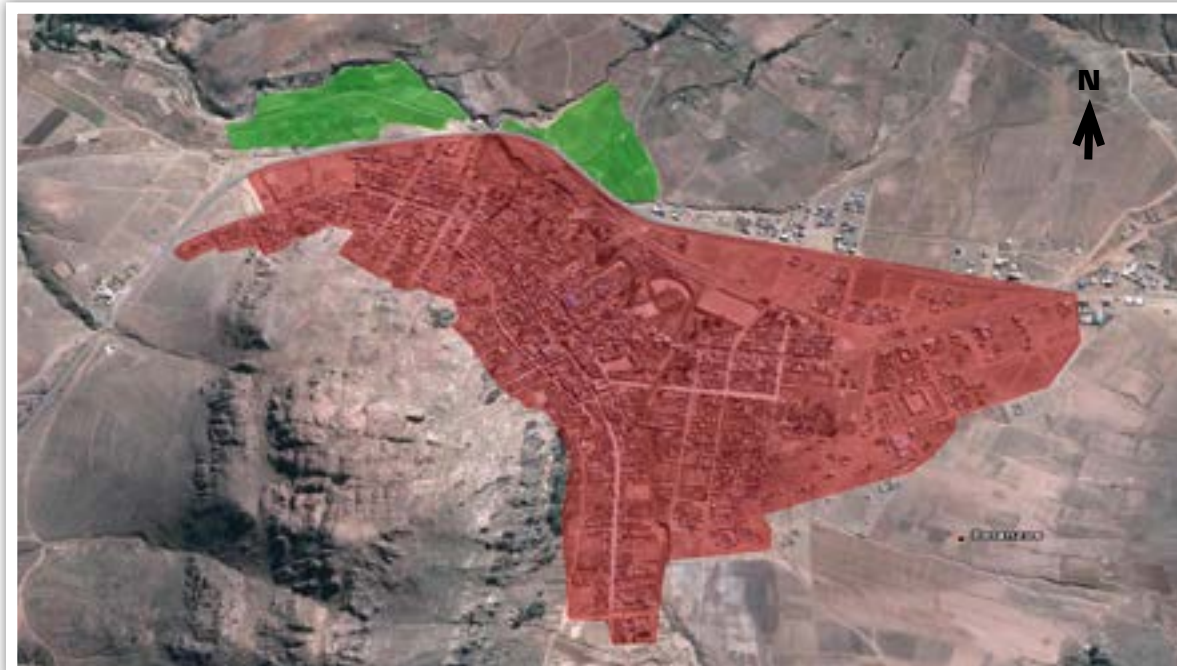
Agua residual vertida directamente al río

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	Domésticos, hospitalarios, matadero
<b>Caudal de Agua Residual</b>	8 l/s	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	90%
<b>Cuerpo receptor</b>	Río Tambo Mayu		






Canal de Riego





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°27'7,9" O	<b>Latitud</b>	19°33'15,6" S	<b>Altura</b>	3.323 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 242691,9 E	<b>Y</b>	7835985,7 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	13 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Zanahoria, cebolla, papa, haba, producción frutal		

**COMENTARIOS GENERALES**

El municipio de Betanzos no cuenta con una PTAR, por lo tanto, el vertido de las aguas residuales es directamente al Río Tambo Mayu; el matadero también evacúa sus aguas al mismo río. A lo largo de dicho río, se pudo observar canales que desvían el curso del agua con fines de riego para ser dirigidos a pequeñas parcelas.

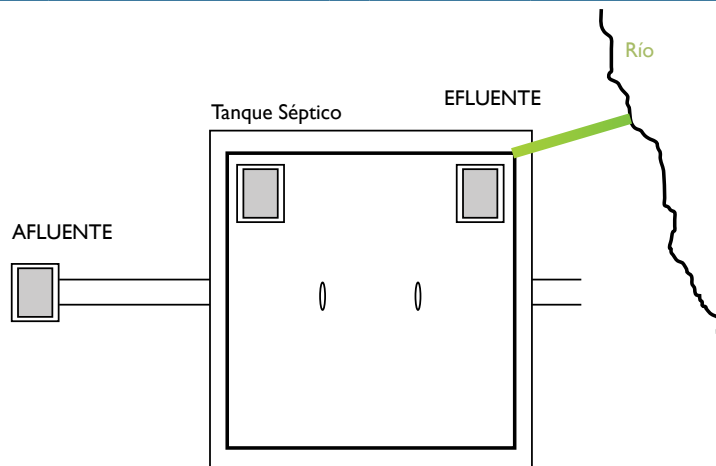
# CHAQUI/PT/006

<b>Municipio</b>	Chaqui	<b>Población (INE)</b>	651 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	24 de noviembre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	13 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	4 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Chespi Llajta		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	90%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Primario</b>	Tanque Séptico	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°33'41,2" O	<b>Latitud</b>	19°35'17,9" S	<b>Altura</b>	3.500 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 231295 E	<b>Y</b>	7832051,6 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	3 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Papa, haba, durazno, hortalizas

### COMENTARIOS GENERALES

Las aguas residuales del municipio de Chaqui son evacuadas directamente a un tanque séptico construido el año 1997, que llega al Río Chespi Lajta. Al haber cumplido su vida útil, se pudo observar que existen filtraciones debido a que rebasó el caudal de diseño.

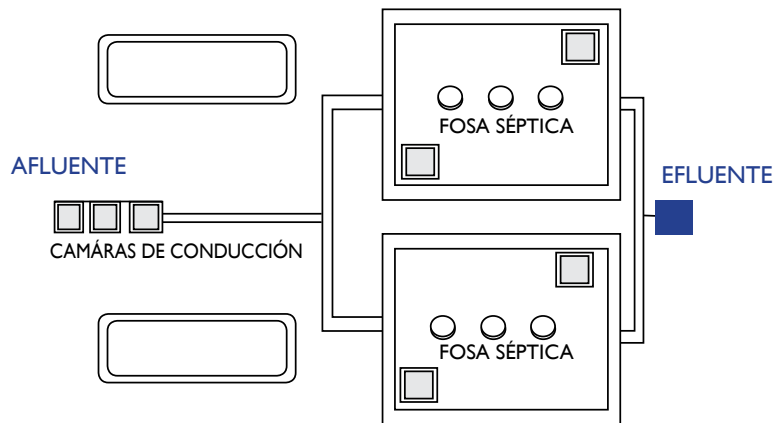
# COTAGAITA/PT/007

<b>Municipio</b>	Cotagaita	<b>Población (INE)</b>	1.653 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	14 de noviembre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	12 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	-	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> <li>• Matadero</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Cotagaita		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	52%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	-	
	<b>Primario</b>	Fosas Sépticas	



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°33'41,2" O	<b>Latitud</b>	19°35'17,9" S	<b>Altura</b>	3.500 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 231295 E	<b>Y</b>	7832051,6 S		
<b>Reúso</b>		Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>		<D	
<b>Área Estimada de Riego</b>		3 ha	<b>Cultivos predominantes</b>		Durazno, higo, vid, manzana, papa	

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Cotagaita se localiza al sud-este del centro urbano, actualmente se encuentra en funcionamiento a pesar de los problemas, suscitados, pues la empresa constructora no finalizó el trabajo de construcción de la fosa séptica debido a que estas últimas quedaron como lagunas provocando molestias en la población, según aluden los vecinos de la zona.

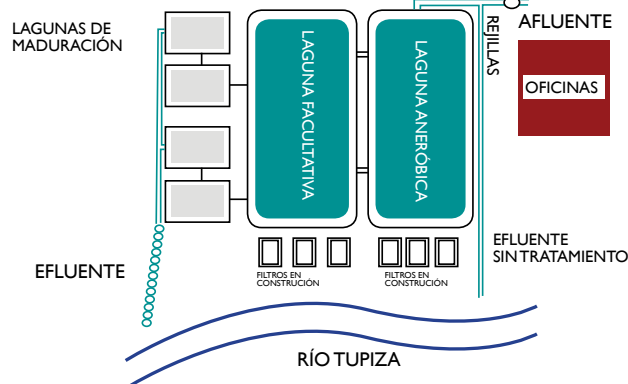
# TUPIZA/PT/008

<b>Municipio</b>	Tupiza	<b>Población (INE)</b>	21.707 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	San Juan del Oro	<b>Fecha de visita</b>	21 de noviembre 2010



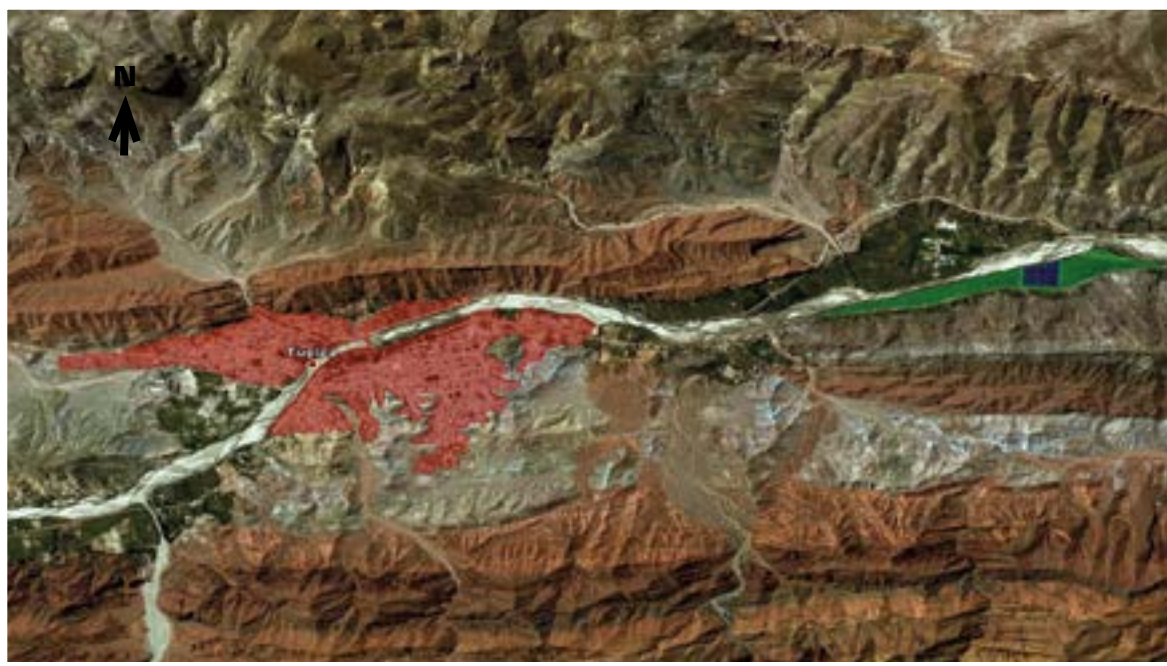
Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	6 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	16 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Hospitalarios</li> <li>• Matadero</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Tupiza		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	72%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Secundario</b>	Laguna Anaeróbica	
		Laguna Facultativa	
		Lagunas Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°43'14,6" O	<b>Latitud</b>	21°26'38,8" S	<b>Altura</b>	2.965 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 217995,7 E	<b>Y</b>	7626256,8 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	29 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Maíz, papa, haba, trigo, ajo, cebada, manzana, durazno, higo, membrillo, pera, tuna, higo

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Tupiza se encuentra al sur de la ciudad y actualmente funciona provista de una Laguna Anaeróbica, una Laguna Facultativa y cuatro Lagunas de Maduración; al mismo tiempo, se encuentra en proceso de ampliación, construyendo seis lagunas con las que se prevé mejorar el tratamiento de las aguas residuales.

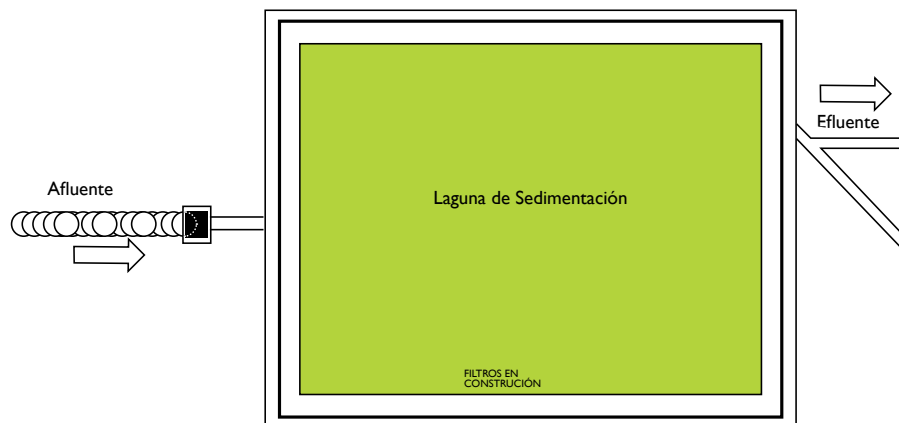
## SAN CRISTOBAL/PT/009

<b>Municipio</b>	San Cristóbal	<b>Población (INE)</b>	983 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Uyuni	<b>Fecha de visita</b>	29 de noviembre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	4 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	2 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mineros</li> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Canal, Qda. Osloca		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	50%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Tratamiento</b>	Laguna de Sedimentación	






Flujograma PTAR

Tratamiento malo





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	67°9'26,3" O	<b>Latitud</b>	21°9'14,1" S	<b>Altura</b>	3.760 m.s.n.m.
	<b>X</b>	19 K 690541,2 E	<b>Y</b>	7659694 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	6 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Hortalizas		

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de San Cristóbal fue construida el año 2006. Con una laguna de sedimentación, se puede observar la reutilización del efluente de la PTAR para riego de hortalizas en una carpa solar existente en el lugar y además, en terrenos cultivados de la zona.

# PUNA/PT/010

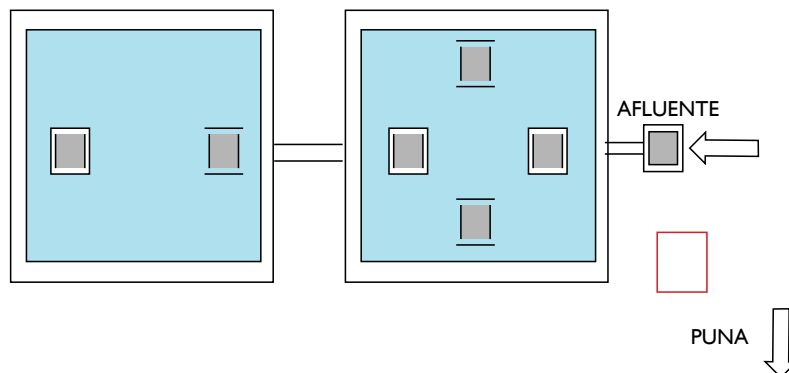
<b>Municipio</b>	Puna	<b>Población (INE)</b>	1.209 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	13 de noviembre 2010 20010



Vista PTAR

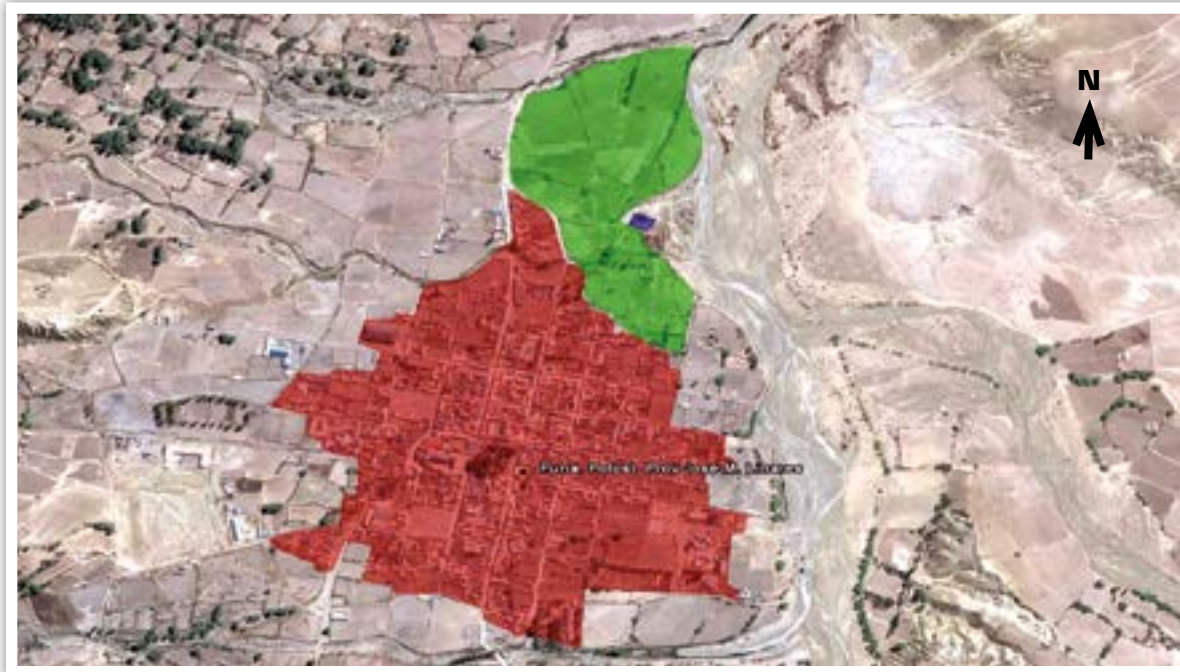
<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	No
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	5 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	5 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	Río Miculpaya		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	30%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Primario</b>	Tanques de Sedimentación	

Tanques de Sedimentación



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°30'21",8" O	<b>Latitud</b>	19°47'41,9" S	<b>Altura</b>	3.284 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 237448,9 E	<b>Y</b>	7809252,4 S		

<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	10 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Trigo, maíz, cebada, papa, haba, durazno, manzana, tuna, arveja, oca, lisa

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Puna se encuentra en un estado lamentable y de total abandono por la falta de mantenimiento; además, la capacidad para la que fue construida no abastece las necesidades actuales de la población debido a todo el lodo que rebalsó de los tanques de sedimentación.

Por el estado en el que se encuentra la planta, resulta difícil determinar un esquema exacto; el efluente se infiltra en el suelo y no se logró ubicar un punto específico del efluente de la misma.

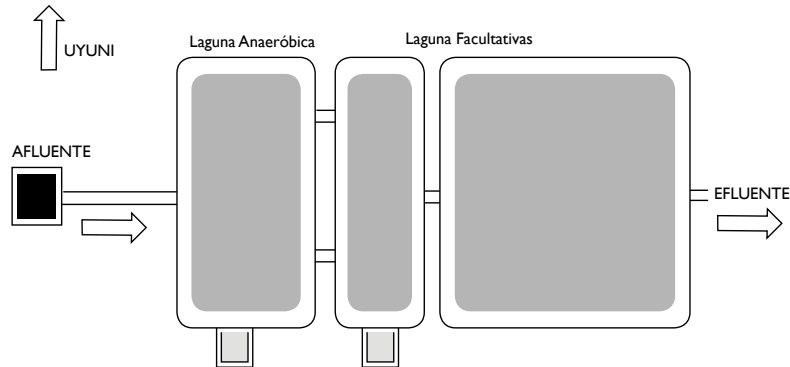
# UYUNI/PT/011

<b>Municipio</b>	Uyuni	<b>Población (INE)</b>	10.551 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Uyuni	<b>Fecha de visita</b>	26 de noviembre 2010



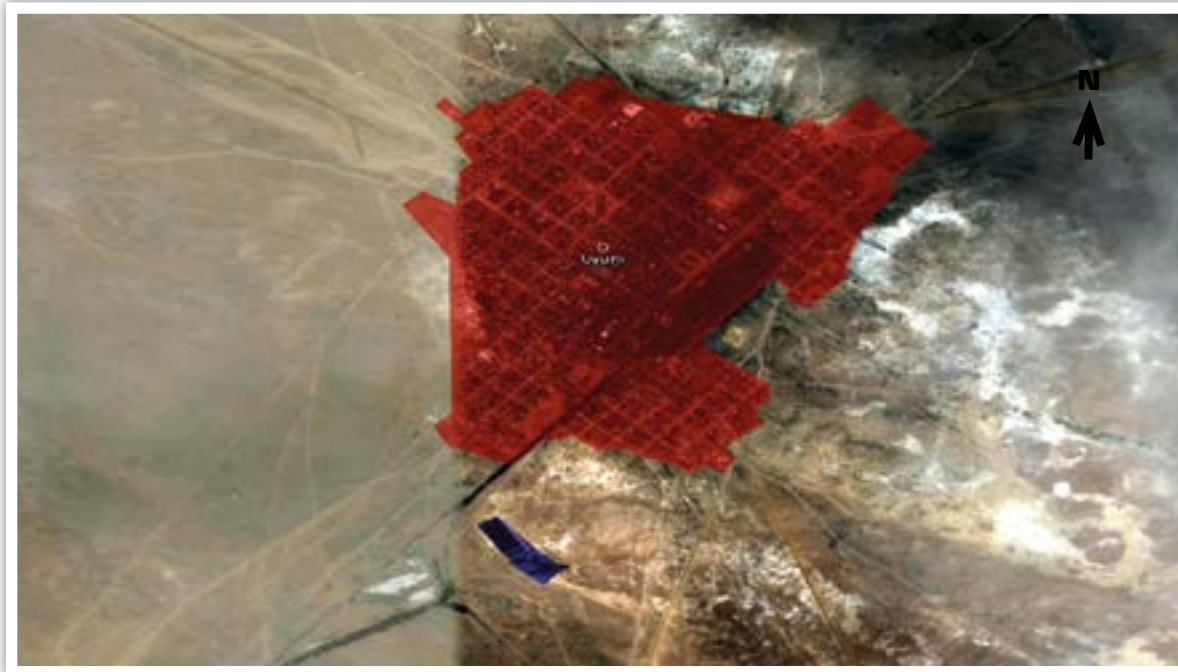
Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	10 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	5 l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliarios</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	-		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	22%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Rejillas	
	<b>Secundario</b>	Laguna Anaeróbica	
		Lagunas Facultativas	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	20°27'40,1" S	<b>Latitud</b>	66°49'17,5" O	<b>Altura</b>	3.674 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 206836 E	<b>Y</b>	7833526 S		

<b>Reúso</b>	No	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	-	<b>Cultivos predominantes</b>	Quinua

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Uyuni sólo cuenta con pre-tratamiento y Tratamiento Secundario; debido a la existencia de residuos sólidos en la laguna y en las cámaras de derivación, no se realiza un buen tratamiento.

