



Universidad Mayor
de San Simón



Dirección de Investigación
Científica y Tecnológica



Asdi/SAREC
Agencia Sueca de
Desarrollo Internacional



Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias
"Martín Cárdenas"

Reporte de Investigación

Uso de aguas residuales en el riego de cultivos de la zona Suroeste de Punata



Alan Camacho S.

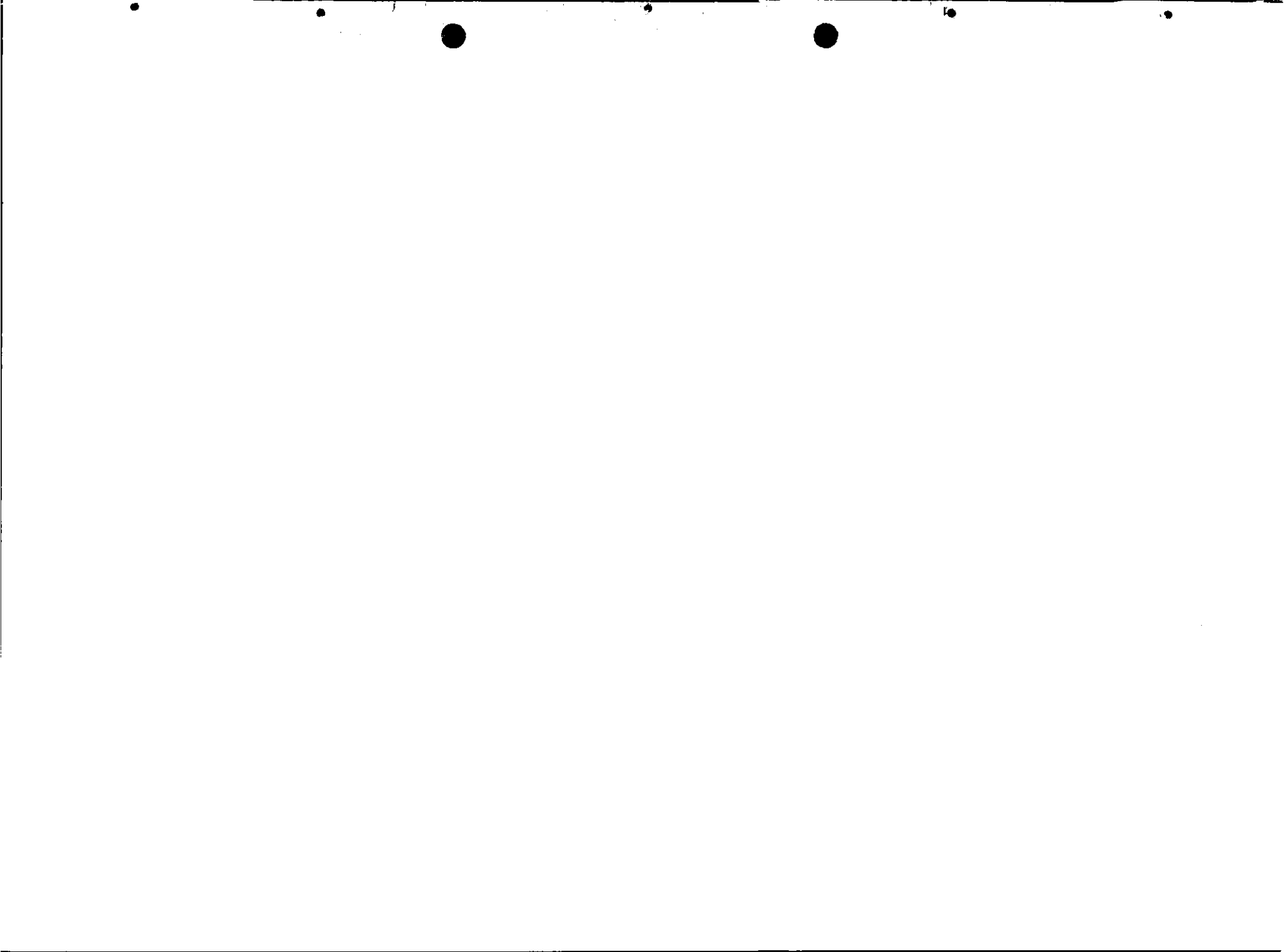
Proyecto de Investigación:

ESCENARIOS FUTUROS DE USO DE AGUA, COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACIÓN DEL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN PUNATA

0150



CENTRO ANDINO PARA LA GESTIÓN Y USO DEL AGUA





Universidad Mayor
de San Simón



Dirección de Investigación
Científica y Tecnológica



Asd/SAREC
Agencia Sueca de
Desarrollo Internacional



Facultad de Ciencias
Agrícolas y Pecuarias
"Martín Cárdenas"

Proyecto de Investigación: "Escenarios Futuros de uso de agua, como herramienta de planificación del aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en Punata (P01BA002)"

REPORTE DE INVESTIGACIÓN:

Uso de aguas residuales en el riego de cultivos de la zona Suroeste de Punata

Alan Camacho Saavedra



Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua

Cochabamba, Bolivia
2007

Centro AGUA
Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua
Av. Petrolera km. 4.5
Telf.: (591) (4) 4762382 Fax.: (591) (4) 4762380
Casilla: 4926
Email: centroagua@centroagua.org
Pagina Web: www.centroagua.org

Impreso en ETREUS Impresores

Comité Editorial
Iván del Callejo y Alan Camacho Saavedra

Marzo/2007
Cochabamba - Bolivia

El Centro AGUA es un centro de Investigación y Enseñanza de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas". Se inicia con un convenio de cooperación internacional entre la Universidad Mayor de San Simón de Bolivia y la Universidad de Wageningen de Holanda.