No se identificó el reúso de aguas residuales puesto que el efluente es evacuado fuera de la PTAR, no existiendo superficies cultivables alrededor de la misma, lo que a futuro puede representar un foco de infecciones para la población.

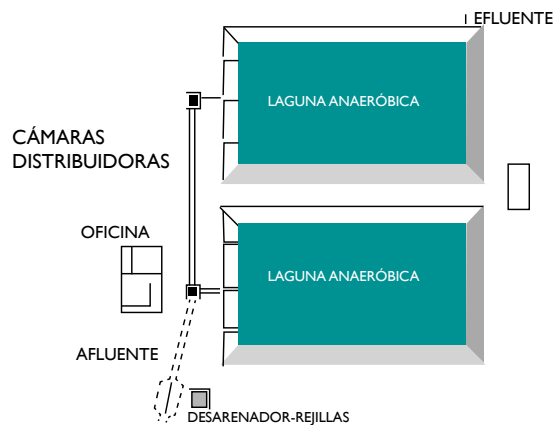
## VILLAZÓN/PT/012

<b>Municipio</b>	Villazón	<b>Población (INE)</b>	28.045 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	San Juan del Oro	<b>Fecha de visita</b>	22 de noviembre 2010



Vista PTAR

<b>Existe PTAR</b>	Sí	<b>En funcionamiento</b>	Sí
<b>Capacidad PTAR</b>	-	<b>Antigüedad</b>	2 años
<b>Caudal de agua residual efluente</b>	8l/s	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> <li>• Comerciales</li> </ul>
<b>Cuerpo Receptor</b>	-		
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	66%		
<b>Tecnología de tratamiento</b>	<b>Pre-tratamiento</b>	Desarenador, Rejillas	
	<b>Secundario</b>	Lagunas Anaeróbicas	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	65°35'44,5" O	<b>Latitud</b>	22°05'27,7" S	<b>Altura</b>	3.449 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 232168,7 E	<b>Y</b>	7554807,7 S		
<b>Reúso</b>		No	<b>Agua de Riego Clase</b>			<D
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>			-

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Villazón se encuentra a más de 1 km de la ciudad, cerca a la nueva terminal. Fue construida a finales de 2010 y realiza un pre-tratamiento por medio de un desarenador y de rejillas. El Tratamiento Secundario es efectuado por dos Lagunas Anaeróbicas que, en la fecha de investigación, no tenían un punto de descarga (efluente) por el hecho de que se encuentran en proceso de llenado.

6.6. Fichas Resumen Santa Cruz

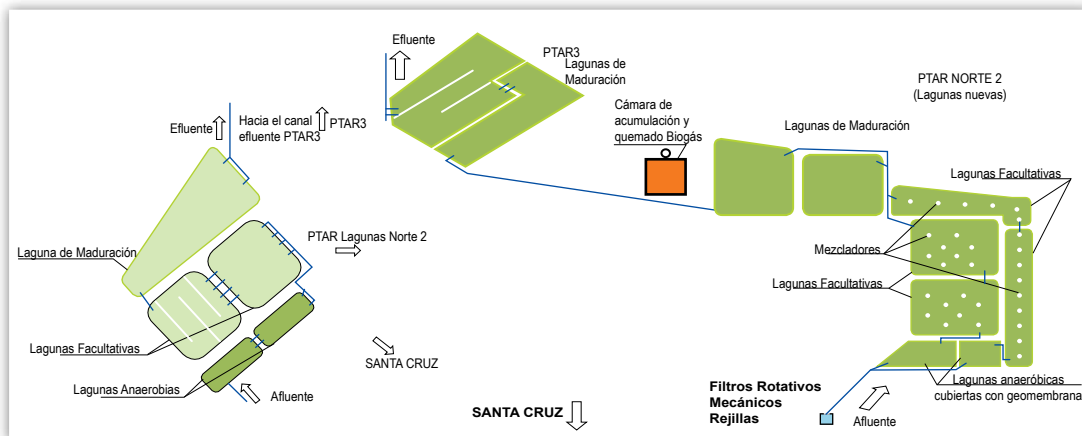
**SANTA CRUZ/SC/001**

<b>Municipio</b>	Santa Cruz	<b>Población (INE)</b>	2'029.471 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Mamoré	<b>Fecha de visita</b>	29 de septiembre 2011



Vista PTAR

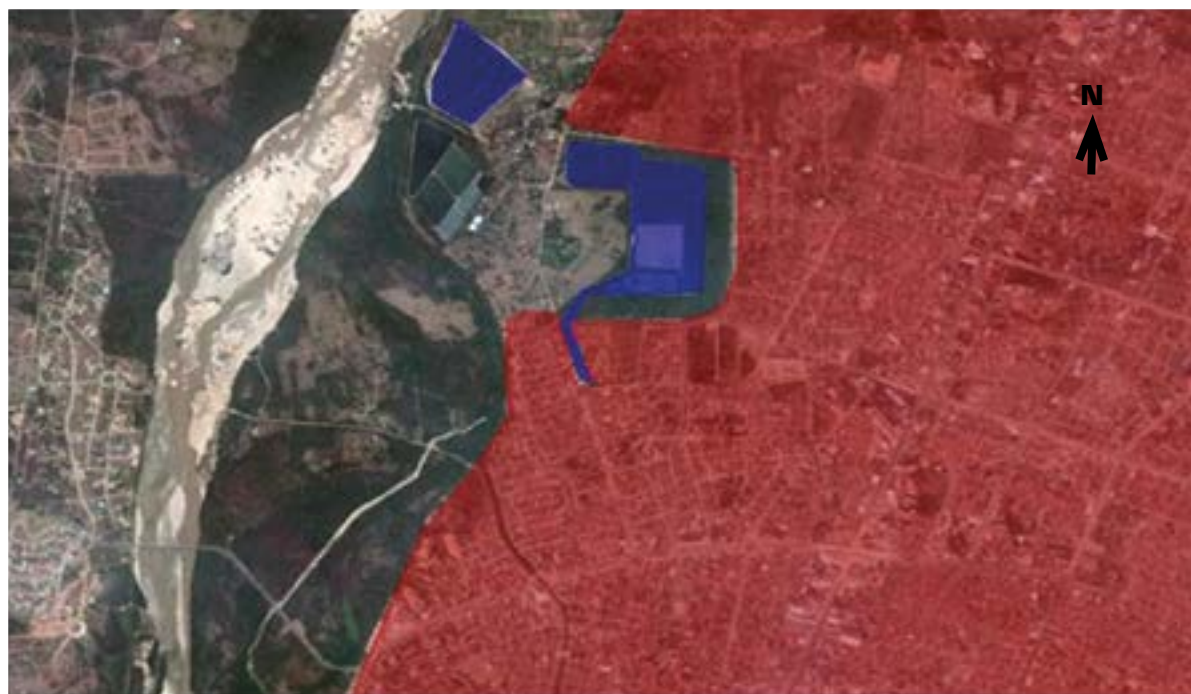
Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	422.000 m3 Lagunas N1 1'100.000 m3 Lagunas N2	Antigüedad	38 años Lagunas N1 26 años Lagunas N2
Caudal de agua residual efluente	450 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos Residenciales</li> <li>• Comerciales</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Piraiá		
Población conectada a la red de alcantarillado	58%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas Filtros Mecánicos	
	Secundario	Laguna Anaeróbica	
		Lagunas Facultativas	
		Laguna de Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento eficiente





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	63°11'50.41" O	<b>Latitud</b>	17°43'53.82" S	<b>Altura</b>	406 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 479077 E	<b>Y</b>	8039496 S		
<b>Reúso</b>		-	<b>Agua de Riego Clase</b>			<D
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>			-

## COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Santa Cruz tiene una de las mejores PTAR del país. El tratamiento de sus aguas residuales es mediante lagunas de estabilización. En total tiene cuatro PTARs, de las cuales dos están destinadas al tratamiento de agua residual doméstica y son identificadas como Laguna Norte 1 (N1; viejas) y Lagunas Norte 2 (N2; nuevas) y las otras dos serán explicadas en las siguientes fichas.

Las Lagunas N1 fueron construidas en el año 1973 y están destinadas para tratar parte del agua residual residencial y comercial de la zona oeste del área de concesión; este sistema está conformado por un repartidor de caudal y cinco lagunas operadas en serie: dos Anaeróbicas, una Facultativa y dos de Maduración.

Las Lagunas N2 fueron construidas en el año 1985, destinadas a tratar el agua residual residencial y comercial de la zona oeste de la ciudad. Consiste en dos módulos no idénticos en paralelo, cada uno de ellos consta de una Laguna Anaeróbica, dos Lagunas Facultativas y una de Maduración; sin embargo, el flujo no se divide igualmente entre los dos módulos, uno recibe 2/3 de agua residual y el otro 1/3.

Actualmente, la Laguna Anaeróbica está cubierta con una geomembrana de gran resistencia y las Lagunas Facultativas tienen 30 mezcladores que optimizan el funcionamiento de las mismas.

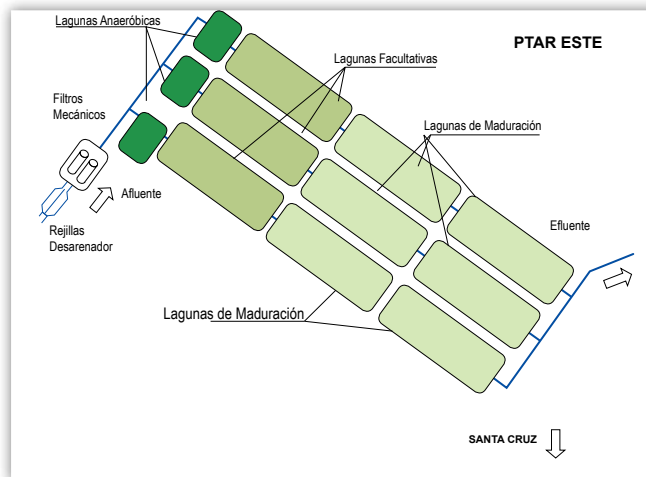
## SANTA CRUZ/SC/002

<b>Municipio</b>	Santa Cruz	<b>Población (INE)</b>	2'029.471 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Mamoré	<b>Fecha de visita</b>	01 de octubre 2011

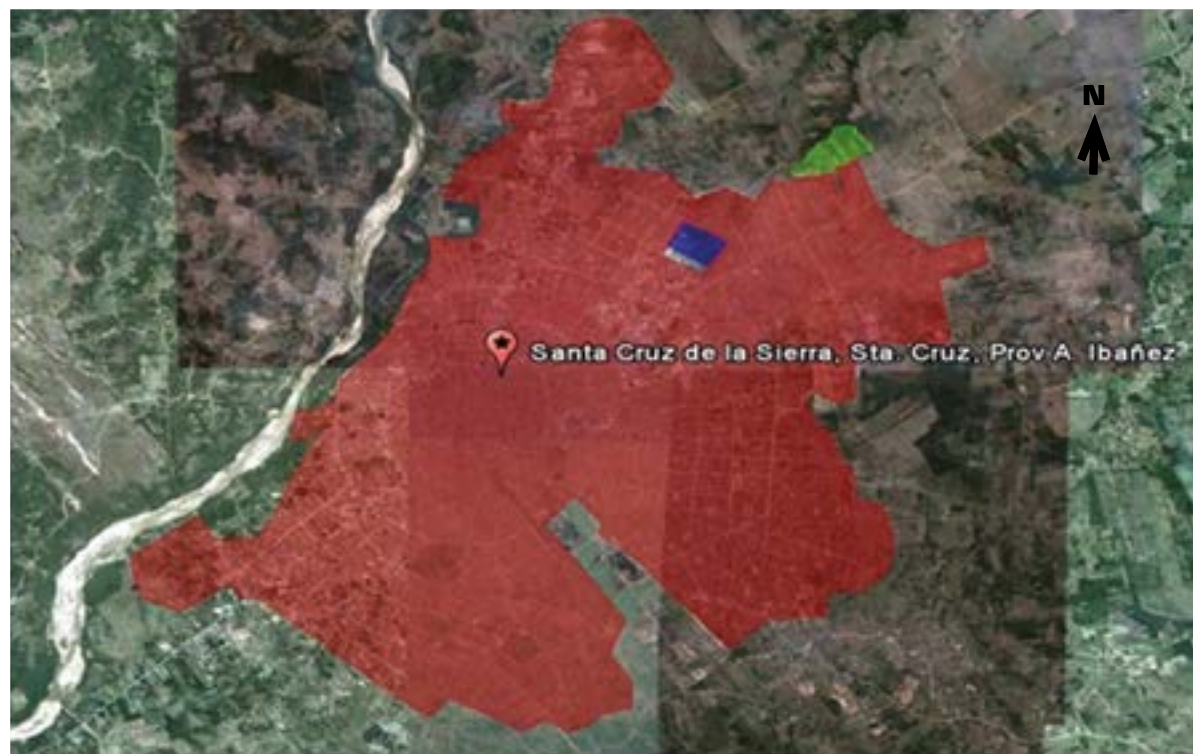


Vista PTAR




Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	166.250 m <sup>3</sup>	Antigüedad	10 Años
Caudal de agua residual efluente	180 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos Residenciales</li> <li>• Comerciales</li> </ul>
Cuerpo receptor	Canal		
Población conectada a la red de alcantarillado	50%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas Filtros Mecánicos	
	Secundario	3 Lagunas Anaeróbicas	
		3 Lagunas Facultativas	
		6 Lagunas de Maduración	



Flujograma PTAR



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	63°8'5.4" O	<b>Latitud</b>	17°44'16.8" S	<b>Altura</b>	399 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 485705 E	<b>Y</b>	8038795 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	150 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Soya, girasol, caña de azúcar, cítricos, maíz, forraje		

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR Este, se encuentra rodeada por una zona de uso industrial y un área protegida por interés ambiental. Esta planta entró en funcionamiento el año 2001 y está formada por un cajón de ingreso, sus respectivos aforadores tipo Parshall -de entrada y salida-, doce lagunas divididas en tres módulos idénticos en paralelo de cuatro lagunas en serie: una Anaeróbica, una Facultativa y dos de Maduración. El flujo que recibe cada batería es de 1/3 de aguas residuales.

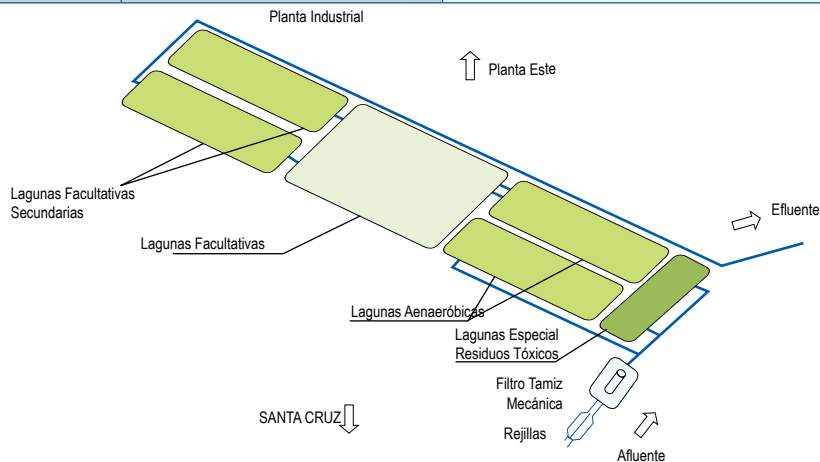
# SANTA CRUZ/SC/003

<b>Municipio</b>	Santa Cruz	<b>Población (INE)</b>	2.029.471 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Mamoré	<b>Fecha de visita</b>	02 de octubre 2011



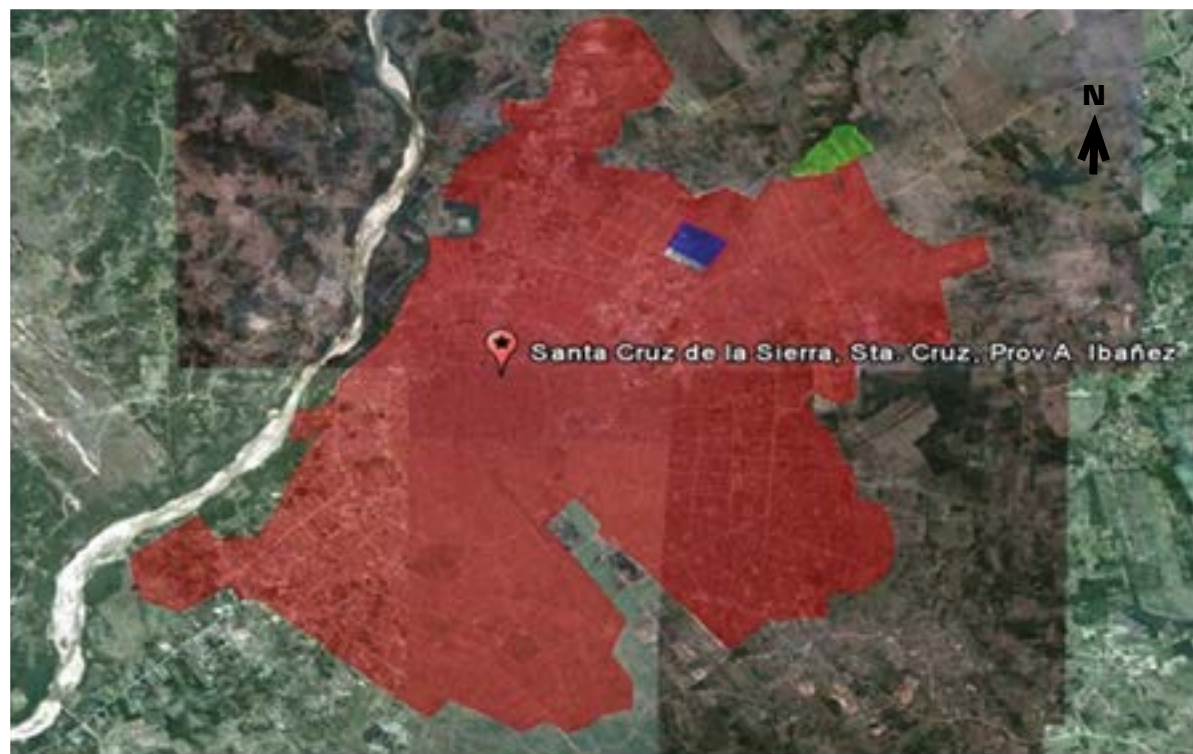
Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	10 años
Caudal de agua residual efluente	180 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos residenciales</li> <li>• Comerciales</li> </ul>
Cuerpo receptor	Canal		
Población conectada a la red de alcantarillado	50% industrias		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas Filtros mecánicos	
	Primario	1 Laguna Especial (Residuos tóxicos)	
		2 Lagunas Anaeróbicas	
		1 Lagunas Facultativas	
Secundario	2 Lagunas Facultativas Secundarias		






Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	63°7'34.57" O	<b>Latitud</b>	17°44'41.17" S	<b>Altura</b>	398 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 485613 E	<b>Y</b>	8038047 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	150 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Soya, girasol, caña de azúcar, cítricos, maíz, forraje		

### COMENTARIOS GENERALES

Este sistema se ocupa del tratamiento de aguas residuales industriales. Comprende seis lagunas: la primera no forma parte del flujo de tratamiento de aguas residuales, pero está reservada para residuos industriales particularmente tóxicos; la segunda y tercera operan como lagunas anaeróbicas en serie, las lagunas cuatro, cinco y seis son facultativas.

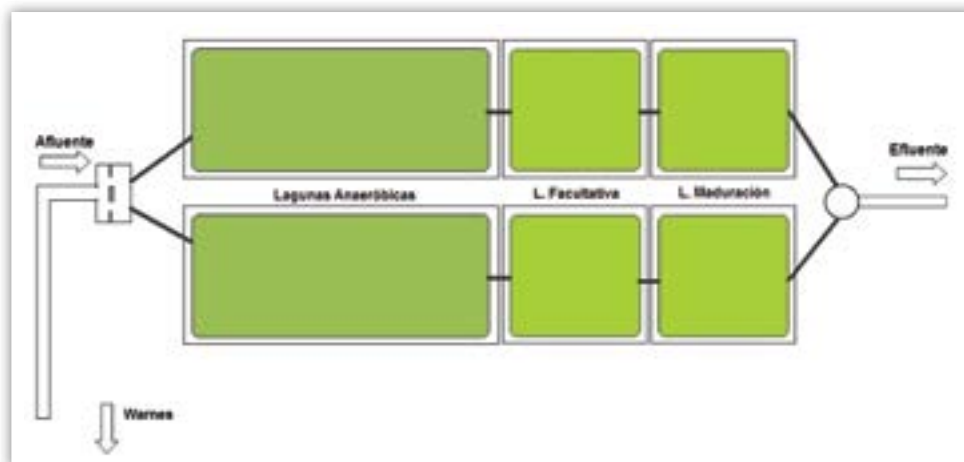
# WARNES/SC/004

<b>Municipio</b>	Warnes	<b>Población (INE)</b>	24.000 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Mamoré	<b>Fecha de visita</b>	26 de octubre 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	7 Años
Caudal de agua residual efluente	27 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Chaine o Grande		
Población conectada a la red de alcantarillado	60%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas	
	Secundario	Laguna Anaeróbicas	
		Laguna Facultativa	
		Laguna de Maduración	






Flujograma PTAR

Tratamiento regular



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	63°9'29.69" O	<b>Latitud</b>	17°29'35.87" S	<b>Altura</b>	329 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 483200 E	<b>Y</b>	8065865 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	<D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	60 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Maíz, algodón, soya, arroz y caña de azúcar		

**COMENTARIOS GENERALES**

En el municipio de Warnes, el tratamiento del agua residual se realiza mediante seis lagunas de oxidación y dos series de tratamiento, esto significa que existen dos Lagunas Anaeróbicas, dos Facultativas y dos de Maduración. Este proyecto, junto al alcantarillado, fue construido entre 1995 y 1998 gracias a la inversión de Fondo Nacional de Desarrollo Regional, pero inició a operar recién a partir del 2004. La Cooperativa de Servicios Públicos Warnes (COSEW) se hace cargo del sistema de agua potable y alcantarillado que consta de 2.200 conexiones de las cuales ,1.316 son antiguas y no pagan tarifa de alcantarillado a diferencia de las conexiones nuevas que sí lo hacen.

# CHARAGUA/SC/005

<b>Municipio</b>	Charagua	<b>Población (INE)</b>	2.950 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Izozog	<b>Fecha de visita</b>	26 de agosto 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	2 Años
Caudal de agua residual efluente	4.5 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	-		
Población conectada a la red de alcantarillado	35%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas	
	Secundario	Laguna Anaeróbica	
		Laguna Facultativa	
		Laguna de Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo





Mapa de Ubicación

Leyenda		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
Ubicación PTAR	Longitud	63° 10' 55.0" O	Latitud	19° 46' 26.2" S	Altura	716 m.s.n.m.
	X	20 K 480941 E	Y	7813522 S		
Reúso		No	Agua de Riego Clase			<D
Área Estimada de Riego		-	Cultivos predominantes			Maíz, sorgo, algodón

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Charagua cuenta con tres lagunas de oxidación, pero en el momento de la investigación no tenían efluente, esto debido a que las lagunas continuaban en proceso de llenado.

Uno de los problemas principales de la PTAR se debe a que en época de verano, la proliferación de mosquitos genera molestias en los vecinos.

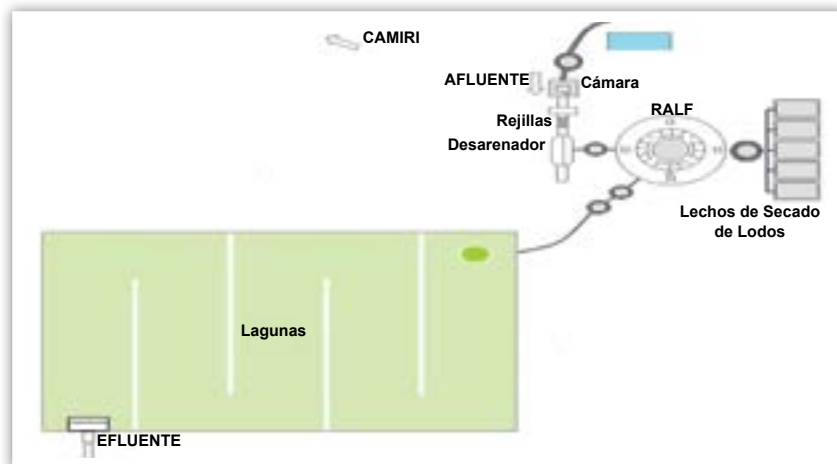
# CAMIRI/SC/006

<b>Municipio</b>	Camiri	<b>Población (INE)</b>	28.700 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Izozog	<b>Fecha de visita</b>	24 de agosto 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	Diseño para 18.851 Hab.	Antigüedad	2 Años
Caudal de agua residual efluente	28 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Parapetí		
Población conectada a la red de alcantarillado	60%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas y Canal Parshall, Desarenador	
	Primario	R.A.L.F.	
	Secundario	Lagunas Facultativas	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular



Mapa de Ubicación

Leyenda		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
Ubicación PTAR	Longitud	63° 30' 25.7" O	Latitud	20° 03' 27.2" S	Altura	770 m.s.n.m.
	X	20 K 446970 E	Y	7782069 S		
Reúso		Sí	Agua de Riego Clase			C
Área Estimada de Riego		8 ha	Cultivos predominantes			Yuca ,caña, frijol Cultivo principal: Maíz

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR del municipio de Camiri se encuentra bajo la tuición de la EPSA Manchaco. Posee un pre-tratamiento de rejillas y desarenador, después el afluente llega al reactor R.A.L.F. que viene a ser la primera etapa de tratamiento, cuyo quemador debe ser vigilado de manera constante debido a que se apaga continuamente a causa del viento en la zona; para finalizar el tratamiento, el afluente es conducido a las Lagunas Facultativas.

La zona donde la planta está ubicada es potencial para la práctica del reúso de aguas en la agricultura.

# BOYUIBE/SC/007

<b>Municipio</b>	Boyuibe	<b>Población (INE)</b>	3.737 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Izozog	<b>Fecha de visita</b>	21 de agosto 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	Al servicio de 4.400 Hab.	Antigüedad	3 Años
Caudal de agua residual efluente	3 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	-		
Población conectada a la red de alcantarillado	34%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas	
	Primario	Cámara Séptica	
		Filtros Anaeróbicos	
	Secundario	Lagunas Facultativas	



Flujograma PTAR

Tratamiento eficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	63° 16' 30.5" O	<b>Latitud</b>	20° 25' 46.5" S	<b>Altura</b>	800 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 471299 E	<b>Y</b>	7740956 S		
<b>Reúso</b>		Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>			D
<b>Área Estimada de Riego</b>		1 ha	<b>Cultivos predominantes</b>			Forraje, papa, cebolla

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Boyulbe cuenta con una PTAR que fue puesta en marcha en agosto del 2008; inicialmente fue diseñada para 4.400 habitantes, pero actualmente el número de conectados al sistema asciende a 951. La PTAR posee un pre-tratamiento de rejillas, una cámara séptica, filtro anaeróbico, y Lagunas Facultativas.

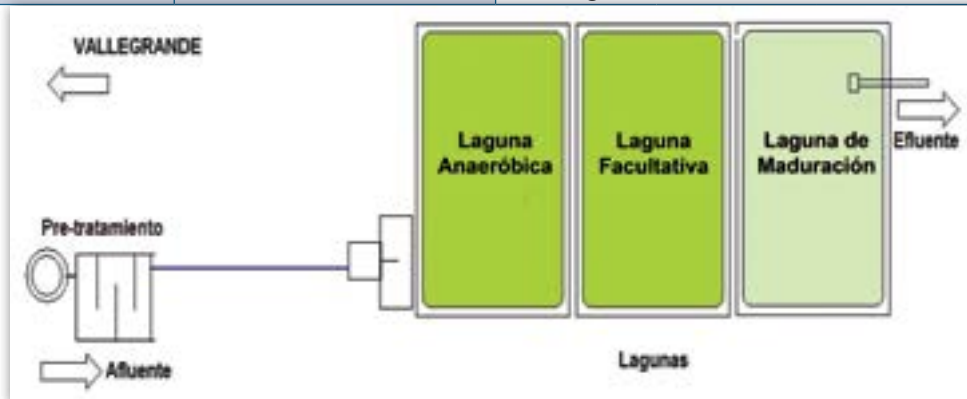
## VALLEGRANDE/SC/008

<b>Municipio</b>	Santa Cruz	<b>Población (INE)</b>	8.901 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Yapacaní	<b>Fecha de visita</b>	02 de octubre 2012



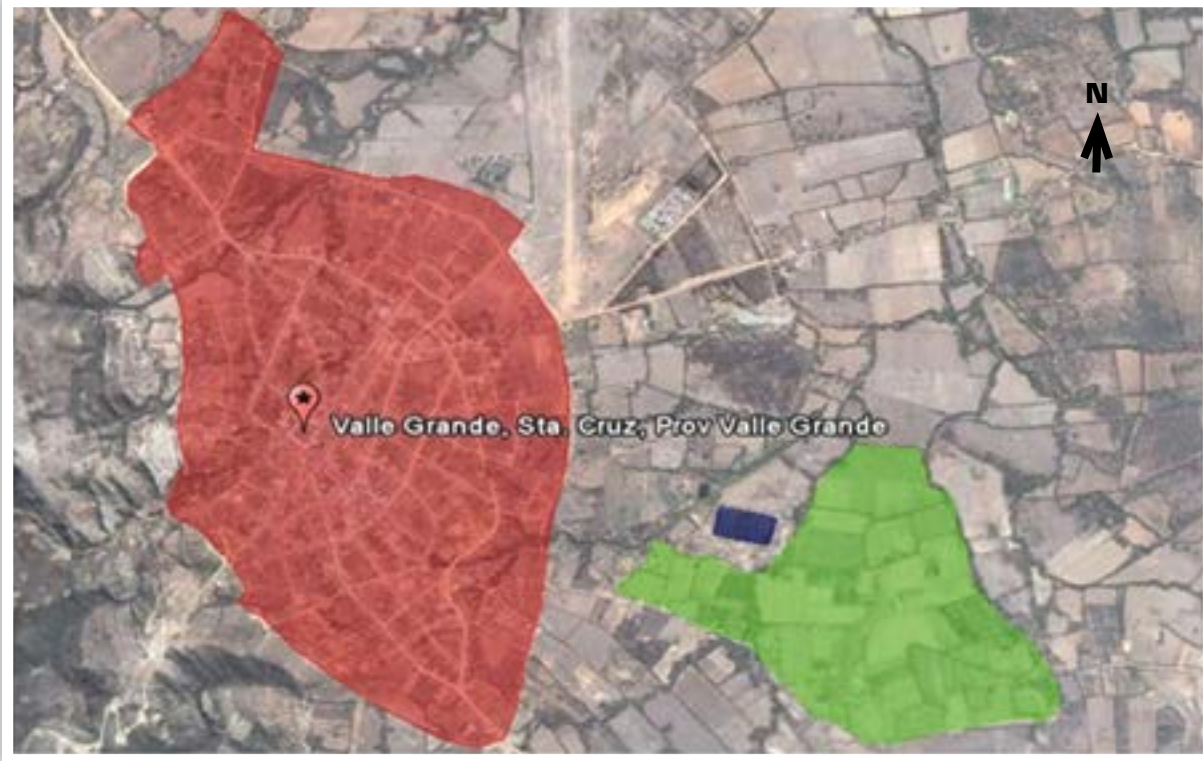
Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	11 Años
Caudal de agua residual efluente	6 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Hospitalario</li> <li>• Industrial</li> </ul>
Cuerpo receptor	-		
Población conectada a la red de alcantarillado	85%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas, Desarenador	
	Secundario	Laguna Anaeróbica	
		Laguna Facultativa	
		Laguna de Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

Leyenda	Área Urbana	Área de Riego	PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>Altura</b>
	<b>X</b>	<b>Y</b>	
	64°5'41.44" O	18°29'33.4" S	1.986 m.s.n.m.
	20 K 384417,21 E	7954986,47 S	
<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	34 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Maíz, papa, maní, hortalizas, verduras y frutas

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Vallegrande tiene dos PTARs bajo tuición de la Cooperativa de Servicios Públicos Montes Claros LTDA., de éstas, la denominada PTAR Zona I posee un pre-tratamiento de rejillas, una cámara sedimentadora, una Laguna Anaeróbica, una Facultativa y otra de Maduración.

Actualmente, el canal de vertido del efluente fue tapado por los regantes de la zona para bombear el agua desde la última laguna hacia sus áreas de riego.

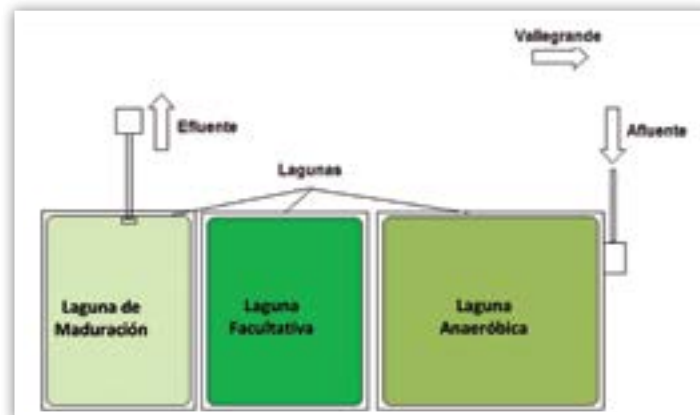
## VALLEGRANDE/SC/009

<b>Municipio</b>	Vallegrande	<b>Población (INE)</b>	8.901 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Yacapaní	<b>Fecha de visita</b>	20 de septiembre 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	13 Años
Caudal de agua residual efluente	5 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstico</li> <li>• Hospitalario</li> <li>• Industrial</li> </ul>
Cuerpo receptor	-		
Población conectada a la red de alcantarillado	85%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	-	
	Secundario	Laguna Anaeróbica	
		Laguna de Maduración	

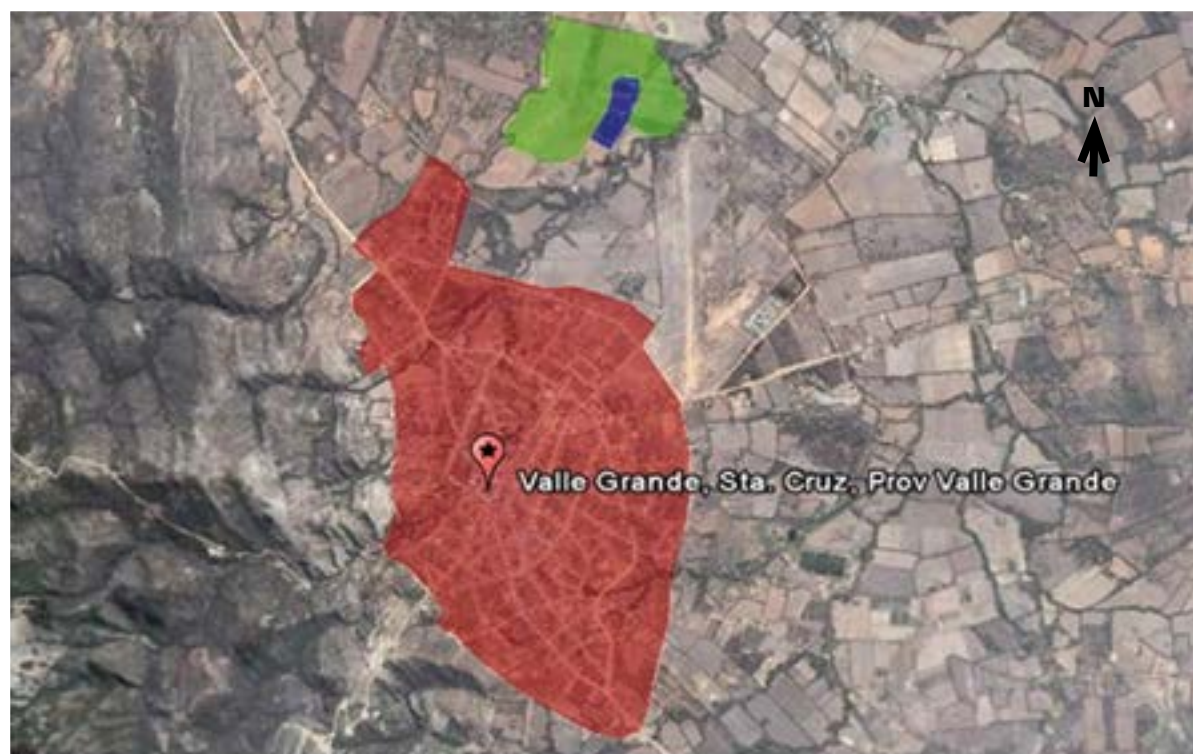


Flujograma PTAR

Tratamiento malo



## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales



Mapa de Ubicación

Leyenda		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
Ubicación PTAR	Longitud	64°6'11.19" O	Latitud	18°28'25.98" S	Altura	1.984 m.s.n.m.
	X	20 K 383532.18 E	Y	7957029.32 S		
Reúso		Sí	Agua de Riego Clase			<D
Área Estimada de Riego		91 ha	Cultivos predominantes			Maíz, papa, maní, hortalizas, verduras y frutas

### COMENTARIOS GENERALES

Según un acuerdo realizado, la Cooperativa de Servicios Públicos Montes Claros LTDA. se encarga únicamente del mantenimiento de la primera laguna ya que la planta pertenece a los regantes, quienes reúsan el efluente en riego y, por lo tanto, se comprometieron a encargarse del mantenimiento y limpieza de las otras dos lagunas.

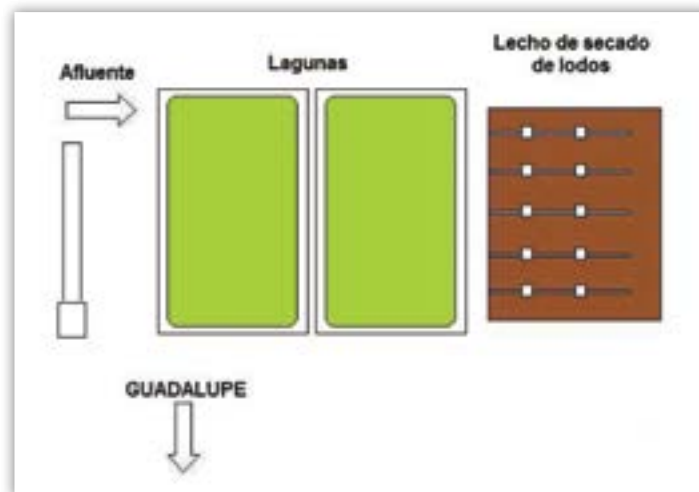
## GUADALUPE/SC/010

<b>Municipio</b>	Guadalupe	<b>Población (INE)</b>	521 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Yapacaní	<b>Fecha de visita</b>	20 de septiembre 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	No
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	-
Caudal de agua residual efluente	4 l/s	Contaminantes predominantes	• Doméstico
Cuerpo receptor	-		
Población conectada a la red de alcantarillado	50%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Cámaras de Sedimentación	
	Secundario	Lagunas Facultativas	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

Leyenda		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
Ubicación PTAR	Longitud	64° 5'21.26" O	Latitud	18°32'43.01" S	Altura	2.049 m.s.n.m.
	X	20K 385044 E	Y	7949137 S		
Reúso		Sí	Agua de Riego Clase			<D
Área Estimada de Riego		0,3 ha	Cultivos predominantes			Durazno, manzana, papa, ciruela

### COMENTARIOS GENERALES

La localidad de Guadalupe, perteneciente al municipio de Vallegrande, posee una PTAR antigua de aguas residuales, pero se tiene previsto construir una nueva.

La actual PTAR se encuentra en un total estado de abandono y no se realiza el mantenimiento respectivo, razón por la cual se convierte en un foco de infección; además, representa un peligro debido a la formación de un panal en una de las cámaras de entrada.

Existe otro punto de vertido del efluente del cual se prevé conectar a la nueva planta, pero en su lugar, todo el efluente se vierte a una quebrada.

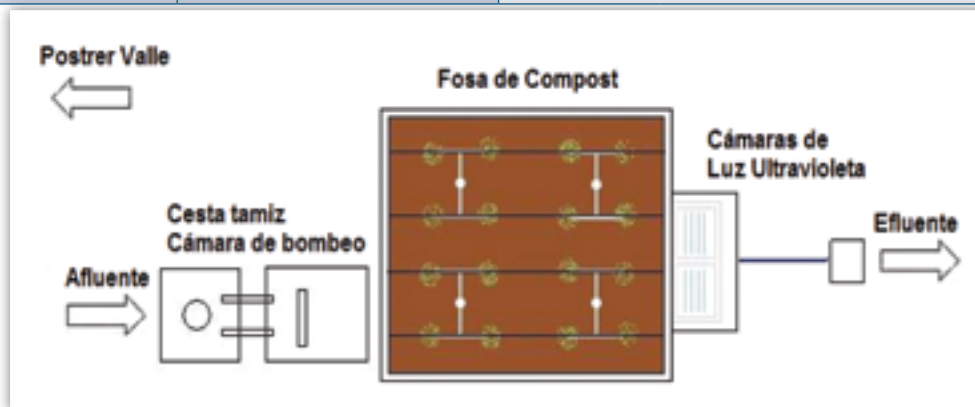
## POSTRER VALLE/SC/011

<b>Municipio</b>	Postrer Valle	<b>Población (INE)</b>	2.545 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Yapacaní	<b>Fecha de visita</b>	21 de septiembre 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	2 Años
Caudal de agua residual efluente	5 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Arriba		
Población conectada a la red de alcantarillado	80%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Cesta tipo tamiz	
	Secundario	Fosa de compost	
	Terciario	Cámara de Luz Ultravioleta	



Flujograma PTAR



Mapa de Ubicación

Leyenda	Área Urbana	Área de Riego	PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b> X	63° 49' 50.1" O 20 K 412317 E	<b>Latitud</b> Y
		18° 29' 37.3" S 7954990 S	<b>Altura</b> 2 041 m.s.n.m.
<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	3 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Maíz, papa, maní y poroto

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Postrer Valle posee una PTAR cuya tecnología es totalmente diferente a cualquier otra en Bolivia, pues se emplea Luz Ultravioleta como proceso de desinfección.

Es recomendable aplicar este tipo de tratamiento en poblaciones pequeñas, el cual posee una fosa de compost llena de aserrín y gusanos que es regada constantemente con agua residual por medio del sistema de tuberías; dentro de dicha fosa, existen cámaras que drenan el agua excedente hacia las cámaras de Luz Ultravioleta.

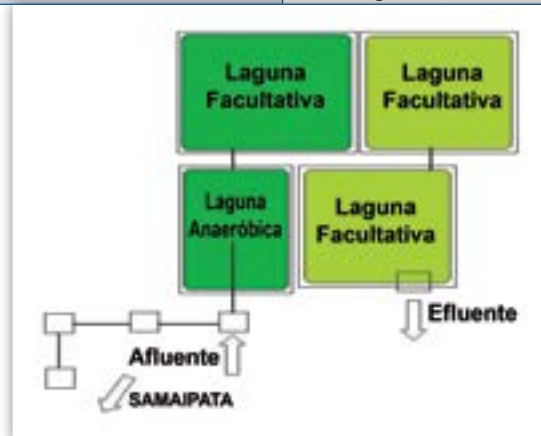
## SAMAIPATA/SC/012

<b>Municipio</b>	Samaipata	<b>Población (INE)</b>	3.091 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Yacapaní	<b>Fecha de visita</b>	22 de septiembre 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	4 Años
Caudal de agua residual efluente	12 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	Quebrada que desemboca en el Río Laja		
Población conectada a la red de alcantarillado	80%		
Tecnología de tratamiento	Secundario	Laguna Anaeróbica	
		Lagunas Facultativas	



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente

## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales



Mapa de Ubicación

Leyenda	Área Urbana	Área de Riego	PTAR
Ubicación	Longitud	Latitud	Altura
PTAR	X	Y	1.880 m.s.n.m.
Reúso	No	Agua de Riego Clase	<D
Área Estimada de Riego	-	Cultivos predominantes	Maíz, frejol, poroto, papa, tabaco, caña, maní, locoto, arveja, trigo, zanahoria, naranja, durazno y uva

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Samaipata tiene una PTAR compuesta por una laguna anaeróbica y tres facultativas, todas requieren una limpieza para eliminar las plantas acuáticas que comenzaron a crecer en ellas y que provocaron la proliferación de mosquitos.

Existen varios ganaderos interesados en reusar el efluente para riego de pastos.