El Centro AGUA se proyecta como un referente a nivel nacional y regional en la generación de conocimientos y la formación de profesionales en temas de gestión y uso del agua

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
2.	OBJETIVOS.....	5
2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.....	6
3.1.	LOCALIZACIÓN.....	6
3.2.	CLIMA.....	6
3.3.	SUELO Y VEGETACIÓN.....	7
3.4.	POBLACIÓN.....	7
3.5.	ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS Y PRODUCTIVOS.....	7
4.	MARCO CONCEPTUAL.....	7
4.1.	AGUAS RESIDUALES.....	7
4.1.1.	<i>Tratamiento de aguas residuales</i>	8
4.1.2.	<i>Reuso de aguas residuales</i>	8
4.2.	GESTIÓN DE RIEGO.....	9
4.2.1.	<i>Derechos al agua</i>	9
4.2.2.	<i>Organización</i>	10
4.2.3.	<i>Distribución del agua</i>	10
4.2.4.	<i>Mantenimiento</i>	11
5.	METODOLOGÍA.....	12
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
6.1.	ANTECEDENTES.....	12
6.2.	GESTIÓN DE RIEGO EN LAS COMUNIDADES DE ESTUDIO.....	13
6.2.1.	<i>Fuentes de agua superficial</i>	13
6.2.2.	<i>Infraestructura de riego</i>	14
6.2.3.	<i>Derechos de agua</i>	19
6.2.4.	<i>Organización</i>	22
6.2.5.	<i>Distribución</i>	22
6.2.6.	<i>Usos del agua</i>	27
6.3.	RIEGO PARCELARIO.....	28
6.4.	EFFECTOS DEL REUSO DEL AGUA.....	29
6.4.1.	<i>Efectos en la agricultura</i>	29
6.4.2.	<i>Efectos en la pecuaria</i>	32
6.5.	CALIDAD DE AGUAS Y LA PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS SOBRE LA MISMA.....	32
6.5.1.	<i>Qué piensan los usuarios</i>	33
6.5.2.	<i>Clasificación de aguas con fines de riego</i>	34
7.	CONCLUSIONES.....	34
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	36

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1:	Fuentes de agua y tipo de riego.....	13
Tabla 2:	Caudales de operación del sistema de riego	13
Tabla 3:	Acuerdo verbal para apoyo mutuo entre regantes y gobierno	15
Tabla 4:	Características de la infraestructura de conducción de aguas residuales	16
Tabla 5:	Número de veces que se realiza el mantenimiento de canales por año	18
Tabla 6:	Sanciones por incumplimiento de trabajos	18
Tabla 7:	Usuarios afiliados y no al sistema de riego	19
Tabla 8:	Jornales aportados por comunidad en el mejoramiento del sistema de riego	20
Tabla 9:	Horas de riego asignado por comunidad.....	21
Tabla 10:	Tiempo de riego asignado a cada usuario en cada comunidad	21
Tabla 11:	Formas de acceso al agua de riego.....	21
Tabla 12:	Otras formas de acceso al agua.....	22
Tabla 13:	Resumen de las principales tareas de operación en el sistema de riego	23
Tabla 14:	Modalidad de reparto de agua de riego	25
Tabla 15:	Tiempo asignado para los turnos de riego a la comunidad y a los usuarios	26
Tabla 16:	Forma de asignación del riego en el día y la noche: multiflujo–monoflujo	26
Tabla 17:	Conflictos que ocurre durante la distribución del agua.....	27
Tabla 18:	Tipos de riego.....	28
Tabla 19:	Uso de la tierra	30
Tabla 20:	Destino de la producción	32
Tabla 21:	Costos de producción.....	32
Tabla 22:	Calidad de las aguas residuales y comparación con el Reglamento de Contaminación Hídrica	33
Tabla 23:	Clasificación de aguas residuales con fines de riego según diferentes autores.....	34

Figura 1:	Ubicación de la planta de tratamiento y comunidades beneficiarias	6
Figura 2:	Esquema metodológico del trabajo de investigación.....	12
Figura 3:	Partes de las lagunas de estabilización.....	14
Figura 4:	Obras de arte existentes en la planta de tratamiento	15
Figura 5:	Infraestructura de conducción de aguas residuales: planta tratamiento –cámaras.....	15
Figura 6:	Cámaras distribuidoras –sedimentadoras.....	16
Figura 7:	Infraestructura de distribución del agua de riego parcelario.....	16
Figura 8:	Infraestructura de riego	17
Figura 9:	Trabajos de mantenimiento en lagunas de oxidación	17
Figura 10:	Mejoramiento de sistema de riego: Colocado de tubos	19
Figura 11:	Trabajos de armado de bombas y notificación a usuarios.....	24
Figura 12:	Usos del agua	27
Figura 13:	Combinación de diámetros y uso de accesorios para llevar agua a grandes distancias	28
Figura 14:	Levantamiento de cultivos en el área de estudio	29
Figura 15:	Rotación de cultivos existente en la zona de estudio.....	31

1. INTRODUCCIÓN

En los años noventa el Gobierno Municipal de Punata se vio forzado a encaminar trabajos de mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y alcantarillado, debido al crecimiento de la mancha urbana. Estos trabajos de mejoramiento conllevan una responsabilidad grande en cuanto al uso y destino final del agua, lo que originó que en los trabajos de estudio a diseño final se considera la construcción de plantas de tratamiento tanto para agua potable como para aguas residuales.

En un inicio, varias comunidades se rehusaron a la construcción de la planta de tratamiento en su sector, arguyendo la contaminación de suelos, malos olores y depreciación del valor de sus terrenos. A través de acuerdos y convenios se llegó a un consenso con la comunidad de Tajamar Centro para la construcción de la planta de tratamiento en un lote baldío salitroso que estaba siendo utilizado como un botadero de basuras y ocasionaba malos olores en la zona, atracción de animales y otros.