## MAIRANA/SC /013

<b>Municipio</b>	Mairana	<b>Población (INE)</b>	5.011 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Yacapaní	<b>Fecha de visita</b>	22 de septiembre 2011



Agua residual vertida directamente al río

<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domiciliario</li> <li>• Talleres mecánicos</li> </ul>
<b>Caudal de Agua Residual</b>	Variable	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	Conexiones Clandestinas
<b>Cuerpo receptor</b>	Quebrada		




Canal de Riego





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana	-	-	-
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	63°57'25.40" O	<b>Latitud</b>	18°7'25.54" S	<b>Altura</b>
	<b>X</b>	20 K 398842.32 E	<b>Y</b>	7995992.8 S	
<b>Reúso</b>	-	-	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D	
<b>Área Estimada de Riego</b>	-	-	<b>Cultivos predominantes</b>	Maíz, alfalfa	

**COMENTARIOS GENERALES**

El municipio de Mairana cuenta con un pequeño sistema de alcantarillado de no más de tres manzanos, ubicado en la zona central, pero que no se encuentra en funcionamiento; algunas dependencias -como hoteles, restaurantes y talleres mecánicos- poseen conexiones clandestinas y vierten sus desechos a una quebrada, lo que se constituye en un gran riesgo para todos los vecinos de la zona, ya que algunos de ellos lavan sus alimentos en el lugar.

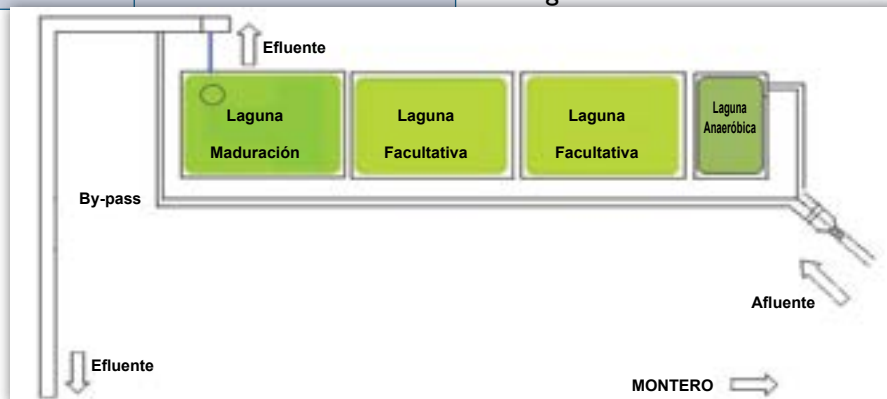
# MONTERO/SC/014

<b>Municipio</b>	Montero	<b>Población (INE)</b>	80.341 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Yapacaní	<b>Fecha de visita</b>	29 de agosto 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	7 Años
Caudal de agua residual efluente	60 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Piraí, Qda. Naico		
Población conectada a la red de alcantarillado	60%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas	
	Secundario	Laguna Anaeróbica	
		Lagunas Facultativas	
		Laguna de Maduración	






Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	63°15'42.50" O	<b>Latitud</b>	17°17'50.86" S	<b>Altura</b>	289 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 472176 E	<b>Y</b>	8087518 S		
<b>Reúso</b>	Sí		<b>Agua de Riego Clase</b>	< D		
<b>Área Estimada de Riego</b>	6,5 ha		<b>Cultivos predominantes</b>	Caña de azúcar, arroz, soya y girasol, maíz y variedad de frutas		

### COMENTARIOS GENERALES

El sistema de alcantarillado y la PTAR del municipio de Montero están bajo la supervisión de la Cooperativa de Montero.

La planta de Montero posee un tratamiento por lagunas, una Anaeróbica, dos Facultativas y una de Maduración; el agua residual tratada sale hacia un canal llegando a la quebrada después de un recorrido de aproximadamente 300 m.

El efluente de la PTAR de la azucarera Guabirá también es vertido en la quebrada; ambos efluentes llegan al Río Pirá por la quebrada Naico.

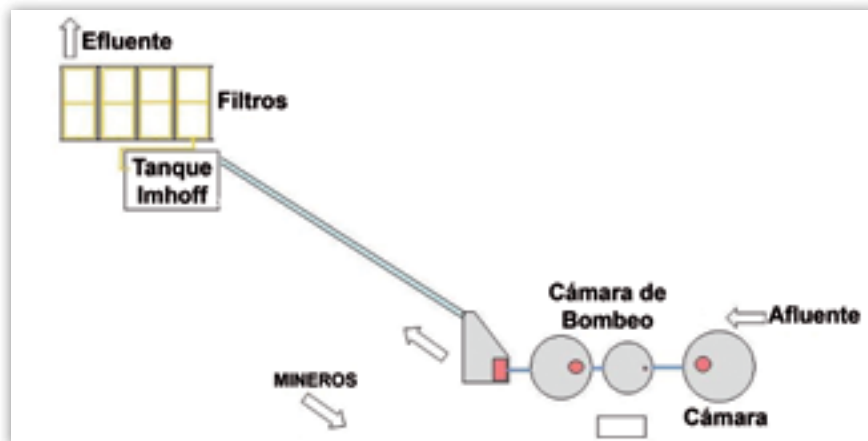
# MINEROS/SC/015

<b>Municipio</b>	Mineros	<b>Población (INE)</b>	13.283 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Yapacaní	<b>Fecha de visita</b>	26 de agosto 2011



Vista PTAR




Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	No
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	7 Años
Caudal de agua residual efluente	4 l/s	Contaminantes predominantes	• Domésticos
Cuerpo receptor	Río Bibosi		
Población conectada a la red de alcantarillado	12%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas	
	Primario	Tanque Imhoff	
	Secundario	Filtros	



Flujograma PTAR



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	63°13'39.25" S	<b>Latitud</b>	17°6'46.32" O	<b>Altura</b>	256 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 475791 E	<b>Y</b>	8107945 S		
<b>Reúso</b>		No	<b>Agua de Riego Clase</b>			<D
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>			Soya, arroz, caña, maíz, cítricos, hortalizas, papa

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Mineros cuenta con una PTAR, pero ésta no abastece a todo el municipio debido a que el alcantarillado es de tipo condominial y solamente beneficia a 24 manzanos, lo que significa que sólo un 12% del municipio cuenta con alcantarillado. Las conexiones domiciliarias, en muchos casos, están interconectadas con el alcantarillado pluvial, llegando a causar serios problemas en las bombas que constantemente entran en mantenimiento.

Actualmente la planta está fuera de funcionamiento, ya que la bomba necesita mantenimiento debido a problemas causados por el sedimento.

## SAN JULIAN/SC /016

<b>Municipio</b>	San Julián	<b>Población (INE)</b>	4.648 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Río Grande	<b>Fecha de visita</b>	02 de septiembre 2011



Fosas de agua residual




<b>Existe PTAR</b>	No	<b>Contaminantes predominantes</b>	Domésticos
<b>Caudal de Agua Residual</b>	-	<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	-
<b>Cuerpo receptor</b>	-		



Distribución de fosas



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		Fosas
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	64°42'40.65" O	<b>Latitud</b>	21°53'32.97" S	<b>Altura</b>	1 321 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20K 323207 E	<b>Y</b>	7578088 S		
<b>Reúso</b>		No	<b>Agua de Riego Clase</b>			<D
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>			-

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de San Julián no tiene PTAR y el sistema de alcantarillado está en proceso de construcción, beneficiando únicamente a la zona central; se tiene previsto presentar un nuevo proyecto que favorezca a otras áreas del municipio y que incluya la construcción de una PTAR.

El municipio se encarga del recojo de las aguas residuales de aquellos domicilios que poseen cámaras sépticas y los desechos son vertidos en fosas que se encuentran en un predio alejado del centro de la ciudad.

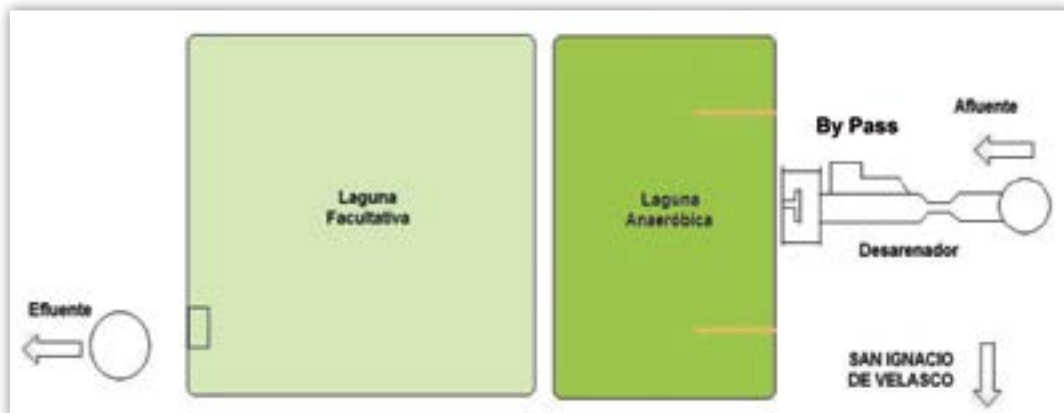
## SAN IGNACIO DE VELASCO/SC/017

<b>Municipio</b>	San Ignacio de Velasco	<b>Población (INE)</b>	20.411 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Iténez	<b>Fecha de visita</b>	29 de agosto 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	3 Años
Caudal de agua residual efluente	20 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalario</li> </ul>
Cuerpo receptor	-		
Población conectada a la red de alcantarillado	60%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas, Desarenador	
	Secundario	Laguna Anaeróbica	
		Laguna Facultativa	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular





Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	60° 58' 13.2" O	<b>Latitud</b>	16° 21' 26.0" S	<b>Altura</b>	413 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 716805 E	<b>Y</b>	8190469 S		
<b>Reúso</b>		No	<b>Agua de Riego Clase</b>			<D
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>			-

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de San Ignacio de Velasco se encuentra activa con dos lagunas, una Anaeróbica y una Facultativa; también posee otras dos pero actualmente se encuentran fuera de funcionamiento.

La ubicación de la planta causa cierta susceptibilidad porque se encuentra en las cercanías de la fuente de agua potable, pues se cree que el agua se infiltra y llega a la laguna, pero diversos ensayos determinaron que la fuente está fuera de peligro.

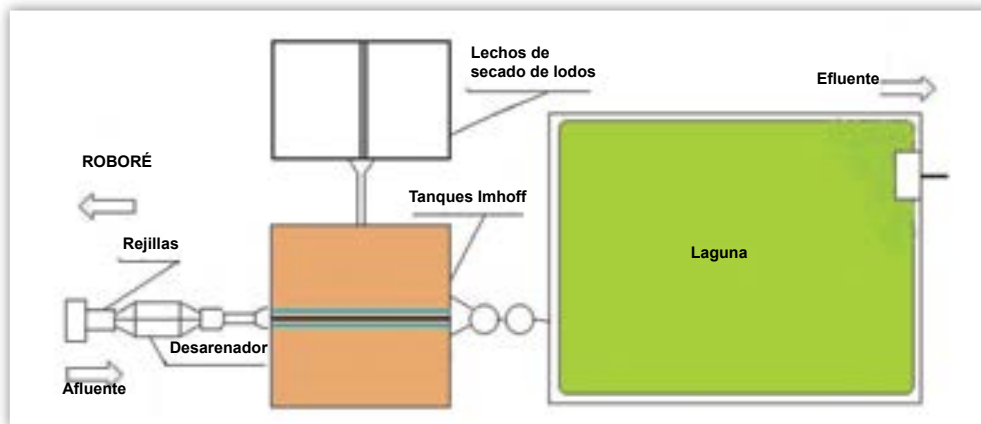
# ROBORÉ/SC/018

<b>Municipio</b>	Roboré	<b>Población (INE)</b>	10.078 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Paraguay	<b>Fecha de visita</b>	31 de agosto 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	4 Años
Caudal de agua residual efluente	30	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	San Rafael		
Población conectada a la red de alcantarillado	50%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas, Desarenador	
	Primario	Tanques Imhoff	
	Secundario	Laguna Facultativa	



Flujograma PTAR



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	59°45'5.08" O	<b>Latitud</b>	18°21'2.3" S	<b>Altura</b>	341 m.s.n.m.
	<b>X</b>	21 K 209219 E	<b>Y</b>	7968821 S		
<b>Reúso</b>		Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>			<D
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>			Maíz, arroz, yuca, frijol, plátano-guineo y cítricos

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR del municipio fue puesta en marcha a principios del 2011; posee un sistema de pre-tratamiento de rejillas, un desarenador y un Canal Parshall para la correspondiente medición de caudales; el flujo continúa hacia los Tanques Imhoff y luego pasa a la Laguna Facultativa.  
Sólo ciertas zonas del municipio cuentan con el servicio de alcantarillado.

## COMARAPA/SC/019

<b>Municipio</b>	Comarapa	<b>Población (INE)</b>	4.168 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Ichilo	<b>Fecha de visita</b>	10 de septiembre 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	No
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	7 años
Caudal de agua residual efluente	20 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Industriales (lácteos)</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	-		
Población conectada a la red de alcantarillado	68%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas	
	Secundario	Lagunas Anaeróbicas	
		Lagunas Facultativas	
		Lagunas de Maduración	






Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	64°31'47.82" O	<b>Latitud</b>	17°54'57.28" S	<b>Altura</b>	1.840 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 338026 E	<b>Y</b>	801857 S		
<b>Reúso</b>		No	<b>Agua de Riego Clase</b>			<D
<b>Área Estimada de Riego</b>		-	<b>Cultivos predominantes</b>			Maíz, Frutilla

### COMENTARIOS GENERALES

En el momento de la investigación, la PTAR de Comarapa estaba en desuso; los problemas de diseño afectaron a la bomba de agua impidiendo que el agua residual ingrese al sistema de tratamiento, desviándola directamente al Río Comarapa que es la fuente principal para la presa La Cañada para luego darle diferentes usos. Actualmente, la PTAR está en funcionamiento ya que se instaló una nueva bomba de lodos que transporta el agua residual al ingreso de las lagunas anaeróbicas, teniendo una eficiencia mayor.

6.7. Fichas Resumen Tarija

**TARIJA/TJ/001**

<b>Municipio</b>	Tarija	<b>Población (INE)</b>	135.783 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Bermejo	<b>Fecha de visita</b>	28 de mayo 2011



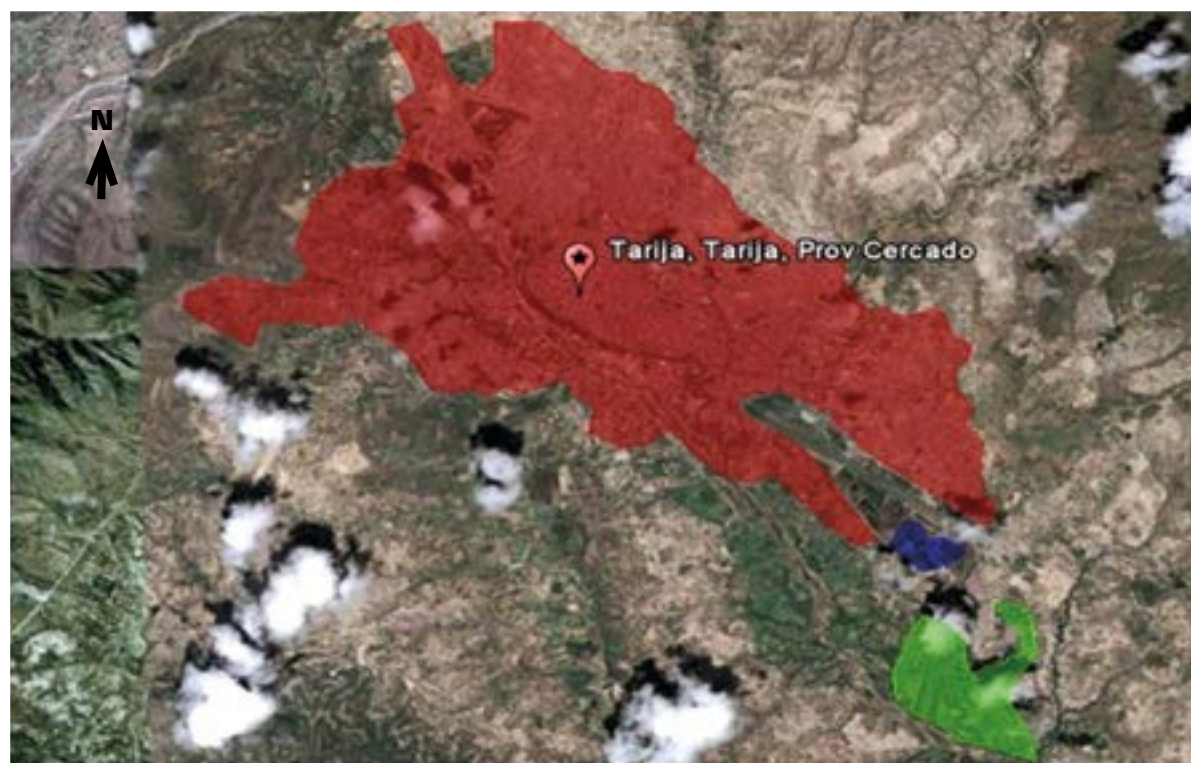
Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	No
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	7 años
Caudal de agua residual efluente	120 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> <li>• Matadero</li> </ul>
Cuerpo receptor	Qda. Torrecillas Río Guadalquivir		
Población conectada a la red de alcantarillado	80%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas	
	Secundario	Lagunas Anaeróbicas	
		Laguna Facultativas	
		Laguna de Maduración	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular



Mapa de Ubicación

Leyenda	Área Urbana	Área de Riego	PTAR
Ubicación PTAR	Longitud	Latitud	Altura
	X	Y	
	64°41'52.47" O	21°33'44.93" S	1847 m.s.n.m.
	20K 324174 E	7614641 S	
Reúso	Sí	Agua de Riego Clase	<D
Área Estimada de Riego	186 ha	Cultivos predominantes	Uva, durazno

## COMENTARIOS GENERALES

Actualmente existe un proyecto para implementar una nueva PTAR en Tarija debido a los problemas de ubicación de la planta existente, cuya eficiencia es aceptable aunque no logra eliminar del todo la cantidad de coliformes. El predio con el que se cuenta es extenso, por lo que se podría construir la nueva planta en el mismo lugar, pero la oposición por parte de algunos sectores impide que este proyecto se realice.

La PTAR actual hace un tratamiento por lagunas en tres etapas: dos Lagunas Anaeróbicas, una Facultativa y otra de Maduración; actualmente, sólo una de ellas está siendo utilizada debido a que la segunda se encuentra colmatada y necesita dragado y limpieza.

La PTAR también cuenta con una planta de bioabono donde el lodo es tratado con lombrices; además, cuenta con un laboratorio de calidad de aguas donde se realizan muestreos diarios y a cada hora.

Existe un reúso de aguas residuales por parte de la población aledaña a la PTAR, principalmente en cultivos de vid y pasturas.

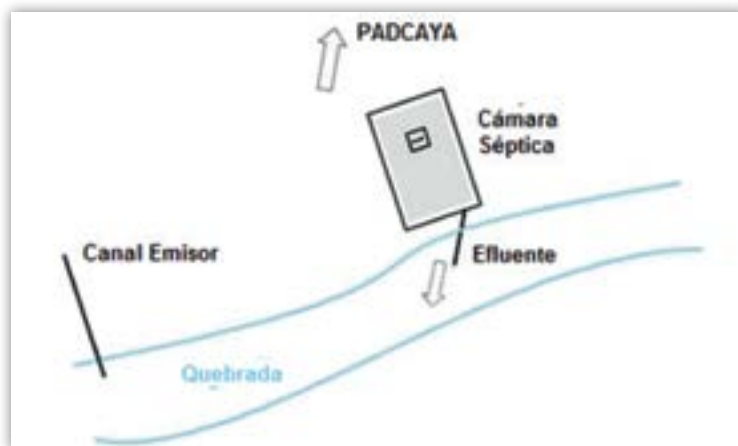
## PADCAYA/TJ/002

<b>Municipio</b>	Padcaya	<b>Población (INE)</b>	2.500 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Bermejo	<b>Fecha de visita</b>	4 de mayo 2011



Agua residual del matadero vertida directamente al río

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	100 m <sup>3</sup>	Antigüedad	10 años
Caudal de agua residual efluente	6 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> <li>• Matadero</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Orozas		
Población conectada a la red de alcantarillado	70%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Ninguno	
	Primario	Cámara Séptica	







Mapa de Ubicación

Leyenda		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
Ubicación PTAR	Longitud	64°42'40.65" O	Latitud	21°53'32.97" S	Altura	1.975 m.s.n.m.
	X	20K 323207 E	Y	7578088 S		
Reúso		Sí	Agua de Riego Clase			<D
Área Estimada de Riego		10 ha	Cultivos predominantes			Papa, arveja, tomate, maíz

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Padcaya posee un sistema de alcantarillado, teniendo un tanque séptico para recoger las ARD. Las aguas residuales son vertidas al río en dos zonas: uno de los puntos de vertido del efluente proviene de una cámara séptica que se encuentra en los predios de una cancha de básquet y sirve de fosa de decantación, pues en ella quedan gran parte de los sólidos; el otro punto de vertido queda a unos 200 m aguas arriba, donde el vertido de las aguas es directo, puesto que el alcantarillado desemboca directamente al río. El matadero municipal también vierte sus aguas en una quebrada que desemboca al río sin realizar tratamiento alguno.

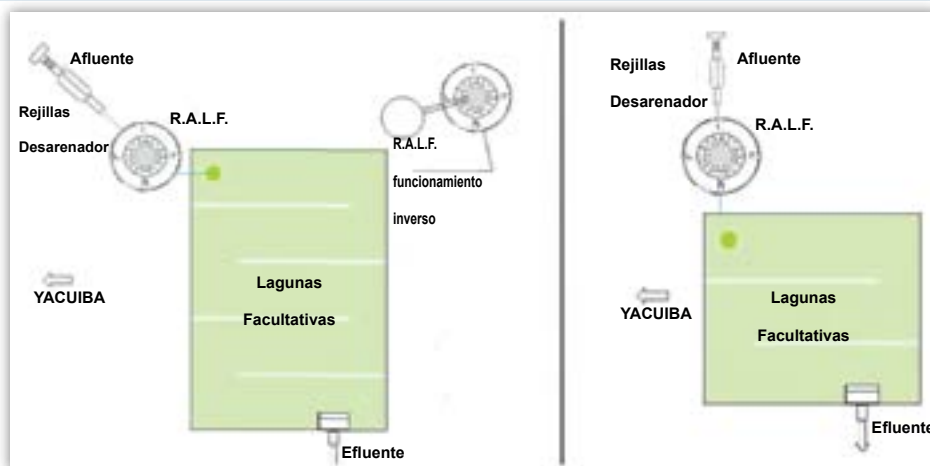
# YACUIBA/TJ/003

<b>Municipio</b>	Yacuiba	<b>Población (INE)</b>	64.611 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	27 de agosto 2011



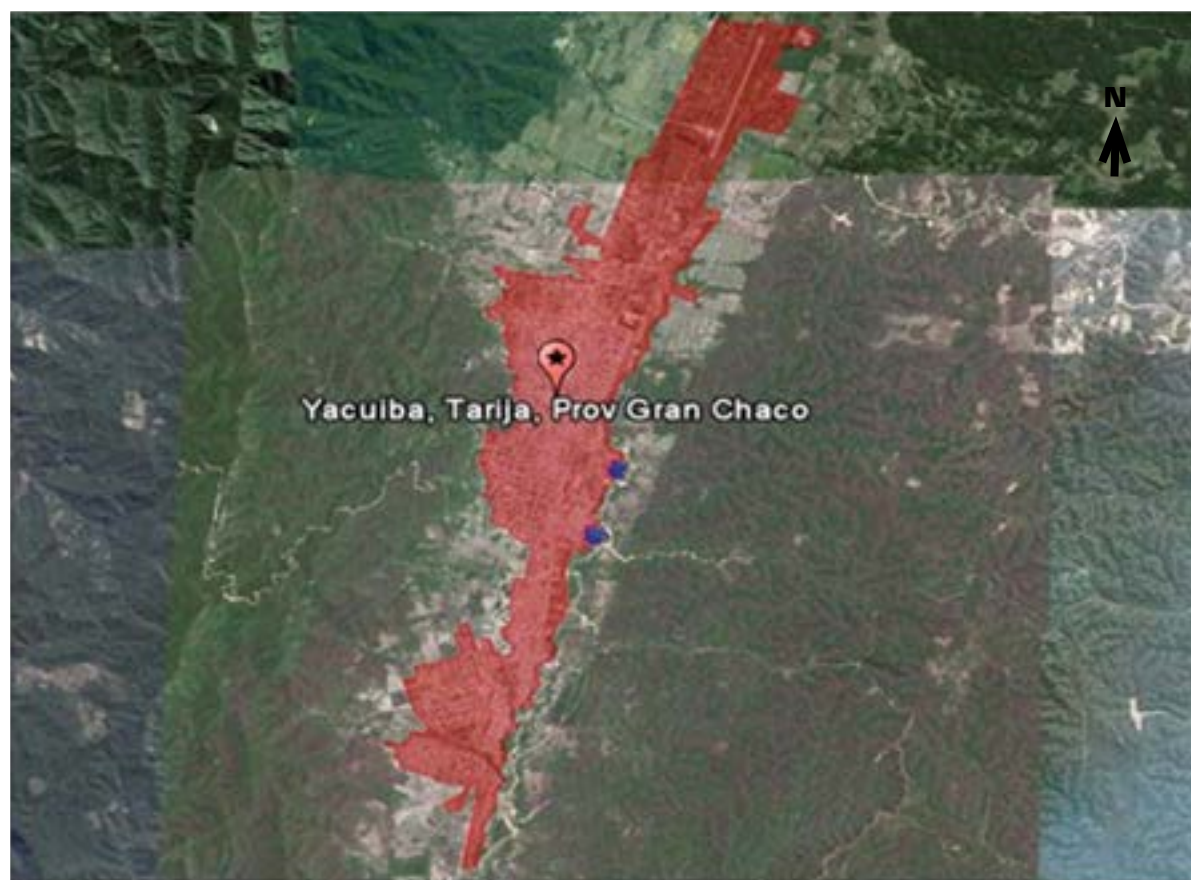
Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	-
Caudal de agua residual efluente	100 l/s	Contaminantes predominantes	• Domésticos
Cuerpo receptor	Qda. Internacional		
Planta de tratamiento		Aserradero	Fray Quebracho
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas, desarenador	Rejillas, desarenador
	Primario	R.A.L.F.	R.A.L.F.
	Secundario	Lagunas Facultativas	Lagunas Facultativas



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

<b>Leyenda</b>		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	63°40'22.56" O	<b>Latitud</b>	22°1'35.47" S	<b>Altura</b>	609 m.s.n.m.
	<b>X</b>	20 K 430551 E	<b>Y</b>	7564084 S		
<b>Reúso</b>	No		<b>Agua de Riego Clase</b>	-		
<b>Área Estimada de Riego</b>	-		<b>Cultivos predominantes</b>	Hortalizas, maíz		

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de Yacuiba cuenta con dos PTARs: Aserradero y Fray Quebracho, ambas a cargo de la Empresa Municipal Autónoma de Agua Potable y Alcantarillado Yacuiba (EMAPYC) que trabaja con la distribución de agua potable y recolección de agua residual por parte de Gobierno Municipal.

Existen zonas como Pozitos y Barrio Nuevo que están fuera de la jurisdicción de EMAPYC y tienen su propia cooperativa. En el caso de Pozitos: la Cooperativa San José y en el de Barrio Nuevo: San Antonio, las cuales únicamente se ocupan de la distribución de agua potable cuando existen problemas entorno al alcantarillado. EMAPYC apoya con el mantenimiento por orden municipal.

Al ser un municipio fronterizo, es importante que los vertidos al Río Internacional estén constantemente bajo control como realiza EMAPYC.

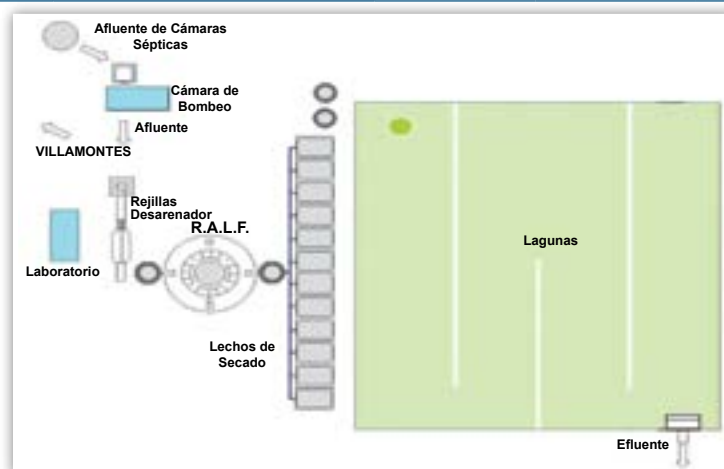
## VILLAMONTES/TJ/004

<b>Municipio</b>	Villamontes	<b>Población (INE)</b>	25.291 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Pilcomayo	<b>Fecha de visita</b>	26 agosto 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	Diseño para 35.314 Hab.	Antigüedad	11 años
Caudal de agua residual efluente	36,06 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Pilcomayo		
Población conectada a la red de alcantarillado	55%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas Desarenador	
	Primario	RALF	
	Secundario	Lagunas Facultativas	



Flujograma PTAR

Tratamiento regular



Mapa de Ubicación

Leyenda		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
Ubicación PTAR	Longitud	63°26' 51.1" O	Latitud	21° 16' 46.6" S	Altura	371 m.s.n.m.
	X	20 K 453575 E	Y	7646840 S		
Reúso		No	Agua de Riego Clase			<D
Área Estimada de Riego		-	Cultivos predominantes			Maíz, soya, tomate, papa

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de Villamontes pertenece a la EPSA Manchaco y fue puesta en marcha en mayo del 2009 beneficiando a 16.411 habitantes.

El sistema de tratamiento presenta una cámara séptica para las aguas residuales colectadas del municipio, un sistema de bombeo que las une con aguas del sistema de alcantarillado para luego pasar por el desarenador y el sistema de rejillas, posteriormente pasa hacia el RALF, teniendo como tratamiento final un proceso mediante lagunas. Los lodos son vertidos en los respectivos lechos de secado.

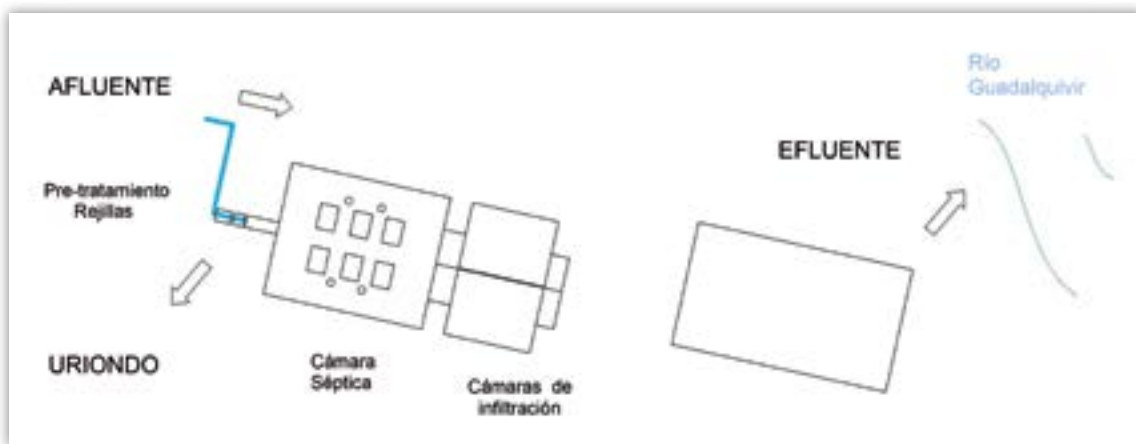
# URIONDO/TJ/005

<b>Municipio</b>	Uriondo	<b>Población (INE)</b>	1.850 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Bermejo	<b>Fecha de visita</b>	03 de mayo 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	5 años
Caudal de agua residual efluente	17 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Guadalquivir		
Población conectada a la red de alcantarillado	80%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas	
	Primario	Cámara Séptica	
	Secundario	Cámaras Infiltración	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

Leyenda	Área Urbana	Área de Riego	PTAR
Ubicación	Longitud	Latitud	Altura
PTAR	X	Y	371 m.s.n.m.
Reúso	Sí	Agua de Riego Clase	<D
Área Estimada de Riego	18 ha	Cultivos predominantes	Vid, maíz, tomate, forraje

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR del municipio de Uriondo se encuentra ubicada a 1 km del centro, cuyo canal de conducción está sobre un muro de mampostería de piedra.

El sistema posee pre-tratamiento, que consiste en unas rejillas sedimentadoras desde donde el agua residual pasa al tanque séptico y, posteriormente, a la fosas de infiltración. A pesar de que se realiza la correspondiente limpieza, las cámaras se encuentran colmatadas. El proceso continúa y el agua residual se deriva a una segunda fosa de infiltración de menor altura.

El efluente es evacuado a unos 600 m en el Río Guadalquivir.

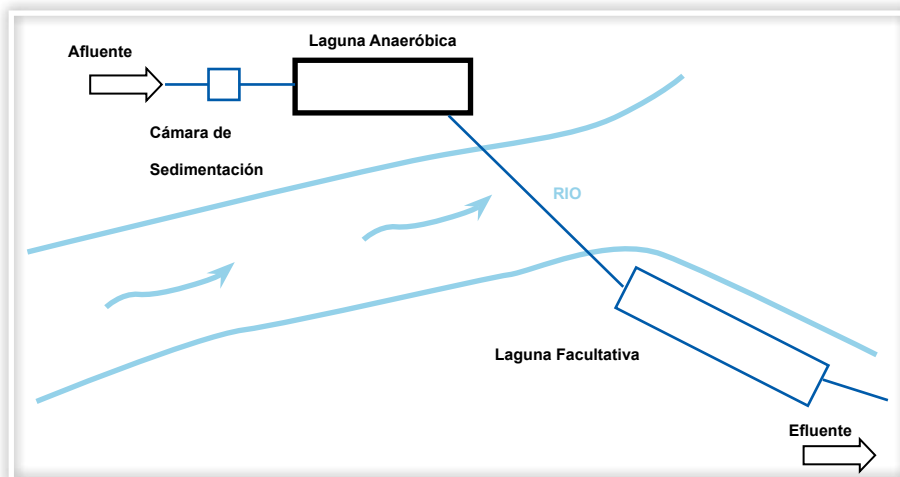
# SAN LORENZO/TJ/006

<b>Municipio</b>	San Lorenzo	<b>Población (INE)</b>	2.752 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Bermejo	<b>Fecha de visita</b>	28 de abril 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	15 Años
Caudal de agua residual efluente	8 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticas</li> <li>• Hospitalarias</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Guadalquivir		
Población conectada a la red de alcantarillado	75%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Cámara de Sedimentación	
	Secundario	Laguna Anaeróbica	
		Laguna Facultativa	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo





Mapa de Ubicación

Leyenda		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
Ubicación PTAR	Longitud	64°44'46.36" O	Latitud	21°25'29.66" S	Altura	1.914 m.s.n.m.
	X	20K 319016 E	Y	7629818 S		
Reúso	Sí		Agua de Riego Clase	<D		
Área Estimada de Riego	33 ha		Cultivos predominantes	Maíz, trigo, papa, hortalizas, avena, forraje		

### COMENTARIOS GENERALES

La PTAR de San Lorenzo posee dos cámaras receptoras que desembocan a una primera laguna anaeróbica -lo que representa un primer tratamiento-, la segunda laguna se encuentra en el margen opuesto al río; ambas están conectadas por medio de un sifón.

La falta de limpieza y mantenimiento se ve reflejada en la inaccesibilidad a las lagunas, debido a que la maleza creció de tal forma que imposibilita el acceso a las mismas.

La segunda laguna, de aproximadamente 1.800 m<sup>2</sup>, posee un canal rectangular de evacuación que desemboca en los campos de infiltración de la comunidad de El Rancho pero, por la susceptibilidad de contaminación de los acuíferos que dotan de agua potable a la comunidad por medio de pozos subterráneos, el canal fue tapado y el efluente de la PTAR desemboca en el Río Guadalquivir. Dicho río, en ocasiones, es cerrado desviando el caudal a la acequia que pasa por debajo del canal del efluente.

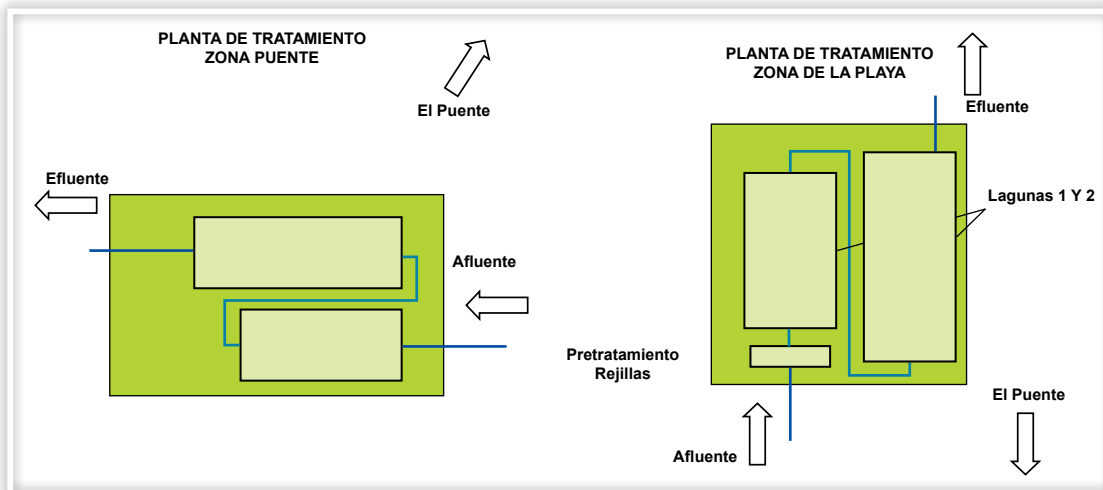
## EL PUENTE/TJ/007

<b>Municipio</b>	El Puente	<b>Población (INE)</b>	1.100 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	San Juan del Oro	<b>Fecha de visita</b>	17 de mayo 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	No
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	25 Años
Caudal de agua residual efluente	-	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Guadalquivir		
Población conectada a la red de alcantarillado	80%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas	
	Secundario	Lagunas Facultativas	



Flujograma PTAR

Tratamiento malo



Mapa de Ubicación

Leyenda	Área Urbana	Área de Riego	PTAR
<b>Ubicación PTAR</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>Altura</b>
	X	Y	
	20 K 270913 E	7650798 S	2.329 m.s.n.m.
<b>Reúso</b>	Sí	<b>Agua de Riego Clase</b>	<D
<b>Área Estimada de Riego</b>	29 ha	<b>Cultivos predominantes</b>	Zanahoria, cebolla, maíz, tomate, arveja, papa, alfalfa

### COMENTARIOS GENERALES

El municipio de El Puente posee dos PTARs, ya que el sistema de alcantarillado se divide en dos debido a la variación de pendientes.

El problema de ambas plantas radica en que estuvieron diseñadas para una capacidad menor a la que soportan actualmente, razón por la cual se encuentran en ínfimas condiciones. En ambas plantas el caudal para el que fueron creadas fue sobrepasado al punto de colmatar e inundar el área que ocupan.

Este problema ocasiona rebalses en las cámaras de inspección correspondientes al sistema que desemboca a la PTAR; los rebalses afectan a los vecinos de calles adyacentes a las zonas central y periférica del municipio, además que uno de ellos desemboca en un canal de riego.

En lo que respecta a la PTAR de la zona de El Puente, ésta quedó inaccesible debido a la falta de limpieza por el crecimiento de la maleza.

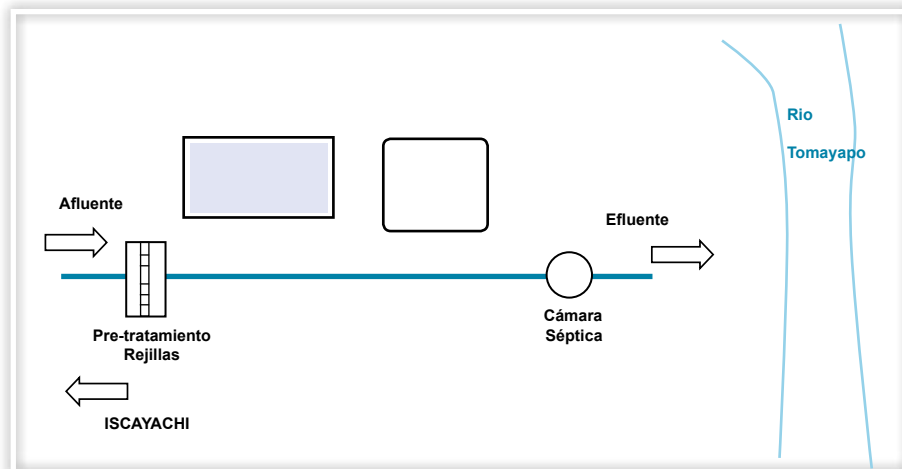
# ISCAYACHI/TJ/008

<b>Municipio</b>	Iscayachi	<b>Población (INE)</b>	621 Hab.
<b>Cuenca inmediata</b>	Bermejo	<b>Fecha de visita</b>	19 de mayo 2011



Vista PTAR

Existe PTAR	Sí	En funcionamiento	Sí
Capacidad PTAR	-	Antigüedad	15 Años
Caudal de agua residual efluente	3 l/s	Contaminantes predominantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domésticos</li> <li>• Hospitalarios</li> </ul>
Cuerpo receptor	Río Tomayapo		
Población conectada a la red de alcantarillado	70%		
Tecnología de tratamiento	Pre-tratamiento	Rejillas	
	Primario	Cámara séptica	



Flujograma PTAR

Tratamiento deficiente



Mapa de Ubicación

Leyenda		Área Urbana		Área de Riego		PTAR
Ubicación PTAR	Longitud	64°57'52.57" O	Latitud	21°28'51.50" S	Altura	3.434 m.s.n.m.
	X	20K 296453 E	Y	7623342 S		
Reúso		Sí	Agua de Riego Clase			<D
Área Estimada de Riego		4 ha	Cultivos predominantes			Papa, alfalfa

### COMENTARIOS GENERALES

El área que ocupa la PTAR de Iscayachi es reducida y su funcionamiento es sencillo. El afluente es conducido por un canal enterrado en perfectas condiciones, porque a lo largo de este canal emisor no se observa ningún tipo de filtración; llegando a la PTAR, pasa por un pre-tratamiento de rejillas, posteriormente pasa a una cámara cilíndrica de sedimentación para luego ser evacuado.

El diseño del sistema parece haber incluido una laguna, porque en inmediaciones de la planta existe una excavación que actualmente no está conectada al sistema y que se encuentra llena con agua de lluvia.

En lo que respecta a su construcción, la planta no está concluida.