En la actualidad el municipio de Punata cuenta con una planta, la misma que es administrada por el Gobierno Municipal, existiendo además un convenio para que los efluentes de las lagunas sean usados para el riego de parcelas agrícolas en las comunidades de: Tajamar Centro, Chirusi Rosario, Chirusi Grande, Sobra Chirusi y Colque Rancho.

A la fecha no se tiene un conocimiento claro de los efectos producidos por la utilización de esta agua en riego, la importancia del uso de esta agua, la calidad de aguas y mucho menos sobre la gestión de riego.

Este reporte de investigación constituye un primer diagnóstico sobre el funcionamiento de la planta de tratamiento, enfocando principalmente las características de la infraestructura, la gestión de estas aguas para su uso en la agricultura, su importancia y algunas recomendaciones relacionadas a la normativa vigente en nuestro país sobre contaminación hídrica y sobre el reuso de aguas residuales.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Generar conocimiento sobre la importancia del aprovechamiento de aguas residuales urbanas tratadas en Punata, en términos de gestión de riego y uso en la producción agropecuaria en función, a su disponibilidad y calidad.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la gestión y uso del agua en el Sistema de Riego de Aguas Residuales de la zona sud de Punata.
- Determinar los cambios producidos en la producción agropecuaria por la utilización de aguas residuales en el riego.
- Conocer si la calidad de aguas residuales urbanas tratadas cumplen con la legislación vigente para su utilización en riego.
- Conocer la percepción que tienen los diferentes actores con relación al uso de las aguas residuales tratadas y su entorno.

3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

3.1. LOCALIZACIÓN

El municipio de Punata esta situado en la Provincia de Punata, departamento de Cochabamba - Bolivia, entre 17°27' y 17°18' de latitud Sur, y 65°47' y 65°52' de longitud oeste, a 2723 m.s.n.m. y a 40 Km de la ciudad de Cochabamba.

La planta de tratamiento se ubica en el suroeste del municipio, dista a 4.700 metros del área urbana de Punata. El efluente de la planta de tratamiento es utilizada en riego por cinco comunidades (ver Figura 1).

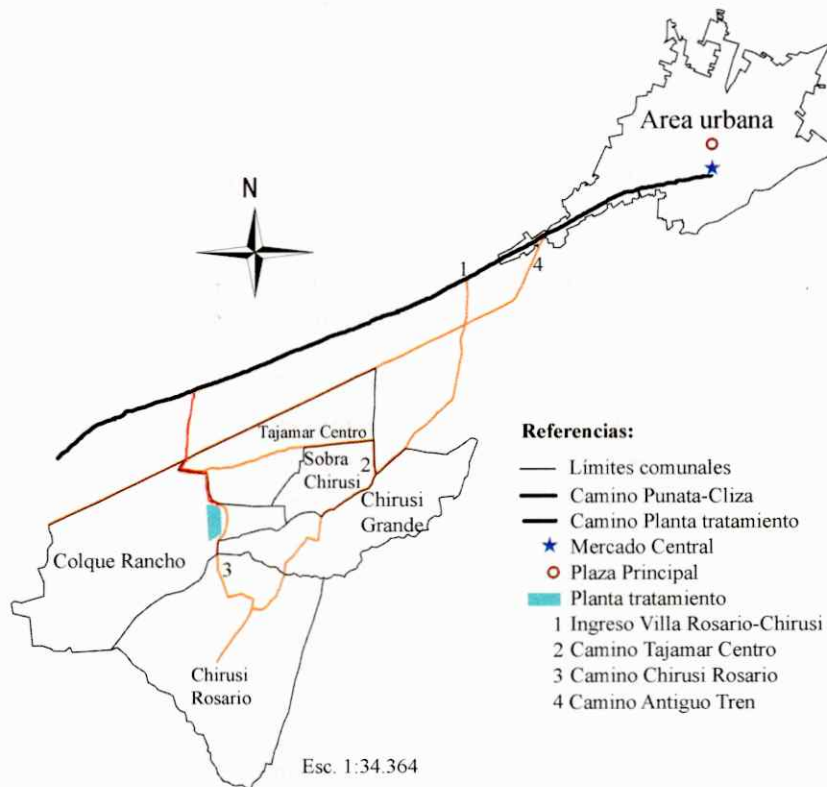


Figura 1: Ubicación de la planta de tratamiento y comunidades beneficiarias

3.2. CLIMA

En base a los datos de Arce (1993) y las estaciones climatológicas de San Benito y Arani se tienen las principales características:

- Temperatura media anual: 15°C
- Temperatura mínima media mensual: 11°C (mes de mayo)
- Temperatura máxima media mensual: 11°C (mes de Noviembre)
- Precipitación pluvial media: 386 mm
- Evaporación anual: 1980 mm
- Evapotranspiración potencial anual: 950 mm
- Humedad relativa media anual: 50%
- Velocidad media del viento: 137.2 Km/día
- Horas de sol diarias: 7.5 horas

3.3. SUELO Y VEGETACIÓN

Duran (1997), indica que la región de Punata presenta montañas y colinas que desembocan a una planicie aluvial que corresponde a la zona de riego. En esta, los suelos son profundos, con permeabilidad moderada a lenta y drenaje interno moderadamente lento. Texturalmente predominan suelos limosos con estructura de bloques. Las principales características químicas son un pH ligeramente alcalino, conductividad eléctrica baja a media, bajos contenidos de Fósforo y materia orgánica y fertilidad del suelo baja a media.