## Glosario

AAPS	Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico	PSDSB	Plan Sectorial de Desarrollo de Saneamiento Básico
ACC	Adaptación al Cambio Climático	PROAGRO	Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable
ARD	Aguas Residuales Tratadas	PROAPAC	Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario para Pequeñas y Medianas Ciudades
CAPyS	Comité de Agua y Saneamiento	PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
CTRL	Comité Técnico de Registros y Licencias	RAFA	Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno	RALF	Reactor Anaeróbico de Lodo Fluidizado
DESCOM	Desarrollo Comunitario	RILES	Residuos Líquidos Industriales
DQO	Demanda Química de Oxígeno	SAGUAPAC	Cooperativa de Servicios Públicos de Santa Cruz
ENR	Escuela Nacional de Riego	SENARI	Servicio Nacional de Riego
EPA	Escuela Plurinacional del Agua	SENASBA	Servicio Nacional para la Sostenibilidad de los Servicios en Saneamiento Básico
GAD	Gobiernos Autónomos Departamentales	UV	Luz Ultravioleta
GAM	Gobiernos Autónomos Municipales	VRHR	Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	VAPSB	Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico
INE	Instituto Nacional de Estadística		
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua		
PDM	Planes de Desarrollo Municipal		
PERIAGUA	Programa para Servicios Sostenibles de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Periurbanas		

## ANEXO 1

Centros poblados estudiados

**CHUQUISACA****Sección capital – Provincia Oropeza**

Sucre

**1ra Sección Yotala - Provincia Oropeza**

Yotala

**1ra Sección Zudáñez - Provincia Zudáñez**

Zudáñez

**3ra Sección Mojocoya - Provincia Zudáñez**

Redención Pampa

**1ra Sección Padilla - Provincia Tomina**

Padilla

**2da Sección Tomina - Provincia Tomina**

Tomina

**1ra Sección Monteagudo - Provincia Hernando Siles**

Monteagudo

**1ra Sección Tarabuco - Provincia Yamparáez**

Tarabuco

**2da Sección Yamparáez Provincia Yamparáez**

Yamparáez

**1ra Sección Camargo - Provincia Nor Cinti**

Camargo

**2da Sección San Lucas - Provincia Nor Cinti**

San Lucas

**1ra sección Villa Serrano - Provincia Belisario Boeto**

Villa Serrano

**1ra Sección Camataqui - Provincia Sud Cinti**

Villa Abecia

**2da Sección Culpina - Provincia Sud Cinti**

Culpina

**3ra Sección Las Carreras - Provincia Sud Cinti**

Las Carreras

**1ra Sección V. Vaca Guzmán - Provincia Luis Calvo**

Villa Vaca Guzmán (Muyupampa)

**3ra Sección Incahuasi - Provincia Nor Cinti**

Incahuasi

Villa Charcas

**LA PAZ****Sección capital - Provincia Murillo**

La Paz

**2da Sección Mecapaca - Provincia Murillo**

Mecapaca

**4ta Sección El Alto - Provincia Murillo**

El Alto

**1ra Sección Achacachi - Provincia Omasuyos**

Achacachi

**2da Sección Ancoraimos - Provincia Omasuyos**

Ancoraimos

**7ma Sección Nazacara de Pacajes - Provincia Pacajes**

Nazacara

**1ra Sección Sorata - Provincia Larecaja**

Sorata

**1ra Sección Viacha - Provincia Ingavi**

Viacha

**3ra Sección Tiahuanacu - Provincia Ingavi**

Tiahuanaku

**3ta Sección Desaguadero - Provincia Ingavi**

Desaguadero

**1ra Sección Luribay - Provincia Loayza**

Luribay

**4ta Sección Colquiri - Provincia Inquisivi**

Colquiri

**1ra Sección Chulumani - Provincia Sur Yungas**

Chulumani

**4ta Sección Palos Blancos - Provincia Sur Yungas**

Palos Blancos

**1ra Sección Pucarani - Provincia Los Andes**

Pucarani

Cohana

**5ta Sección Patacamaya - Provincia Aroma**

Patacamaya

**1ra Sección Coroico - Provincia Nor Yungas**

Coroico

**1ra Sección Copacabana - Provincia Manco Kapac**

Copacabana

**1ra Sección Caranavi - Provincia Caranavi**

Caranavi

## COCHABAMBA

### Sección Capital Cochabamba - Provincia Cercado

Cochabamba

Canal Valverde

Torrentera

La Maica

### 1ra Sección Aiquile - Provincia Campero

Aiquile

### 1ra Sección Tarata - Provincia Esteban Arze

Tarata

### 1ra Sección Arani - Provincia Arani

Arani

### 1ra Sección Capinota - Provincia Capinota

Capinota

Irpa Irpa

### 2da Sección Santivañez - Provincia Capinota

Santivañez

### 1ra Sección Cliza - Provincia Jordan

Cliza

### 1ra Sección Quillacollo - Provincia Quillacollo

Quillacollo

El Paso

### 2da Sección Sipe Sipe - Provincia Quillacollo

Sipe Sipe

### 3ra Sección Tiquipaya - Provincia Quillacollo

Tiquipaya

### 4ta Sección Vinto - Provincia Quillacollo

Vinto

Parotani

### 1ra Sección Sacaba - Provincia Chapare

Sacaba

### 1ra Sección Totora - Provincia Carrasco

Totora

### 2da Sección Pojo - Provincia Carrasco

Pojo

### 1ra Sección Mizque - Provincia Mizque

Mizque

### 1ra Sección Punata - Provincia Punata

Punata

### 1ra Sección Tiraque - Provincia Tiraque

Tiraque

## SANTA CRUZ

### Sección Capital Santa Cruz - Provincia Andrés Ibañez

Santa Cruz de la Sierra

Sta. Cruz Parque Industrial

Sta. Cruz Parque Industrial 2

### 1ra Sección Warnes - Provincia Warnes

Warnes

### 2da Sección Charagua - Provincia Cordillera

Charagua

### 6ta Sección Camiri - Provincia Cordillera

Camiri

### 7ma Sección Boyuibe - Provincia Cordillera

Boyuibe

### 1ra Sección Valle Grande - Provincia Valle Grande

Valle Grande

Valle Grande 2

Guadalupe

### 4ta Sección Valle Grande - Provincia Valle Grande

PostreValle

### 1ra Sección Samaipata - Provincia Florida

Samaipata

### 3ra Sección Mairana - Provincia Florida

Mairana

### 1ra Sección Montero - Provincia Obispo Santistevan

Montero

### 3ra Sección Mineros - Provincia Obispo Santistevan

Mineros

### 4ta Sección San Julian - Provincia Ñuflo de Chavez

San Julian

### 1ra Sección Comarapa - Provincia Manuel María Caballero

Comarapa

### 1ra Sección San Ignacio - Provincia Velasco

San Ignacio de Velasco

### 3ra Sección Robore - Provincia Chiquitos

Roboré



## ORURO

### Sección Capital Oruro - Provincia Cercado

Oruro

### 1ra Sección Caracollo - Provincia Cercado

Caracollo

### 1ra Sección Challapata - Provincia Avaroa

Challapata

### 1ra Sección C. de Carangas - Provincia Sajama

Curahuara de Carangas

### 1ra Sección Poopó - Provincia Poopó

Poopo

### 1ra Sección Huanuni - Provincia Pantaleón

Dalence

Huanuni

### 1ra Sección Salinas de G. Mendoza - Provincia L. Cabrera

Salinas de Garci Mendoza

### 2da Sección Pampa Aullagas - Provincia L. Cabrera

Pampa Aullagas

### 1ra Sección Toledo - Provincia Saucari

Chuquiña

### 1ra Sección Eucaliptus - Provincia Tomas Barrón

Eucaliptus

### 1ra Sección S. de Huari - Provincia Sebastian Pagador

Santiago de Huari

## POTOSI

### Sección Capital Potosí - Provincia Tomás Frías

Potosí

### 2da Sección Yocalla - Provincia Tomás Frías

Yocalla

### 1ra Sección Uncía - Provincia Rafael Bustillo

Uncía

### 3ra Sección Llalagua - Provincia Rafael Bustillo

Catavi, Llalagua

### 1ra Sección Betanzos - Provincia Cornelio Saavedra

Betanzos

### 2ra Sección Chaqui - Provincia Cornelio Saavedra

Chaqui

### 1ra Sección Cotagaita - Provincia Nor Chichas

Santiago de Cotagaita

### 1ra Sección Tupiza - Provincia Sur Chichas

Tupiza

### 1ra Sección Colcha "K" - Provincia Nor Lípez

San Cristobal

### 1ra Sección Puna - Provincia José María Linares

Puna

### 1ra Sección Uyuni - Provincia Antonio de Quijarro

Uyuni

### 1ra Sección Villazón - Provincia Modesto Omiste

Villazón

## TARIJA

### Sección Capital Tarija - Provincia Cercado

Tarija

### 1ra Sección Padcaya - Provincia Arce

Padcaya

### 1ra Sección Yacuiba - Provincia Gran Chaco

Yacuiba

### 2da Sección Villamontes - Provincia Gran Chaco

Villamontes

### 1ra Sección Uriondo - Provincia Aviléz

Uriondo

### 1ra Sección San Lorenzo - Provincia Méndez

Villa San Lorenzo

### 2da Sección El Puente - Provincia Méndez

El Puente

Iscaiyachi

## ANEXO 2

# FICHA DE REGISTRO REÚSO DE AGUAS

<b>Código:</b>	Arani/007
<b>Encargado del Llenado de la ficha</b>	Ing. Luis Fernando Guzmán Bejarano
<b>Fecha</b>	11 de agosto del 2010

### I) Lugar



<b>Descripción:</b>	<p>La Planta de Tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Arani, ubicada en la carretera a Punata, está actualmente en desuso ya que no existen responsables que se ocupen de su cuidado y mantenimiento. La PTAR fue creada el año 2000 por USAID y la Alcaldía de Arani, luego fue propiedad de la cooperativa de agua, que no realizó un buen mantenimiento y el agua rebalsaba retornando a la ciudad. Los vecinos de la zona, quienes son los principales usuarios de estas aguas, reclamaron la propiedad de las lagunas y fue desde entonces que esta PTAR está abandonada.</p>
---------------------	--

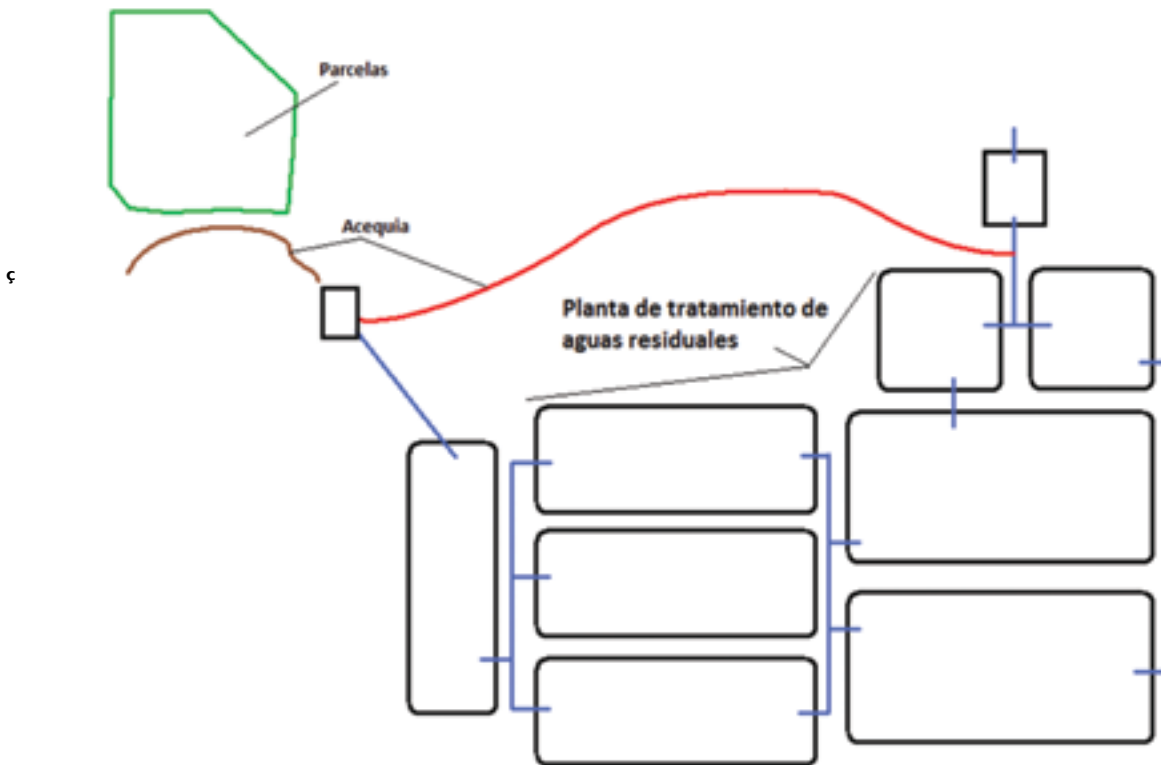
2) Ubicación

<b>Ciudad</b>	Arani	<b>Cuenca principal</b>	Amazonas	
<b>Municipio</b>	Arani	<b>Camino de acceso</b>	Carretera a Punata	
<b>Provincia</b>	Arani	<b>Coordenadas Geográficas</b>	Longitud	65°46'4,8"O
<b>Departamento</b>	Cochabamba		Latitud	17°34'23,5"S
<b>Nombre del Río</b>	Acequia	<b>Coordenadas UTM</b>	X	20 K 204022 E
<b>Cuenca hidrográfica inmediata</b>	Río Pocoata		Y	8055622,15 S
		<b>Altura</b>	2.727 m.s.n.m.	

3) Mapa de la ciudad



4) Croquis de acceso al sitio de Toma de Muestra



5) Fotografía del curso del agua servida



Acequia desviada con agua servida



*Acequia de agua servida*



*Afluente de la PTAR*

6) Fotografía de parcelas bajo riego



Cultivos regados con aguas residuales

7) Áreas de riego y urbana



	Área Urbana		Área de cultivos		PTAR
--	-------------	--	------------------	--	------

## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

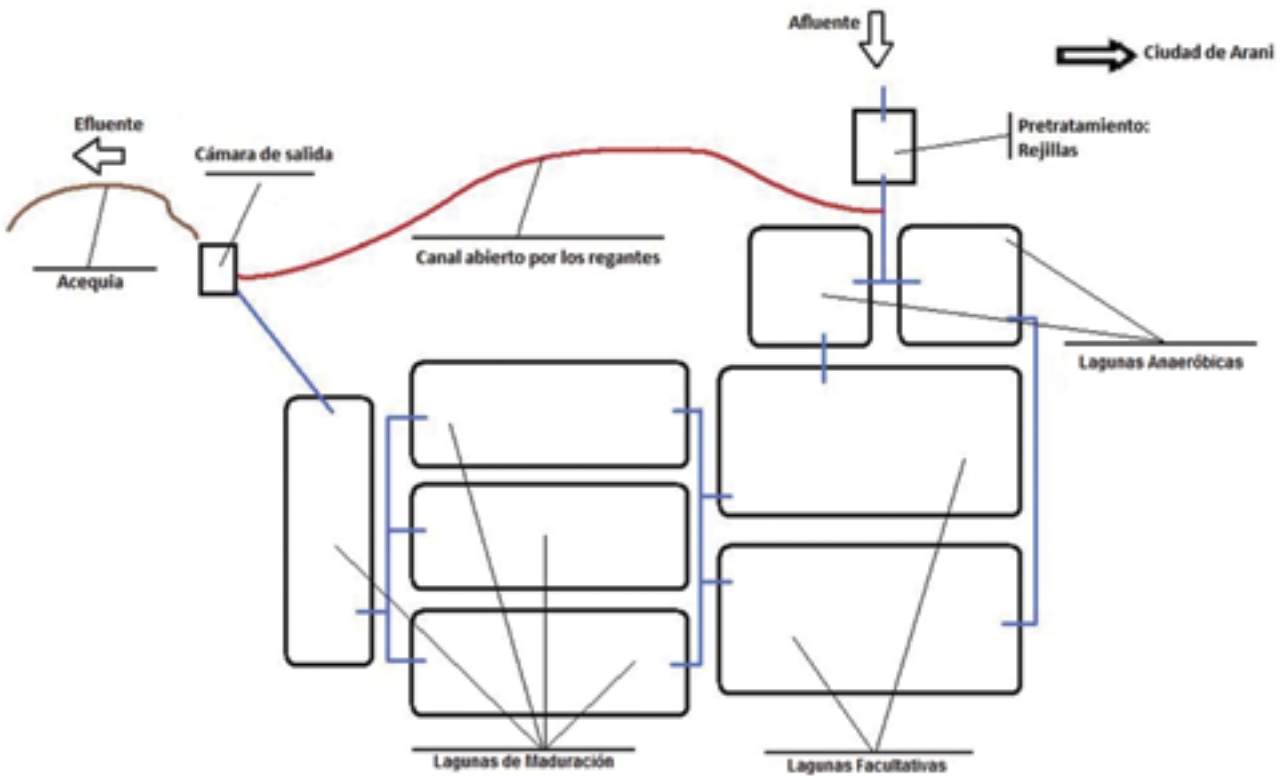
<b>Datos Generales :</b>		
<b>8) Población</b>		
<b>Número de Habitantes</b>	3.512	Hab.
<b>Tasa de crecimiento poblacional</b>	-1,42	
<b>Número de viviendas</b>	1.194	
<b>Número de fábricas</b>	1	
<b>Principales actividades económicas</b>	Agricultura	Comercio
	Ganadería	Panadería
<b>Vertido de aguas residuales y excretas humanas</b>	Alcantarilla	
<b>Población conectada a la red de alcantarillado</b>	60%	
<b>Contaminantes predominantes</b>	Domésticos	
	Matadero	
<b>Variedad de Cultivos</b>	Maíz, Trigo, Alfalfa	
<b>Caudal de agua potable</b>	20	l/s
<b>Caudal de agua servida</b>	16	l/s
<b>Caudal de agua re-utilizada</b>	16	l/s
<b>Precipitación media anual</b>	500	[mm]

<b>9) Planta de tratamiento de aguas</b>		
<b>Existe tratamiento de aguas</b>	Si	No
<b>Distancia aproximada a la ciudad</b>	2,27 Km	
<b>Tecnología</b>	Pretratamiento	Rejillas
	Tratamiento Primario	Lagunas de Estabilización
	Tratamiento secundario	Lagunas de Estabilización
<b>Capacidad</b>	10l/s	
<b>Efectividad</b>	0%	
<b>Años de vida útil</b>	20	
<b>Antigüedad</b>	10	
<b>Uso de agua tratada</b>	Riego	
<b>TRH</b>	0	
<b>Encargados</b>	NO	
<b>Disposición de Lodos</b>	NO	

I0) Ubicación de Planta de tratamiento de aguas



II) Flujograma de la Planta de Tratamiento de Aguas





**12) Datos de parámetros de contaminación**

PARÁMETRO	Concentracion	Límite permisible aguas clase "B"	Unidades
pH	7,35	6 a 9	
Temperatura	24	± 3° C de c. receptor	°C
Sólidos Suspendidos	982	Ausentes	mg/l
TDS	513	50	PPM
Oxígeno Disuelto	4	>7	mgO2/l
% de saturación de OD	34	>70	% de saturación
DBO5	746,5	<5	mgO2/l
DQO	1493	<10	mgO2/l
Nitratos	21,7	50	mg/l
Nitritos	0,044	<1	mg/l
N Amoniacal	2,32	1	mg/l
Fosfatos	79,5	0,5	mg/l
Manganeso	0,497	0,5	mg/l
Cromo Hexavalente	0	0,05	mg/l
Cobre	0	1	mg/l
Hierro	0	0,3	mg/l
Colifórmes Fecales	Sin Datos	Ausentes	N/100ml

**13) Aspectos Sociales y de salubridad**

<b>Identificación de usuarios</b>	30 Familias de Villa Evita
<b>Cuantificación de Usos</b>	Riego 80%, Abrevadero 20%
<b>Aspectos Sociales</b>	Molestia de olores principalmente. Tienen turnos de riego cada mes a un día, los vecinos son los que se apropiaron de la planta de tratamiento, supuestamente para darle un uso adecuado, lo cual no se ve reflejado y la alcaldía de Arani está en intentos de recuperarla.
<b>Efectos en la salud de la población</b>	Ninguno. Según la encuesta realizada no se presentan casos de riesgos en la salud por el riego con estas aguas residuales ya que no la utilizan para beber.

**14) Comentarios acerca del reúso de aguas que considere necesario mencionar.**

Los vecinos no están utilizando la PTAR ya que en el punto de ingreso a las lagunas hicieron un canal para que vaya directamente a su acequia y puedan regar con mayores cantidades, por lo tanto, están regando con aguas directamente de la alcantarilla.

Las personas del lugar aprovechan estas aguas residuales para el riego de sus cultivos, lo cual muchos indican que les da beneficios ya que las plantas están creciendo rápidamente, lo cual nos comprueba juntamente con los análisis de laboratorio que estas aguas presentan elevados parámetros de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo.

### **I5) Análisis de riesgos probables por el reúso de aguas residuales**

Algunos de los riesgos que se podría tener por el reúso de estas aguas residuales podrían estar ligados directamente con el ganado vacuno ya que algunas personas les dan de beber a su ganado por la falta de agua potable en la zona, lo cual puede tener consecuencias en problemas intestinales, parasitosis y problemas de piel.

La muestra tomada no presenta metales pesados por lo que no existe ningún problema de bio-acumulación.

Las bajas cantidades de oxígeno disuelto indican que el cuerpo de agua prácticamente está muerto.

### **I6) Comentarios finales**

Existe discrepancia sobre la responsabilidad de gestión de la PTAR, no hay un responsable directo que se preocupe por el cuidado y mantenimiento de las lagunas.

Teniendo recién la mitad de años de vida útil esta planta de tratamiento, por la falta de cuidado y mantenimiento, ya es considerada una planta sobresaturada y sin ninguna funcionalidad.

## ANEXO 3

# TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO DE AR NIVEL MUNDIAL

### Lodos activos (tratamiento secundario)

Las plantas de lodos activos cuentan con una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven substancialmente materia orgánica. También pueden atrapar partículas de material y -bajo condiciones ideales- convertir amoníaco en nitrito y nitrato, y en última instancia en gas nitrógeno. Son procesos muy complejos. Normalmente es necesario transformar el nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) en nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y después recircular el nitrato en zonas anóxicas (sin oxígeno disuelto), donde las bacterias usan el oxígeno del nitrato para respirar. Estos procesos necesitan mucho más volúmen que solamente la degradación de la carga orgánica y mucha más energía; por esto la eliminación del nitrógeno es cara. El lodo activado es un proceso de tratamiento por el cual el agua residual y el lodo biológico (microorganismos) son mezclados y aireados en un tanque denominado reactor. Los flóculos biológicos formados en este proceso se sedimentan en un tanque de sedimentación, de donde son nuevamente recirculados al tanque de aireación.

En el proceso de lodos activados, los microorganismos son completamente mezclados con la materia orgánica en el agua residual, de manera que ésta les sirve de sustrato alimenticio. Es importante indicar que la mezcla o agitación se efectúa por medios mecánicos

superficiales o sopladores sumergidos, los cuales tienen doble función:

- » Producir mezcla completa y
- » Agregar oxígeno al medio, para que el proceso se desarrolle.
- » Elementos básicos de las instalaciones del proceso de lodos activados son:
- » Tanque de aireación. Estructura donde el desagüe y los microorganismos (incluyendo retorno de los lodos activados) son mezclados.
- » Tanque sedimentador. El desagüe mezclado procedente del tanque de aireación es sedimentado separando los sólidos suspendidos (lodos activados), obteniéndose un desagüe tratado clarificado.
- » Equipo de inyección de aire, para activar las bacterias.
- » Sistema de retorno de lodos. El propósito de este sistema es el de mantener una alta concentración de microorganismos en el tanque de aireación. Una gran parte de sólidos biológicos sedimentables son devueltos al tanque de aireación.
- » Exceso de lodos y su disposición. El exceso de lodos, debido al crecimiento bacteriano en el tanque de aireación, es tratado y eliminado.
- » Es posible combinar las etapas descritas

con digestores de lodo. El gas generado se puede usar para producir energía eléctrica.

### **Biodiscos (Tratamiento secundario)**

Los biodiscos son como su nombre le indica, unos discos, generalmente de PVC, Polietileno o Polipropileno, que están girando parcialmente sumergidos en el agua residual y que sirven de soporte para que las colonias de bacterias se adhieran y formen una biomasa constante y confinada a una superficie determinada, de modo que no se produzcan desprendimientos por mal funcionamiento o vertidos accidentales. Se trata de sistemas muy estables y con escasas variaciones en su rendimiento.

Se alojan en varios depósitos de hormigón (por ejemplo) colocados en paralelo, para poder realizar un proceso de depuración en serie y en varias etapas. Los biodiscos giran a la vez que están parcialmente sumergidos, de manera que en su recorrido de 360 grados, una partícula recorre todas las fases posibles; desde las totalmente aeróbicas cuando está fuera del agua residual hasta las anaeróbicas cuando está sumergida, y por supuesto, interfases anóxicas que corresponden a zonas intermedias.

Es perfectamente posible, si se dimensiona correctamente el proceso, conseguir tanto la eliminación de la materia orgánica disuelta como la del nitrógeno amoniacal (a excepción del nitrógeno total).

### **Uso de los lodos producidos (tratamiento y reúso de lodos)**

En todas las técnicas descritas (lagunas, reactores anaeróbicos, filtros, biodiscos, etc.), se obtiene

como producto del proceso lodos; a ello se debe la necesidad de encontrar una solución para su depósito o uso. Actualmente, en Bolivia no existe una norma técnica que indique cómo manejar estos lodos. Las EPSA precisan buscar soluciones que optimicen costos y reduzcan impactos negativos sobre el medio ambiente.

Estos lodos tienen altos contenidos de nitrógeno (33 a 65g N/kg SS) y fósforo (21-81g P/kg SS) y se podrían usar como abono en la agricultura. Sin embargo, esta solución requiere de una organización especial para entregar los lodos a campesinos y una distribución de éstos en áreas grandes (valor de referencia: 5 t SS en 3 años.). El uso del lodo en la agricultura significa la necesidad de investigaciones del lodo respecto a materias nocivas, como por ejemplo metales pesados. En caso de lagunas grandes (por ejemplo Puchukollo), el uso en la agricultura es problemático por la demanda muy grande de áreas. Hay que considerar, en caso de la eliminación de los lodos de las lagunas anaeróbicas, que los lodos acumulados durante años representan un gran volumen. Es posible usar el lodo en forma líquida o seca: para distribuir el lodo (seco), se necesitan máquinas especiales. También se pueden quemar los lodos en centrales energéticas térmicas. En caso de una concentración de los sólidos aproximadamente mayor a 28%, no se necesitará energía adicional.

## ANEXO 4

### Eficiencias típicas de remoción

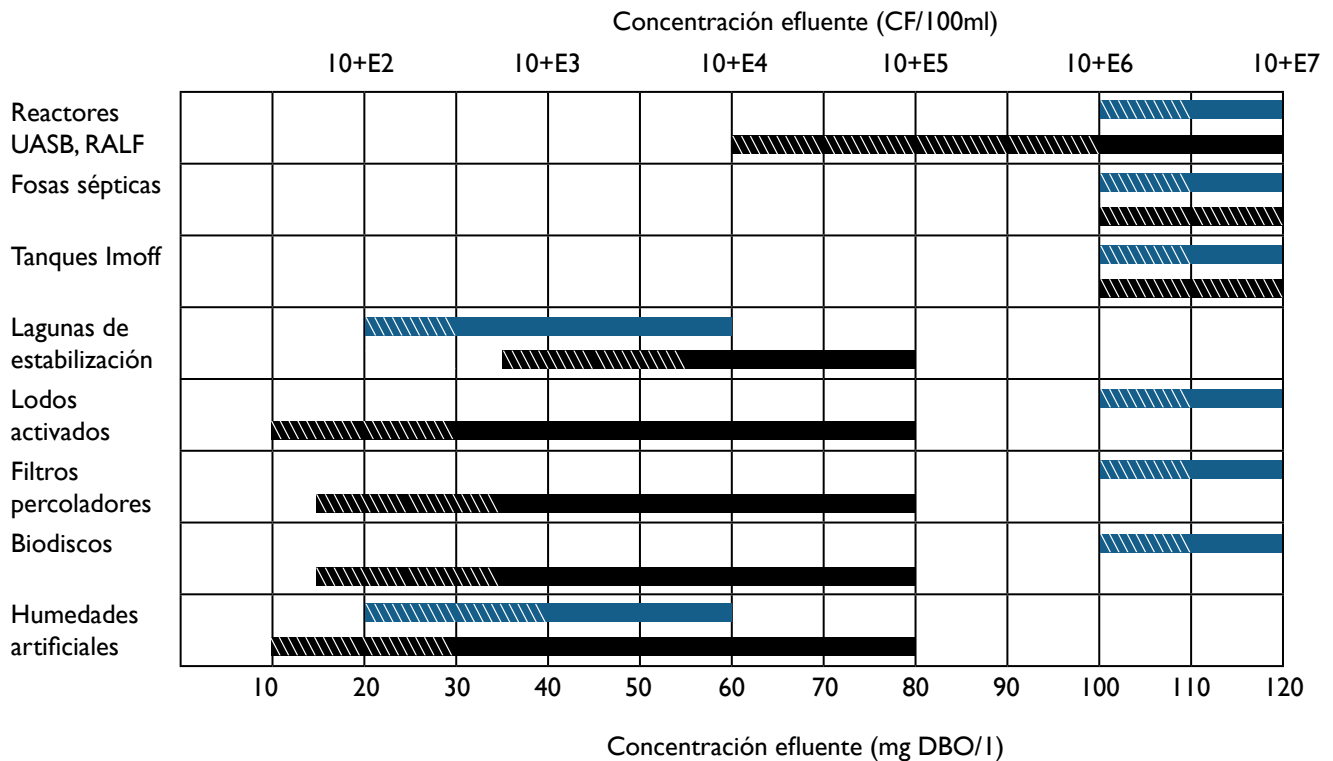
La eliminación de la DBO es una tarea fundamental de todos los sistemas comunes. Sin embargo, los valores son diferentes en el posible efluente dependiendo del diseño. Las PTAR correctamente diseñadas pueden cumplir valores límites de 80mg DBO/l. Este valor incluye la DBO de las algas, que se calcula entre 15 hasta 30mg DBO/l (lagunas). En condiciones favorables se puede lograr valores para la DBO soluble menores a 50mg/l e incluso 30mg/l. Con lodos activados es posible lograr un valor de hasta 15mg DBO/l con un diseño adecuado. El rendimiento depende especialmente de la edad del lodo, la temperatura del agua, así como la calidad del sedimentador secundario. Con filtros percoladores y biodiscos es posible obtener los mismos valores. Con pantanos artificiales es posible cumplir valores de 20mg DBO/l. Como postratamiento, los valores pueden ser menores. Con reactores anaeróbicos (UASB, RALF, u otros) sería posible una reducción de la DBO hasta un 80%, dependiendo de la temperatura y del tiempo de detención. En función de la carga específica y de la concentración en la entrada se puede lograr valores del efluente entre 60 – 100 mg DBO/l. Normalmente estos reactores están acompañados de lagunas para mejorar el efluente.


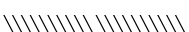
Eliminación de coliformes fecales: Sistemas técnicos como lodos activados, filtros percoladores, biodiscos, reactores UASB y otros no son capaces de eliminar coliformes en un grado alto. Como máximo se puede calcular una remoción de más ó menos un logaritmo de unidad. Lo mismo vale para Tanques Imhoff y fosas sépticas.

324

El gráfico A I. I es una referencia para el rango de valores en condiciones usuales y favorables. En todo sistema de PTAR es posible disminuir los coliformes casi en su totalidad, mediante la instalación de una estación de desinfección (cloración, luz ultravioleta, ozono).

**Gráfico A1.1 Potencial de la eliminación de la DBO y coliformes fecales de diferentes sistemas**



 Rango de valores que se puede esperar  
 Rango de valores, en caso de un diseño especial y/o condiciones muy favorables

**Coliformes**

**DBO**

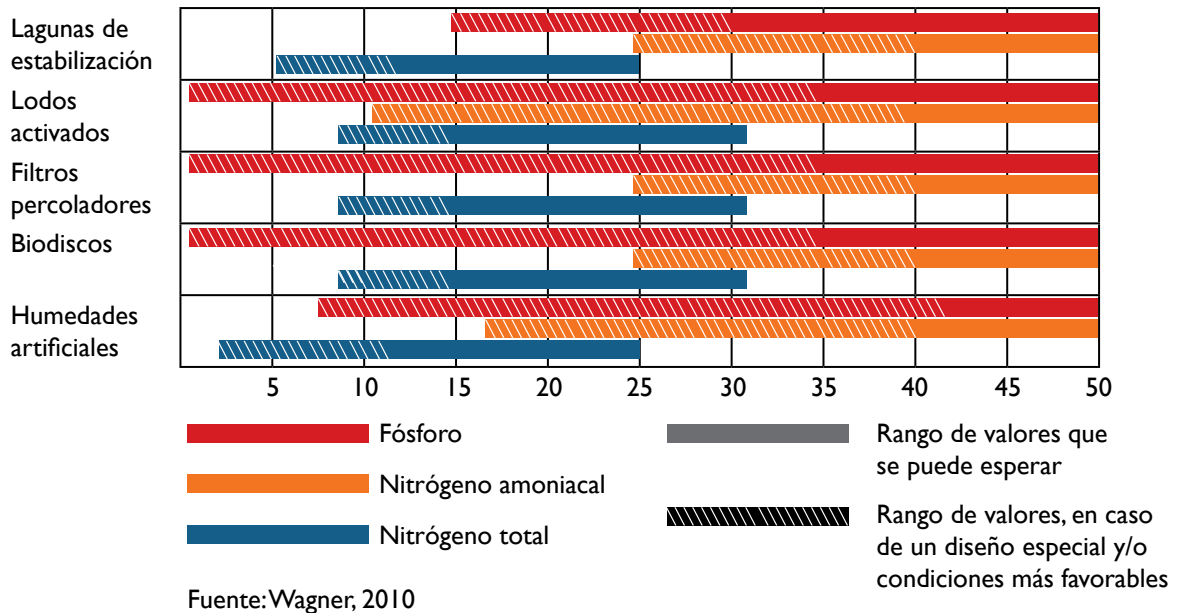
El gráfico A1.2 muestra rangos de valores para el efluente de PTAR que se pueden esperar para los diferentes sistemas. Los valores del efluente para cada sistema dependen de muchos factores. Éstos son especialmente:

- » Cargas (concentraciones) a la entrada.
- » Caudales a la entrada.
- » Diseño de la planta.
- » Temperatura.
- » Valor de pH.
- » Componentes en el agua que inhiben las reacciones bioquímicas.

También se pueden encontrar concentraciones para cada parámetro y cada sistema dos rangos de valores: i) El rango rayado representa valores en casos favorables (concentraciones bajas en la entrada, diseños seguros grandes volúmenes y áreas, técnicas especiales para eliminar nutrientes, otros); ii) El rango uniforme simboliza valores sin un diseño especial para eliminar nutrientes y condiciones normales o menos favorables.

Los valores para el fósforo no prevén una precipitación ni una filtración con floculación, porque existe la posibilidad de combinar estas técnicas con cada sistema, se pueden lograr los mismos valores del efluente con cada sistema (Precipitación: 2mg P/l filtración: 0,5 mg P/l).

**Gráfico A1.2 Concentraciones de fósforo, nitrógeno amoniacal y nitrógeno total en el afluente de las plantas**



Para el tema biológico la tabla A1.1 muestra las principales características de los tres grupos de organismos responsables de los Riesgos Biológicos

**Tabla A1.1 Características organismos responsables de riesgos biológicos**

ORGANISMO	TAMAÑO (um)	PUNTOS DE ORIGEN	RESISTENCIA A LA DESINFECCION	REMOSION POR SEDIMENTACION, COAGULACION Y FILTRACION
BACTERIAS	0.1 - 10	Humanos y animales, agua y alimentos contaminados.	Las esporas bacterianas tienen más resistencia que las vegetativas	Buena, 2 a 3 log.
VIRUS	0.01 – 0.1	Humanos y animales, agua y alimentos contaminados.	Generalmente más resistentes que las bacterias vegetativas	Pobre, 1 a 3 log.
PROTOZOARIOS	1 - 20	Humanos y animales, alcantarillado, vegetación en descomposición.	Más resistentes que los virus y las bacterias vegetativas.	Buena, 2 a 3 log.

Fuente: Environmental Protection Agency, «Alternative Disinfectants and Oxidants Guidance Manual», EPA 815-R-99-014, Abril 1999.

## ANEXO 5

## Concentraciones máximas tolerables en suelo para varios compuestos químicos con base a la protección de la salud humana

Químico	Concentración en el suelo (mg/kg)
Elemento:	
Antimonio	36
Arsénico	8
Bario <sup>a</sup>	302
Berilio <sup>a</sup>	0,2
Boro <sup>a</sup>	1,7
Cadmio	4
Flúor	635
Plomo	84
Mercurio	7
Molibdeno <sup>a</sup>	0,6
Níquel	107
Selenio	6
Plata	3
Talio <sup>a</sup>	0,3
Vanadio <sup>a</sup>	47
Compuestos orgánicos:	
Aldrina	0,48
Benceno	0,14
Clordano	3
Clorobenceno	211
Cloroformo	0,47
1,4-D	0,25

Químico	Concentración en el suelo (mg/kg)
DDT	1,54
Diclorobenceno	15
Dieldrina	0,17
Dioxinas	0,00012
Heptacloro	0,18
Hexaclorobenceno	1,4
Lindano	12
Metoxicloro	4,27
PAH como benzo (a)pireno	16
PCB's	0,89
Pentaclorofenol	14
Ftalato	13,733
Pireno	41
Estireno	0,68
2,4,5 - T	3,82
Tetracloroetano	1,25
Tetracloroetileno	0,54
Tolueno	12
Toxafeno	0,0013
Tricloroetano	0,68
<sup>a</sup> Los límites numéricos para estos elementos están dentro el rango típico para suelos.	
Fuente: En base a OMS, 2006.	



## ANEXO 6

Estudios sobre los riesgos para los consumidores: la prevalencia de la infección y los riesgos relativos o probabilidades en las poblaciones que consumen o no verduras crudas regadas con aguas residuales

**Table 3.10 Studies of risks to consumers: Prevalence of infection and relative risks or odds ratios in populations consuming or not consuming uncooked vegetables irrigated with wastewater**

Health outcome and outcome measure	Wastewater quality	Age group (years)	Prevalence of outcome measure (%)	Relative risk or odds ratio (95% CI)	Study group and comparison	Reference
Ascariasis (prevalence)	Untreated	Adults	70 vs 10	7.0 <sup>b</sup>	Prison population eating vegetables irrigated with wastewater vs village population not using wastewater or nightsoil in agriculture	Khalil (1931) <sup>d</sup>
Ascariasis (prevalence — routine data)	Untreated	All ages	50 vs 6	8.3 <sup>b</sup>	City where untreated wastewater used to irrigate vegetables vs average of five cities with no wastewater irrigation	Baumhogger (1949); Krey (1949) <sup>a</sup>
Ascariasis (prevalence — routine data)	Untreated	All ages	(i) 35 vs 1 (ii) 13 vs 1	(i) 35.0 (32.56–37.62) <sup>b</sup> (ii) 13.0 <sup>b</sup>	General population eating wastewater-irrigated vegetables vs general population not consuming wastewater-irrigated vegetables (i) 1935–1947 vs 1948–1966 (ii) 1968–1970 vs 1975–1982	Shual, Yekutiel & Fattal (1984)
Ascariasis (prevalence)	Untreated and treated (storage reservoirs)	5+	4.9 vs 2.9	1.43 (1.07–1.92)**	Consumption of local vegetables (wastewater-irrigated fields) vs vegetables grown outside village	Cifuentes (1998)
Ascariasis (prevalence)	(i) Untreated and treated (ii) Untreated (iii) Treated <1 nematode egg per litre	<15	(i) 41.1 vs 16.4 (ii) 46.5 vs 17.3 (iii) 36.5 vs 13.3	(i) 2.41 (1.07–5.44)* (ii) 4.15 (1.89–9.41)*** (iii) 3.74 (0.80–17.38)	Consumption of uncooked vegetables from local (wastewater-irrigated) field or garden vs no consumption	Peasey (2000)
		>15 male	(i) 22.4 vs 8.8 (ii) 22.4 vs 9.5 (iii) 8.0 vs 12.5	(i) 3.93 (1.01–15.24) (ii) 2.74 (0.84–8.81) (iii) 0.61 (0.06–5.81)		
Ascariasis (prevalence)	Treated (sedimentation and biological oxidation)	All ages	2.2 vs 6.1	0.26 <sup>b</sup>	City where treated wastewater used to irrigate vegetables vs average of five cities with no wastewater irrigation	Baumhogger (1949); Krey (1949) <sup>a</sup>

## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

Health outcome and outcome measure	Wastewater quality	Age group (years)	Prevalence of outcome measure (%)	Relative risk or odds ratio (95% CI)	Study group and comparison	Reference
<i>Helicobacter pylori</i> infection (seroprevalence)	Untreated	<35	38 vs 9	3.25 (1.94–5.71)***	Consumption of uncooked vs cooked vegetables	Hopkins et al. (1993)
Diarrhoeal disease (self-reported two-weekly prevalence)	Untreated and treated	5+	19.0 vs 10.0	2.00 (1.37–2.93)***	Family grows salad crops (wastewater irrigated) vs family does not grow salad crops	Cifuentes (1998)
Diarrhoeal disease (self-reported weekly prevalence)	Treated (storage reservoirs); 10 <sup>4</sup> faecal coliforms/100 ml	1–4	<1/week, 2.6	1.00	Medium and high frequencies of consumption of uncooked onions vs low frequency	Blumenthal et al. (2003)
			1/week, 9.5	3.80 (1.24–11.68)		
			>1/week, 5.8	2.19 (0.54–8.89)		
				<i>P</i> = 0.05		
15+	<1/month, 2.4	1.00				
	1–3/month, 8.7	3.99 (1.62–9.82)				
	1/week, 6.0	2.58 (1.05–6.39)				
	>1/week, 5.5	2.24 (0.88–5.71)				
		<i>P</i> < 0.01				
Norovirus infection (Mexico strain) (seroresponse)	Treated (storage reservoirs); 10 <sup>4</sup> faecal coliforms/100 ml	5–14	0/2 weeks, 13.6	1.00	Different frequencies of consumption of uncooked green tomatoes	Blumenthal et al. (2003)
			1/2 weeks, 20.6	1.44 (0.76–2.75)		
			2–14/2 weeks, 29.6	2.52 (1.03–6.13)		

Significance levels: \*, *P* < 0.05; \*\*, *P* < 0.01; \*\*\*, *P* < 0.001

<sup>a</sup> Described in Shuval et al. (1986).

<sup>b</sup> Crude relative risk calculated from prevalence data reported.

<sup>c</sup> Crude odds ratios and 95% confidence intervals calculated for prevalence data reported: (i) adjusted odds ratios; (ii) and (iii) crude odds ratios.

## ANEXO 7

# ESTUDIO DE CASO

### **DIMENSIONES SOCIOECONÓMICAS ASOCIADAS A LAS PRÁCTICAS DE REÚSO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES PRODUCTIVOS EN EL ALTIPLANO**

#### **INTRODUCCIÓN**

Con el objeto de proveer al Ministerio de Medio Ambiente y Agua información complementaria para facilitar la adecuada toma de decisiones en el área de reúso agrícola de las aguas residuales en el altiplano, en el período enero – mayo de 2013, El Banco Mundial<sup>1</sup> apoyó la realización de un estudio de aspectos sociales y económicos importantes asociados a estas prácticas de riego.

El estudio está orientado a la identificación de ventajas e inconvenientes vinculados al reúso de aguas residuales con fines agro-productivos en diferentes escenarios del altiplano boliviano, así como analizar: (i) el nivel de conocimiento que agricultores y consumidores tienen sobre el reúso; (ii) la capacidad y la disposición al pago de los agricultores por los servicios de gestión de las infraestructuras complementarias de tratamiento, regulación y/o distribución de aguas residuales construidas en el marco de un sistema planificado para la reducción de riesgos y maximización de beneficios de las prácticas de reúso; y (iii) la identificación de barreras y riesgos para la implementación de políticas y estrategias que viabilicen la implementación de sistemas planificados de reúso.

El estudio también incluye información sobre aspectos relevantes de la comercialización

de productos agrícolas cultivados con aguas residuales en la zona, la elección de productos cultivados, mecanismos para la fijación de precios, puntos de venta, canales de distribución y nivel de información del consumidor final.

Finalmente, un sondeo de opinión en los principales mercados a los que los mayoristas llevan sus productos o que ellos mismos los expenden, ha permitido conocer y organizar información acerca de la percepción de comercializadores y consumidores sobre productos que se riegan con aguas residuales en relación a procedencia, canales, efectos sobre precios, potencialidad del reúso y medidas de reducción de riesgos.

La metodología aplicada en el estudio se basa en encuestas, grupos focales, paneles y entrevistas en profundidad, concentrando el levantamiento de información en seis comunidades poblaciones seleccionadas. La información corresponde a una muestra extraída del conjunto de hogares establecidos en viviendas particulares del área rural de seis municipios del departamento de La Paz. El estrato municipal, comprende a comunidades de los municipios de Palca, Mecapaca, El Alto, Batallas, Viacha (en dos áreas productivas) y Patacamaya en el área de influencia de los afluentes de las plantas de tratamiento allá donde existen, o de los cauces donde son vertidas las aguas negras de las correspondientes zonas urbanas. El sondeo de opinión a comercializadores y productores se realizó en los mercados de Villa Dolores

<sup>1</sup> “Estudio de las dimensiones socioeconómicas asociadas a las prácticas de reúso de aguas residuales con fines productivos en el Altiplano”, Encargado por WSP del Banco Mundial a CARE – Bolivia, mayo de 2013.

(El Alto); en la ciudad de La Paz los mercados Rodríguez y Villa Fátima; y en la Zona Sur las ferias itinerantes que se asientan una vez a la semana en la Calle 21 de Calacoto y Av. Costanera y en la Calle 12 de Obrajes y Av. Costanerita.