3.4. POBLACIÓN

El Municipio de Punata cuenta con 26.140 habitantes de los cuales el 56% corresponde a la población urbana (14.742 habitantes) y el restante 44% corresponde al área rural (11.398 habitantes).

El área urbana de Punata cuenta con 14.742 habitantes de los cuales el 47% son hombres y 53% son mujeres. La tasa de analfabetismo en el municipio de Punata alcanza a un 25% de esta población.

3.5. ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS Y PRODUCTIVOS

Las actividades económicas más importantes en el municipio de Punata son la agricultura, la producción de leche y queso, la elaboración de chicha, la manufactura de artesanías, la comercialización de productos agropecuarios y no agropecuarios y el transporte.

4. MARCO CONCEPTUAL

A continuación se desarrollan algunos elementos conceptuales que ayudarán en la descripción y análisis de los principales componentes de esta investigación, es decir el funcionamiento de una planta de tratamiento de aguas residuales y la gestión del agua en un sistema de riego.

4.1. AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado (Mendoza R. 2000).

La ley 1333 del Medio Ambiente en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica define al agua contaminada como: "Alteración de las propiedades fisicoquímicas y/o biológicas del agua por sustancias ajenas, por encima o debajo de los límites máximos o mínimos permisibles, según corresponda, de modo que produzcan daños a la salud del hombre, deteriorando su bienestar o su medio ambiente".

La composición y concentración de los residuos domésticos dependen en gran medida de las condiciones socioeconómicas de la población así como de la presencia de industrias u otras actividades que consumen agua y que vierten sus aguas a la red de alcantarillado.

Las aguas residuales de una población urbana puede contener material de diferente naturaleza; restos fecales, productos alimenticios, medicamentos, pinturas, lubricantes de automóvil, aguas de limpieza, residuos hospitalarios, etc. (Queralt R. 2003)

4.1.1. Tratamiento de aguas residuales

Gutierrez J. 2004, indica que el tratamiento convencional de aguas residuales es una combinación de procesos y operaciones físicas y biológicas bien establecidas en la práctica de la ingeniería sanitaria, las que remueven sólidos, materia en suspensión, bacterias y en algunos casos, apreciables cantidades de nutrientes del agua residual cruda.

Una de las tecnologías más convencionales en el tratamiento de aguas servidas constituyen las lagunas de oxidación o lagunas de estabilización. Oakley S. (2005), indica que, las lagunas son las estructuras mas sencillas de diseñar, construir, operar y mantener que cualquier otro proceso de tratamiento. La excavación es la actividad principal en la construcción. La construcción de obras civiles es mínima: estructuras de ingreso, interconexiones, salidas y el revestimiento de taludes interiores. La operación y mantenimiento consiste en tareas de rutina como el corte de vegetación en la orilla, remoción de natas y sólidos flotantes, la medición diaria del caudal y el monitoreo periódico del afluente y efluente.

Esta tecnología de tratamiento de aguas residuales a través de lagunas de estabilización consta de las siguientes partes:

- **Pre-tratamiento.** Objetivo principal remover los sólidos grandes que flotan o están suspendidos (papeles, plásticos, trapos y otros), y remover los sólidos inorgánicos pesados (sólidos arenosos).
- **Lagunas anaerobias.** Estas lagunas se diseñan para remover un porcentaje de la materia orgánica y la mayoría de los sólidos suspendidos. Todo el proceso se realiza bajo condiciones anaerobias¹.
- **Lagunas facultativas.** El objetivo principal de las lagunas facultativas es estabilizar la materia orgánica y remover los patógenos de las aguas residuales realizando una descomposición biológica natural. Se diseña para el proceso de remoción de DBO, sólidos suspendidos y coliformes fecales. El proceso se realiza en condiciones anaerobias (parte profunda de la laguna), y en condiciones acrobias en los estratos superiores
- **Lagunas de maduración.** Se caracterizan por ser lagunas aerobias. El propósito principal de las lagunas de maduración es proveer un periodo de retención hidráulica adicional para la remoción de patógenos; también el de mejorar la calidad del efluente en términos de DBO.

4.1.2. Reuso de aguas residuales

Con relación al reuso de las aguas residuales, Garcia M. (1998), señala que las aguas residuales con fines de uso agrario deben tener ciertas exigencias en lo que se refiere a problemas básicos de salinidad, permeabilidad, toxicidad específica por ciertos iones y contaminación desde el punto de vista sanitario.

Salgot, M. y Folch M. (2003) indican que la calidad de agua usada para irrigación es determinante para la producción y calidad en la agricultura, mantenimiento de la productividad del suelo de manera sostenible y protección del medio ambiente. Por ejemplo, las propiedades fisico- químicas del suelo, (estructura del suelo, estabilidad de los agregados) y permeabilidad son características del suelo muy susceptibles al tipo de iones intercambiables que provengan del agua de riego.

En cuanto a la alimentación de animales con forraje contaminado, Strauss M. 1998 señala que el ganado que pasta en prados irrigados con aguas residuales crudas puede infectarse con *tenia saginata*. No obstante, existe poca evidencia de riesgos efectivos de infección humana. Con relación al consumo de agua residual por parte de los animales se indica que el ganado puede ser infectado con *tenia (solitaria)*, pero es improbable que contraiga *salmonellosis*.

¹ Las bacterias descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno

4.2. GESTIÓN DE RIEGO

Gestión del agua es la distribución y el uso del agua, implementados mediante el uso de una infraestructura hidráulica y dentro de un contexto agroecológico, cultural, socioeconómico e institucional. (Gerbrandy G. y Hoogendam P. 1998)

Gutierrez Z, (1996) define a la gestión de riego como el proceso por el cual organizaciones e individuos establecen los objetivos de un sistema; determinan condiciones apropiadas; identifican, movilizan y usan recursos para alcanzar objetivos; y aseguran que todas las actividades sean llevadas adelante sin efectos adversos cualesquiera.

Gerbrandy G. y Hoogendam P. (1998) indican que el elemento central para el entendimiento de la gestión es el reconocimiento de los derechos de agua existentes en los sistemas de riego o sociedades locales. En la gestión de sistemas de riego, podemos observar la socioterritorialidad a diferentes niveles: un primer nivel es el sistema mayor, donde el grupo de comunidades involucradas suele reclamar conjuntamente con el uso del agua de una fuente que pertenece a su socioterritorio mayor. Un segundo nivel se da en la distribución de las aguas mismas, lo cual, en estos sistemas, suele delegarse a las comunidades, las que internamente deben organizarse para la distribución individual entre sus miembros.

4.2.1. Derechos al agua

Los derechos de agua son, fruto de los aportes realizados para la construcción del sistema de riego y acuerdos establecidos entre los usuarios, los que a su vez definen la distribución: quién riega, cuándo y muchas veces dónde y cuánto. (PRONAR, 2003)

Gerbrandy G. y Hoogendam P. (1998) indican que los derechos de agua son expresiones de relaciones sociales, que definen quienes pueden y quienes no pueden utilizar el agua. De ahí que los derechos al agua tienden a ser dinámicos y están íntimamente relacionados con los grupos sociales que emergen.

Concepción del derecho, se refiere básicamente sobre el derecho de la propiedad hidráulica. Normalmente estos derechos de propiedad (traducidos en derechos de agua) son creados durante el proceso de construcción. (Gutierrez Z. 1996).

Los derechos de agua están casi directamente relacionados al esfuerzo personal para crear y mantener un sistema, de modo que los derechos son proporcionales al esfuerzo invertido. (Gerbrandy G. y Hoogendam P. 1998)

Expresión de los derechos. La expresión de los derechos de agua hace referencia a la cantidad de agua que uno puede usar, expresada en volumen, caudal, superficie, frecuencia o número de riegos. (Gerbrandy G. y Hoogendam P. 1998). En general, en sistemas comunitarios, esta expresión se da también como el tiempo que un usuario puede utilizar el agua, independientemente del caudal.

Los derechos de agua pueden ser expresados en diferentes formas y definidas en formas muy específicas. Por ejemplo en algunos sistemas de riego los derechos pueden ser expresados en volúmenes por unidad de tiempo ($m^3/año$), en otros sistemas los derechos están vinculados a la tenencia de la tierra, en otros casos cada usuario tiene derecho a la misma cantidad de agua o a determinados tiempos durante la época en la que se riega "por turnos"(Gutierrez Z. 1996).

Mantenimiento de los derechos. Gerbrandy G. y Hoogendam P. (1998) indican que, todos los sistemas de derecho tienen como contraparte un sistema de obligaciones que deben cumplirse para mantener los derechos

adquiridos. En los sistemas de riego se orientan a mantener en funcionamiento el sistema, tanto en sus aspectos físicos, aspectos operativos y organizativos, pero también cubrir aspectos más amplios de la vida comunal de los usuarios. A nivel individual, el cumplimiento de las obligaciones es una condición para que un usuario mantenga su derecho al agua. En los sistemas de riego Andinos existen una gama de obligaciones relacionadas al riego como ser:

- Participar con mano de obra y/o cuotas en el mantenimiento de la infraestructura
- Participar en actividades necesarias para conducir y distribuir el agua de la fuente hasta la parcela
- Asumir cargos y participar en la toma de decisiones
- Otros

Sanciones. Las sanciones están relacionadas a los derechos y obligaciones, cada sistema de riego tiene un sistema de sanciones para castigar los casos de incumplimiento. Estas sanciones pueden ser de diferentes características: la exclusión de un turno de agua, el privar del derecho al agua por uno o mas años, multas, etc. Las sanciones dependen el grado de seriedad de la falta. (Gerbrandy G. y Hoogendam P. 1998)

Acceso al agua. El PRONAR (2003), señala que en una gran parte de los sistemas de riego los usuarios desarrollan distintas estrategias de acceso al agua, en el marco de sus estrategias familiares de producción, que posibilitan ajustar el intervalo de entrega a sus requerimientos específicos. Entre las formas más comunes de acceso al agua se pueden mencionar: intercambio de turnos, préstamos, compra de turnos, robo, etc.

4.2.2. Organización

Las actividades de gestión del agua, en sus diferentes niveles y momentos, en un sistema de riego, requieren o están dirigidas por una organización de tipo comunitaria. La organización puede ser una organización específica (comité de riego, comisión de agua) o una parte integral de la organización comunal y suele ser la instancia final que decide cómo hacer funcionar su sistema de riego. En algunos sistemas de riego, las organizaciones para el riego no son visibles durante todo el año y, en algunos casos nunca lo son. En muchos sistemas de riego se intercambian momentos de gran actividad organizativa y con una clara definición de roles y funciones, con épocas de ninguna o poca actividad, en las que solo hay una organización latente (Gerbrandy G. y Hoogendam P. 1998).