### RESULTADOS Y HALLAZGOS DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS PRODUCTORES

#### Ventajas e inconvenientes asociados al reúso

Los productores no tienen adecuado nivel de conocimiento sobre las ventajas e inconvenientes del uso de aguas residuales en riego de productos alimenticios y las medidas de protección que toman son limitadas aún cuando aseguran usar con frecuencia medios de protección. Los productores muestran limitaciones en cuanto a conocimientos de ventajas, riesgos e inconvenientes asociados al reúso.

De acuerdo a las indagaciones de campo, solo un 44,1% de los agricultores encuestados conoce que el uso de aguas residuales en riego tiene ventajas; éstos valoran mejoras en la productividad y menor necesidad de fertilizantes en la actividad agrícola. El 59,8% de los encuestados reconoce riesgos e inconvenientes referidos a la salud, destacando mayoritariamente la alta posibilidad de enfermedades reumáticas, pulmonares, digestivas y de la piel, y en menor proporción enfermedades para su ganado.

Del total de productores encuestados, el 31,1% declara usar aguas servidas para el riego de sus cultivos. Son los productores de Mecapaca, Viacha-Chonchocoro y Patacamaya, en menor proporción, los que se tienen arraigada la práctica del reúso. Estos productores valoran en la misma proporción, cerca del 70%, ventajas e inconvenientes o riesgos. Los productores que declaran no usar aguas servidas para sus actividades agrícolas saben que las mismas

provocan muchos más riesgos e inconvenientes (59%) que ventajas (33%). Las proporciones encontradas permiten apreciar que la experiencia de agricultores que reúsan, influye de manera significativa en el conocimiento de ventajas, riesgos e inconvenientes.

En la comparación de los ambientes de Cabecera de Valle y Altiplano, respecto a ventajas identificadas por los que reúsan (lo reconozcan o no), se ha considerado a Mecapaca y Palca, El Alto y Viacha-Chonchocoro. Estas zonas de producción fueron seleccionadas en función a que los productores de Mecapaca y Viacha-Chonchocoro tienen práctica en el reúso, son receptores de aguas residuales de los grandes centros urbanos de La Paz y El Alto y son proveedores de alimentos de consumo básico. Las zonas productoras de El Alto y Palca son incluidas como testigos por su similitud en la producción agrícola y similares formas y lugares de comercialización, aunque sin influencia de aguas residuales.

En ambos ecosistemas se sabe de ventajas del reúso por parte de los productores que ya practican (Mecapaca y Viacha-Chonchocoro) y de aquellos que no lo hacen (Palca y El Alto).

En el ambiente de Cabecera de Valle (Palca y Mecapaca), las ventajas más reconocidas son la reducción de usos de fertilizantes, la posibilidad de varias cosechas y en el caso específico de Mecapaca, la mayor productividad y la inexistencia de pagos por el reúso. En este ambiente, hay un reconocimiento fuerte de riesgo por enfermedades de ellos mismos y en menor grado posibles enfermedades del ganado o salinización del suelo.

Los productores del altiplano (El Alto y Viacha-Chonchocoro), identifican ventajas referidas a la reducción de la necesidad de fertilizantes,

mayor productividad y el no pago por las aguas de reúso, siendo menos identificadas las ventajas de mejora el suelo (salvo en El Alto). En el altiplano se identifican riesgos e inconvenientes referidos a enfermedades en general, seguido de enfermedades del ganado y problemas de la piel sentidas con mayor incidencia en Viacha Chonchocoro.

En ambos casos, Cabecera de Valles y Altiplano, las comunidades que reúsan identifican con mayor facilidad las ventajas, inconvenientes y riesgos del reúso. Es relevante que casi el 70% de los productores que reúsan conozcan estos aspectos.

### **Conocimiento de medidas de protección**

Del total de agricultores que reconocen reusar, sólo el 16,1% manifiesta no aplicar ninguna medida de protección, mientras que los demás toman diversas medidas para reducir riesgos de enfermedades y problemas en la piel. Destacan el uso de botas y guantes como las medidas principales.

Los productores que tienen mayor conocimiento de los riesgos que conlleva el reúso a la salud humana, manifiestan usar equipamiento que los proteja, sobre todo aquellos que han identificado las enfermedades como riesgo.

Cuando el jefe de hogar es el hombre, tiene un mejor equipamiento (botas y guantes), como medidas de precaución para evitar enfermedades, aunque las entrevistas a profundidad, permitieron detectar que las medidas, particularmente botas, son usadas más frecuentemente en períodos de lluvias que como medida habitual de protección.

La información levantada establece que el sexo del jefe de hogar en el área de estudio, tiene alguna influencia en las medidas que toman para evitar enfermedades, esto a favor del jefe de hogar hombre.

El estudio también demuestra que existe influencia del nivel de educación en la adopción de medidas precautorias que se toman para reducir riesgos en cuanto al uso de botas, guantes y máscara. Los productores con educación primaria y secundaria declaran mayor uso de equipos de protección que aquellos sin educación.

Asimismo, se pudo establecer que no hay una tendencia que confirma que a mayor edad mayor conocimiento de ventajas, riesgos e inconvenientes asociados al reúso de aguas residuales para fines productivos. Se ha encontrado que los jefes de hogar con edades entre 30 a 69 años conocen más sobre las ventajas e inconvenientes del reúso.

### **Empleo de aguas residuales para el riego, productividad y potenciales ingresos para pagos por un tratamiento adicional**

El estudio desarrolla un análisis comparativo de las condiciones de producción y productividad del cultivo de la lechuga en comunidades de Palca y Mecapaca, por similitudes en las labores agrícolas y de comercialización y diferencias sólo en el origen de las aguas de riego. Este cultivo es priorizado por los productores en ambos sistemas productivos, principalmente por su demanda en el mercado, generación de ingresos, ciclo corto de producción (hasta 3 cosechas al año), alta exigencia de nutrientes para un desarrollo óptimo y relativa facilidad de laboreo.

Los productores recurren a la aplicación de fertilizantes químicos, principalmente úrea, con la finalidad de promover un rápido crecimiento y aumento en peso. Los rendimientos productivos de ambos sistemas se encuentran próximos al promedio nacional de 20 Tn/ha. Existe un relativo incremento de productividad en el cultivo de lechuga de agricultores que emplean aguas residuales como riego en Mecapaca, frente

a agricultores que aplican aguas provenientes de deshielos de nevados en Palca, rendimiento incremental que no es posible de atribuir únicamente al reúso de aguas residuales, dado que en estas comunidades hay práctica en la utilización de fertilizantes químicos y orgánicos.

Los sistemas productivos en comunidades de Cabecera de Valle son muy diversificados, llegando a producir 28 tipos de cultivos entre hortalizas, flores, cereales, tubérculos y frutas; y están orientadas en un 90%a al mercado. La productividad de la lechuga en Palca es 18.7 Ton/Ha, producción regada mediante sistema de riego cuya fuente principal son ríos que vienen de los deshielos del Mururata y el Illimani. En Mecapaca, donde la producción es regada sobre todo con aguas residuales de la ciudad de La Paz, el rendimiento es ligeramente superior: 20.5 Ton/Ha. Sin embargo, los productores declaran una aplicación mayor de fertilizantes químicos.

En el altiplano se han identificado 8 tipos de productos, principalmente tubérculos, granos y forrajes destinados mayoritariamente a la alimentación de ganado lechero.

La producción está dirigida principalmente a la generación de excedentes y no al autoconsumo. Los agricultores de la zona de estudio del altiplano destinan un 87.23% de la producción al consumo de su ganado (forraje para la alimentación de ganado y producción de leche destinada a las plantas de procesamiento) y 22.77% lo destinan al mercado; mientras que agricultores de cabeceras de valle destinan un 76.7% de su producción al mercado.

Realizando el cálculo del valor bruto de la producción, los productores de Patacamaya y Batallas (Altiplano) y Mecapaca (cabecera de valle) estarían en mejores condiciones económicas que Viacha, El Alto y Palca para el pago bajo un esquema planificado de reúso.

Los agricultores tanto de cabecera de valle como del altiplano, combinan diversas estrategias para obtener mayor productividad de la tierra, en particular el uso de abono animal. Es por ello que el porcentaje de productores que usa exclusivamente fertilizante químico es bajo frente al uso de abono natural.

### ***Productores y la comercialización de los productos regados con aguas residuales***

No se observa una vinculación directa entre el tipo de agua para riego y los canales de venta de los productos regados con aguas residuales. Asimismo se evidencia que los productos regados con aguas residuales no reciben menor precio de venta.

Los productores que hacen reúso, conocen muy bien su mercado, identifican las épocas del año en que sus productos tienen competencia de productores del interior del país y rotan sus cultivos buscando obtener el precio máximo.

En Mecapaca, como municipio de Cabecera de Valle receptor de aguas residuales de la ciudad de La Paz, la producción está destinada a los consumidores de las ciudades de La Paz y El Alto. Se detecta dependencia de los comerciantes mayoristas que reparten los productos a los mercados llamados de El Alto y de Villa Dolores de la ciudad de El Alto; en la ciudad de La Paz, en los mercados Rodríguez y el de Villa Fátima y en la Zona Sur las ferias itinerantes que se asientan una vez a la semana en la Calle 21 de Calacoto y Av. Costanera y en la Calle 12 de Obrajes y Av. Costanerita. Algunos productores venden directamente al consumidor en calles determinadas que rodean estos mercados a partir de asentamientos tradicionales y conocidos tanto por productores como por consumidores. La venta directa también se da en las mismas comunidades y ferias locales periódicas.

Entre las desventajas citadas por los productores,

la dificultad de vender el producto ocupa un tercer lugar, luego de la preocupación por sus efectos en la salud humana y animal. Sin embargo, en los municipios de Palca, que no hace reúso de aguas y Mecapaca, en menor proporción, se evidencia preocupación por encontrar barreras en la comercialización.

Los productos regados con aguas residuales no reciben menores precios de venta debido a las siguientes razones: las hortalizas son más atractivas visualmente (tamaño sobre todo), la mayor parte no declara su procedencia y esta producción se mezcla con otra que tiene riego tradicional. Sólo para algunos productores que reúsan (17,4%), el menor precio es una desventaja de producir usando aguas residuales para riego.

En el caso de los productores que reúsan en el altiplano, los productores lecheros tienen mecanismos formales de comercialización a las plantas de procesamiento de lácteos y un rango de precios delimitado por parámetros de calidad, fijados a partir de normas nacionales.

### ***Interés de los productores en participar de un sistema planificado y reducción de los riesgos e inconvenientes propios del reúso no planificado***

Los agricultores de los municipios de cabecera de valle, como los de municipios del altiplano, declaran un interés manifiesto por recibir agua de sistemas planificados de reúso. Más del 90% de los encuestados está a favor de la implantación de programas de reúso de aguas residuales para fines productivos.

De los agricultores que saben que regar con aguas residuales provoca riesgos e inconvenientes, una gran mayoría (92,4%),

estarían interesados en recibir aguas residuales tratadas para riego de sus cultivos. El alto interés por la implementación de sistemas planificados para el uso de aguas residuales tratadas, demuestra que los agricultores confían en que riesgos e inconvenientes por el reúso, pueden ser controlados y que, por tanto, estos sistemas podrían mejorar sus actividades productivas.

A los productores les interesa tener fuentes alternativas de riego y la mayoría de ellos estarían interesados en recibir aguas residuales tratadas para mejorar su producción. Los agricultores consultados en entrevistas a profundidad y que en la actualidad tienen disponibilidad de agua, manifiestan interés por recibir aguas residuales tratadas por cuanto los periodos de sequía en el altiplano y en cabeceras de valle son cada vez más prolongados y declaran tener información sobre la probable disminución en la disponibilidad de agua por efecto del Cambio Climático.

Aún cuando más de la mitad de productores encuestados identifica riesgos en el reúso de aguas residuales para fines de riego, también identifican ventajas potenciales de su utilización. El 88,9%, expresa su voluntad de participar en un hipotético proyecto de reúso, condicionado a la implantación de soluciones tecnológicas de tratamiento adecuadas y sostenibles.

Hay aceptación entre los agricultores de participar mediante aportes a la gestión de un sistema planificado de reúso si este sistema incrementa y mejora las posibilidades de riego asociados a la implementación de mecanismos de protección a la salud con base en la ejecución de proyectos con soluciones tecnológicas adecuadas y de calidad. La mayoría declara disposición a aportar para infraestructura y gestión como mecanismo de participación en una organización

que preste servicio de riego, con mano de obra (95%), en efectivo (83%) e indistintamente las dos modalidades de aportes (97,4%).

La práctica de aportar económicamente y con mano de obra en temas que sean de interés de la comunidad está arraigada, aunque no necesariamente es formal, lo que favorecería la posibilidad de participación en un hipotético proyecto de reúso planificado, aunque los resultados encontrados en los grupos focales y en las entrevistas a profundidad evidencian que los aportes actuales a las organizaciones de regantes a las que están afiliados, son mínimas y hasta simbólicas. La declaración de disposición de aportar, considera además horas de trabajo en beneficio de la operación y mantenimiento del sistema planificado para el reúso de aguas residuales tratadas.

Los principales argumentos de aquellos productores que manifiestan su no interés por aguas residuales tratadas son las afectaciones a la salud que provocan enfermedades (tanto a los agricultores como a los animales) y aguas sucias y contaminadas.

### **RESULTADOS Y HALLAZGOS DESDE LA PERSPECTIVA DE COMERCIALIZADORES Y CONSUMIDORES**

#### ***Comercializadores, procedencia, precios y potencialidad de los productos regados con aguas residuales tratadas***

Los comercializadores declaran conocer la procedencia de los productos que venden. El sondeo y entrevista a profundidad confirman preferencia para la comercialización de los productos que se riegan con aguas residuales. Saben que los hortalizas que comercializan provienen principalmente de Río Abajo (Mecapaca) y de Palca. Los comercializadores

prefieren estos productos por calidad y precio y también por las relaciones comerciales que tienen con los productores del lugar o porque se trata de comercializadores de la misma comunidad.

Las entrevistas a profundidad reportan que uno de los supermercados más grandes y antiguos de La Paz tiene una provisión regular de verduras, hortalizas y frutas de las cabeceras de valle. Este centro de comercialización no reconoce la característica de uso de aguas residuales para riego, dado que opera a través de mayoristas que seleccionan los productos sin declarar procedencia. Estos productos vienen mezclados con otros que posiblemente correspondan a sistemas con riego tradicional. Los productos se seleccionan a partir de características externas (tamaño y color), no tomándose medidas extraordinarias de higiene, sólo lavado y embolsado y por tanto, la adquisición se concreta en función a parámetros básicos de calidad, precio e higiene.

En la misma línea, una importante procesadora de productos lácteos garantiza calidad, precio e higiene a través del cumplimiento riguroso del protocolo de control de calidad en el acopio y manejo de leche del altiplano, que luego ingresa a sus procesos de producción. En consecuencia, el uso de aguas residuales para el riego de alimento del ganado lechero del altiplano, no es considerado un riesgo.

Los comerciantes consideran mayoritariamente, que los consumidores comprarían productos regados con aguas tratadas. Sin embargo, destacan que los consumidores adquirirían verduras y frutas producidas con aguas tratadas, si el precio fuera similar a aquellos regados por agua no contaminada. Descartan que los productos se venderían a precio menor o que el consumidor pagaría un precio menor por estos productos.



Los comercializadores reconocen ventajas e inconvenientes del reúso de aguas residuales. Las principales ventajas citadas son la disponibilidad permanente gracias a varias cosechas al año y la productividad. Reconocen como principal inconveniente la dificultad para la venta, porque provoca enfermedades, particularmente estomacales.

### ***Consumidores, productos regados con aguas residuales, medidas de precaución que toman y disposición a la compra si se reúsan aguas tratadas***

Los consumidores compran los productos en base al precio, cercanía y frescura. Si bien la mayor parte de consumidores conoce genérica y vagamente la procedencia de los productos que adquiere, la mayoría considera que éstos son el resultado de riegos con aguas de río y en las zonas Centro y Sur de La Paz, creen que buena parte son regados con aguas residuales.

En general, los consumidores no reconocen explícitamente que están comprando productos regados con aguas residuales, lo que puede explicar que no tomen medidas extraordinarias de protección. Lavar los productos con agua es la medida de protección más usual, aunque se menciona el lavado con químicos en consumidores de mayor capacidad de compra.

El sondeo de opinión muestra que los consumidores comprarían productos regados con aguas residuales tratadas lo harían porque suponen mejores productos y más higiene.

Consumidores que declaran que no comprarían estos productos, desconfían de que las aguas sean bien tratadas y que de cualquier forma se estaría regando con aguas sucias, contaminadas o infectadas, lo que provocaría enfermedades de todas maneras.

## **CONCLUSIONES Y SEÑALES DE POLÍTICA**

### ***En el ámbito de la producción con reúso de aguas residuales***

Los productores no tienen adecuado nivel de conocimiento sobre las ventajas e inconvenientes del uso de aguas residuales en riego de productos alimenticios. Son necesarias campañas de orientación a productores para el reúso de las aguas, el manipuleo y el consumo de los productos resultantes,

Las medidas de protección, que toman los productores son limitadas aun cuando aseguran usar con frecuencia medios de protección. Los productores que tienen mayor conocimiento de los riesgos a la salud humana, manifiestan emplear equipamiento que los proteja, sobre todo en aquellos que han identificado las enfermedades como riesgo. Son importantes programas permanentes de educación y salud con orientación a productores que estimulen el uso de medios de protección efectivos, además de la asistencia en sanidad animal para preservar los hatos ganaderos.

En comunidades productoras de cabecera de valle y el altiplano, la producción está dirigida principalmente a la generación de excedentes y no al autoconsumo. Dado que no es práctica habitual el tomar medidas de precaución para la ingesta de vegetales crudos, es necesario establecer la perspectiva del reúso como una posibilidad real, por lo que el sector debe promover el tratamiento de aguas residuales y la implantación de medidas equivalentes al control de calidad que aplican procesadoras de lácteos con los productores lecheros del altiplano.

No se observa una vinculación directa entre el tipo de agua para riego, los canales de venta y los

precios de los productos. Los productos regados con aguas residuales no son distinguidos por su procedencia y llegan de manera indiscriminada al mercado urbano, generalmente mezclados con producción con riego tradicional. El sector podría promover la implantación de sistemas de información sobre precios, procedencia y calidad de productos regados con agua residual tratada, promoviendo etiquetas de sello de reúso planificado para incentivar mayor precio a estos productos.

### ***En relación a la sostenibilidad de sistemas integrales para el reúso***

A los productores les interesa tener fuentes alternativas de riego y la mayoría de ellos estarían interesados en recibir aguas residuales tratadas para mejorar su producción. Los agricultores que en la actualidad tienen disponibilidad de agua manifiestan interés por recibir aguas residuales tratadas, por cuanto los periodos de sequía en el altiplano y en cabeceras de valle son cada vez más prolongados y declaran tener información sobre la probable disminución en la disponibilidad de agua por efecto del Cambio Climático. Esta percepción es importante en la medida que facilitaría la implementación de políticas destinadas a rehabilitar plantas de tratamiento existentes y a la implantación de nuevas en zonas productoras estratégicas.

Los agricultores declaran su disposición a hacer aportes en mano de obra y/o efectivo, para la implementación de un sistema planificado de reúso. Lo pueden hacer si el sistema incrementa y mejora las posibilidades de riego asociados a la aplicación de mecanismos de protección a la salud con base en soluciones tecnológicas adecuadas y de calidad, aunque evidencian que los aportes actuales a las organizaciones de regantes a las que están afiliados, son mínimas

y hasta simbólicas. El sector debe estudiar mecanismos de financiamiento alternativos para lograr sostenibilidad, investigar sobre tecnologías de bajo costo y modelos de gestión productiva que provoquen ingresos incrementales para evitar que los bajos niveles de ingresos actuales debiliten las posibilidades y voluntad manifestada.

### ***En el ámbito de comercialización y el consumo***

Comercializadores y consumidores tienen limitada información acerca de las ventajas e inconvenientes que provocan productos regados con aguas residuales. Las medidas de protección para evitar enfermedades son básicas. Es necesario impulsar políticas educativas y comunicacionales con orientación ciudadana, que emitan información sobre los riesgos y ventajas de productos resultantes del reúso de aguas residuales a nivel de comercializadores y consumidores; la sensibilización en las escuelas, respecto a la gestión de los recursos hídricos y el reúso de aguas residuales; la estimulación de acciones en salud preventiva como medidas de prevención y protección asociadas al consumo y comercialización de los productos (tratamiento preliminar de productos antes de su venta, protección y empaque, diferenciación por origen y otros) .

Hay disposición a la comercialización y consumo de productos regados con aguas residuales tratadas. Sin embargo, se ha detectado que los comercializadores no toman medidas de precaución e higiene a lo largo de los canales de comercialización, lo que podría poner en riesgo la reputación de los productos regados con reúso. Es importante establecer medidas de protección y tratamiento gradual de la producción agrícola, desde las actividades de cosecha hasta la llegada

## Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales

a los mercados, tal como recomiendan políticas de reúso promovidas por la OMS<sup>2</sup>. Esto además facilitarían la certificación y sello de calidad, para

garantizar que los productos cumplan normas básicas de higiene e inocuidad.

---

<sup>2</sup> *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*, Water Sanitation Health, World Health Organization (OMS), 2013.



**Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego**  
Calle Héroes del Acre, esq. Conchitas N°1778  
Telf./fax: +591 (2) 2117391  
La Paz-Bolivia  
[www.riegobolivia.org](http://www.riegobolivia.org)

**Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico**  
Calle Capitán Castrillo N°434  
Telf: +591 (2) 2118563 Fax: +591 (2) 2116132  
La Paz-Bolivia  
[www.mmaya.gob.bo](http://www.mmaya.gob.bo)

**Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO)**  
Av. Sánchez Bustamante N°509, (entre calles 11 y 12 de Calacoto)  
Telf./fax: +591 (2) 2115180  
La Paz-Bolivia  
[www.proagro-bolivia.org](http://www.proagro-bolivia.org)

**Programa para Servicios Sostenibles de Agua Potable y Saneamiento  
en Áreas Periurbanas (PERIAGUA)**  
Av. Sánchez Bustamante, esq. Calle 12 de Calacoto.  
Telf./fax: +591 (2) 2799812  
La Paz-Bolivia  
[www.giz.de](http://www.giz.de)