La organización para riego responde principalmente a los requerimientos surgidos de la distribución de agua y el mantenimiento de la infraestructura. En algunos casos la organización para riego está mas inclinada a la distribución de agua, mientras que en otros al mantenimiento de la infraestructura del sistema. (PRONAR 2003)

4.2.3. Distribución del agua

La distribución del agua significa: todo el manejo de la infraestructura física que se realiza para operar un sistema de riego como la apertura de presas, compuertas, puntos de distribución o cambio, mediciones de caudal y otros. Distribución también se refiere a las actividades sociales que organizan los usuarios para el reparto del agua, como por ejemplo la delegación de responsabilidades y el control de la distribución. Finalmente distribución incluye también las normas, acuerdos, mecanismos, criterios, reglas que rigen la distribución del agua, quiere decir, cómo se establecen derechos de uso de agua, turnos de riego, etc. (Gutiérrez, Z. 1996)

PRONAR (2003), indica que la distribución del agua comprende tres aspectos centrales:

- Manejo de la infraestructura, conocida como operación del sistema en sí
- Organización de los usuarios para distribuirse el agua
- Aspectos de normatividad: normas, mecanismos, acuerdos y criterios para realizar la distribución del agua.

Gerbrandy G. y Hoogendam P. (1998) indican que, la distribución de agua siempre es dinámica en el tiempo, pues debe responder a las cambiantes condiciones en las que se encuentra el sistema de riego. Asimismo, señalan que en el mundo andino existen criterios de distribución que deben responder a:

Equidad. Significa lo que se cree justo para los diferentes miembros de la sociedad: hombres, naturaleza y deidades. La percepción andina es que el agua debe alcanzar para todos, porque es un bien común, un ser hermano, que no exista para el uso de unos cuantos sino para dar vida a toda la comunidad humana y la naturaleza.

Transparencia. La transparencia se demuestra en normas y reglas de distribución: un sistema es transparente en tanto las normas y reglas de la distribución sean visibles para todos los usuarios y que puedan diferenciar cualquier modificación que se introduzca en el sistema. El sistema es transparente porque saben cuándo comienza y cuando termina el turno de riego y los usuarios saben lo que le corresponde usar a cada uno.

Autonomía. En sistemas de riego andino existe un alto grado de autonomía a nivel comunitario o de grupos, lo cual genera, a su vez, un alto grado de participación de los usuarios. La autonomía en los sistemas de riego, se refleja en los pocos niveles de operación que existen: máximo un nivel superior y otro inferior a la comunidad. Por lo tanto la operación de los sistemas de riego están caracterizados por un alto grado de rutina, con una responsabilidad de operación descentralizada a nivel comunitario.

Flexibilidad. La flexibilidad es la posibilidad de poder cambiar o diversificar el sistema de distribución, de acuerdo a cambios regionales/nacionales y/u objetivos individuales. En los sistemas de riego existen dos niveles de flexibilidad:

- Flexibilidad en el sistema, se refiere a las posibilidades de cada usuario de escoger el momento, la cantidad y el lugar de aplicación del agua
- Flexibilidad a nivel general, se refiere a la capacidad del sistema de adecuarse a cambios en las condiciones sociales, climáticas y productivas

4.2.4. Mantenimiento

El mantenimiento es un trabajo de preservación de las obras construidas de manera que no sufran un deterioro prematuro y signifique pérdidas económicas por reparación o que existan pérdidas por infiltración. (Gutierrez Z. 1996)

Dentro las actividades de mantenimiento en sistemas de riego se tienen:

- **Mantenimiento rutinario.** Es aquel que se realiza en forma repetitiva, cuyas tareas pueden ser normadas y planificadas en función de los requerimientos de mano de obra, materiales, métodos y tiempos.
- **Mantenimiento preventivo.** Es aquel que se realiza anticipando problemas que pudieran presentarse en el sistema, para minimizar las fallas de equipo e instalaciones tanto como sea posible.
- **Mantenimiento de emergencia.** Es aquel que debe realizarse como consecuencia de daños totales o parciales, producidos de manera inesperada, en las obras, instalaciones, en los que es muy difícil definir acciones preventivas específicas.

Gerbrandy G. y Hoogendam P. (1998), indican que en todos los sistemas de riego esta es una actividad concentrada y masiva, en la cual participan todos los usuarios, consistente en la limpieza de tomas y los canales, después de la época de lluvias.

5. METODOLOGÍA

La base metodológica para el desarrollo de la investigación en el trabajo de campo, fue mediante la observación directa y participante, entrevistas informales y estructuradas, y levantamiento de datos puntuales (mediciones).

En la Figura 2 se muestra las diferentes fases del trabajo de investigación.

Primera fase: Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none">•Contacto con personas clave•Reconocimiento del área de riego•Ubicación de la planta de tratamiento•Sistematización de información existente•Delimitación del área de estudio en fotografías aéreas
Segunda fase: Trabajo de campo	<ul style="list-style-type: none">•Entrevistas informales a personas clave•Entrevistas estructuradas a usuarios del sistema de riego•Aforo de caudales•Toma de muestras de aguas residuales•Análisis de muestras en laboratorio
Tercera fase: Trabajo de gabinete	<ul style="list-style-type: none">•Escaneado y georeferenciado de fotos aéreas•Delimitación del área de riego•Sistematización de información•Interpretación de los análisis de aguas residuales•Elaboración de pautas para reducir la carga contaminante
Cuarta fase: Redacción	<ul style="list-style-type: none">•Redacción de documento de tesis•Revisión primer borrador•Redacción final

Figura 2: Esquema metodológico del trabajo de investigación

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. ANTECEDENTES

Antes de la construcción de la planta de tratamiento, las aguas provenientes de la red de alcantarillado desembocaban a un canal desagüe, estas aguas eran utilizadas en el riego de hortalizas, verduras, maíz y otros. Este sector es conocido como Khochi, ubicado en la parte sur del centro urbano de Punata y próximo al Hospital General.

En el año 1990 el Gobierno Municipal de Punata, ante la reducida cobertura del sistema de alcantarillado y la creciente demanda urbana por este servicio, se vio obligado a encarar trabajos de mejoramiento y ampliación de la red de alcantarillado y agua potable. En el año 1992, con financiamiento del Fondo de Desarrollo Campesino (FDC) se realizó el estudio a Diseño final y a partir del año 1993 se busco el financiamiento en diferentes instituciones.

A inicios del año 1996 comenzaron con la ejecución de obras y para el año 2000 se concluyó con todos los trabajos de ampliación y mejora de la red de agua potable y alcantarillado.

En el año 1998 se construyó la planta de tratamiento llamada "Colque Rancho" en la comunidad de Tajamar Centro. El proyecto contemplaba la captación y conducción de las aguas tratadas de la zona urbana de Punata, hacia el río Sulti, que desemboca sus aguas a la represa de la Angostura.

Los usuarios de las comunidades de Chirusi Rosario, Chirusi Grande, Sobra Chirusi y Tajamar Centro frente a la necesidad de agua para riego, en el año 1999 empezaron a utilizar esta agua para regar algunos cultivos como ser alfalfa y maíz. Entonces, el agua era llevada a través de canales de tierra hacia cada una de las comunidades mencionadas.

6.2. GESTIÓN DE RIEGO EN LAS COMUNIDADES DE ESTUDIO.

6.2.1. Fuentes de agua superficial

En el presente estudio se pudo establecer dos fuentes principales de agua: las aguas superficiales que favorece a todas las comunidades del sector; y las aguas provenientes de la planta de tratamiento que favorece con riego a cinco comunidades: Tajamar Centro, Colque Rancho, Chirusi Rosario, Sobra Chirusi y Chirusi Grande.

En el periodo de lluvias, las fuentes principales de aguas de riego son el río Morro y el río Chaqui Mayu (río Seco). El primero, favorece a 18 comunidades, mientras que el río Chaqui Mayu abastece de riego a otras 18 comunidades ubicadas desde la cabecera de río (Sector conocido como La Villa) hasta el sector donde se ubica la planta de tratamiento. Cada comunidad tiene derecho a usufructuar el agua por un periodo de 24 horas, y a cada comunidad le llega el agua después de 18 días como se puede ver en la Tabla 1.

Tabla 1: Fuentes de agua y tipo de riego

Fuente	Comunidades	Periodo	Tipo riego	Comunidades beneficiadas en el área de estudio
Rio Chaqui Mayu	18	Lluvias	Complementario*	Tajamar Centro. Colque Rancho
Rio Morro	18	Lluvias	Complementario	Sobra Chirusi Chirusi Grande Chirusi rosario
Planta de tratamiento	5	Estiaje	Suplementario**	Las cinco comunidades mencionadas arriba.

* Riego complementario: riego que complementa a las lluvias

** Riego suplementario: riego sin complemento de lluvias

Caudales de operación

La fuente principal de agua para riego en periodo de estiaje está constituida por las aguas residuales provenientes de la planta de tratamiento. El caudal de ingreso y salida tiene variaciones en el transcurso del día y del año, según la época.

Testimonios del operador de la planta indican que, en el periodo de lluvias se registra los mayores caudales debido a que muchos de los usuarios del área urbana tienen conectados los desagües pluviales a la red de alcantarillado.

Se realizaron varios aforos con molinete y por el método del flotador en diferentes horarios en el ingreso a la planta de tratamiento, a la salida de la misma y en el ingreso a la comunidad de Chirusi Rosario, los cuales se muestran en la Tabla 2:

Tabla 2: Caudales de operación del sistema de riego

Caudales de ingreso			Caudales de salida			Caudales comunidad Ch. Grande		
Fecha	Hora	Caudal l/s	Fecha	Hora	Caudal l/s	Fecha	Hora	Caudal l/s
30/09/05	11:00 a 11:20	13,90	30/09/05	11:45 - 12:20	10,76			
19/10/05	16:30 a 17:30	19,69	19/10/05	17:40 - 18:10	12,70	19/10/05	5:35 - 6:00	12,31
27/10/05	9:30 a 10:30	14,69	27/10/05	10:40 - 11:10	12,64	27/10/05	11:30 - 12:15	12,14

Continuación

7/06/06	10:04	14.66						
	12:09	20.61						
	14:04	20.73						
	16:04	10.93						
	17:24	11.28						

6.2.2. Infraestructura de riego

Obra de toma. Constituye la planta de tratamiento de aguas servidas del municipio. La topografía de este sector es plana y los terrenos son salitrosos. La planta se encuentra ubicada en la parte mas baja del Municipio de Punata cerca al río Sulti, produciéndose en este sector, constantes inundaciones durante el periodo de lluvias.

El área total que abarca toda la planta de tratamiento es de 4.48 ha. El área que ocupan las lagunas es de 1.9 ha, es decir el 42% de la superficie total.

Las aguas residuales urbanas son tratadas en lagunas de estabilización. Este sistema de tratamiento consta de las siguientes partes (ver Figura 3):

- Tuberías de interconexiones de 12 pulgadas
- 2 lagunas anaeróbicas
- 2 lagunas facultativas
- 3 lagunas de maduración

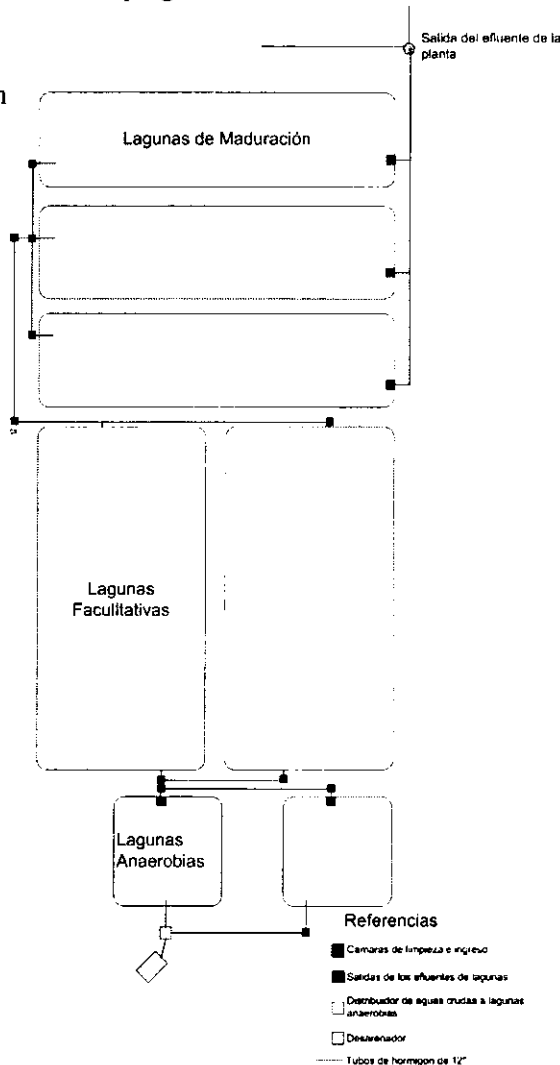


Figura 3: Partes de las lagunas de estabilización



Figura 4: Obras de arte existentes en la planta de tratamiento

La planta de tratamiento descarga sus aguas a una cámara de tierra con compuertas de salida hacia canales de tierra.

Infraestructura de conducción – distribución. En un inicio, el agua era llevada a las comunidades a través de canales de tierra, la excavación fue realizada manualmente, las profundidades de excavación variaban desde 0.5 metros (salida de la planta) hasta llegar a los 3.5 metros de profundidad en las comunidades más alejadas

Los regantes de Tajamar Centro y de las otras comunidades presionaron al Gobierno Municipal de Punata para que apoyen en el mejoramiento del nuevo sistema de riego. Es así que en el año 2000 – 2001 surge un acuerdo verbal de apoyo mutuo entre pobladores y el Municipio. Los puntos principales de este acuerdo se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3: Acuerdo verbal para apoyo mutuo entre regantes y gobierno

	Planta de Tratamiento	Sistema de riego
Gobierno Municipal	Limpieza diaria de desarenadores y rejillas de ingreso a la planta de tratamiento trabajos a realizarse son: - Extracción de residuos sólidos flotantes de la rejilla de desbaste y cámara desarenadota Análisis de aguas residuales	- Dotación de material de construcción: arena y cemento - Compra de tubos de cemento - Asistencia técnica para construcción de cárcamos y cámaras de bombeo y colocado de tubos. - Apoyo en excavación con maquinaria - Dotación de una bomba de 4HP por comunidad
Comunidades	Mantenimiento rutinario de la planta de tratamiento, se describirán en el acápite de mantenimiento	- Aporte de mano de obra para excavación y relleno de zanjas. - Transporte de tubos H° hacia las comunidades beneficiadas - Colocado de tubos de cemento - Construcción de cárcamos y cámaras de bombeo

Actualmente, la infraestructura de riego desde la salida de la planta hasta las cámaras de ingreso a las tuberías consta de:

- Canales de tierra de sección rectangular desde la salida de la planta hasta las cámaras (ver Figura 5).



Figura 5: Infraestructura de conducción de aguas residuales: planta tratamiento –cámaras

- Cámaras que cumplen la función de sedimentar los sólidos suspendidos y distribuir el agua a las comunidades (cámaras sedimentadoras – distribuidoras). Estas cámaras tienen rejillas de ingreso a las tuberías de conducción del agua residual a las comunidades (ver Figura 6)



A) mejorada



B) semimejorada

Figura 6: Cámaras distribuidoras –sedimentadoras

Desde las cámaras sedimentadoras –distribuidoras, el agua es conducida hacia las comunidades a través de tuberías de hormigón de 12 pulgadas, con una pendiente de 0,15%. Las salidas de los tubos llegan a unos cárcamos mejorados. Durante el trayecto, desde la planta hacia los cárcamos en cada comunidad, existen cámaras de limpieza cada 100 m. Dichas cámaras actualmente son utilizadas por los regantes como cámaras de bombeo para el riego (ver Figura 7)



A) Cámara de limpieza



B) Cárcamo de riego mejorado



C) Cárcamo de riego no mejorado

Figura 7: Infraestructura de distribución del agua de riego parcelario

En la Tabla 4 se muestran las principales características de la infraestructura de conducción del agua residual desde la planta de tratamiento hasta las comunidades.

Tabla 4: Características de la infraestructura de conducción de aguas residuales

Comunidades	Longitud canales (planta-cámaras)+	Nº cámaras limpieza	Nº cárcamos	Distancia entubado	Observaciones
Chirusi Rosario	460 m*	4	1	780 m	Sistema mejorado
Chirusi Grande		---	---	278 m	Canales de tierra, sistema no mejorado
Sobra Chirusi	377 m*	6	1	930 m	Sistema mejorado
Tajamar Centro		---	3 no mejorado 4 mejorados	600 m	No mejorado, cárcamos excavados en la tierra
Colque Rancho	540 m**	4	1 mejorado	380 m	Sistema mejorado

* Ambas comunidades comparten el canal para llevar los efluentes desde la planta de tratamiento hacia sus comunidades

** Solo esta comunidad utiliza este canal para llevar los efluentes desde la planta de tratamiento hacia su comunidad

+ Se refiere a la distancia que existe desde la salida de agua de la planta de tratamiento hasta las cámaras distribuidoras –sedimentadoras

En la Figura 8 se observa el mapa de la infraestructura de riego en el área de estudio.

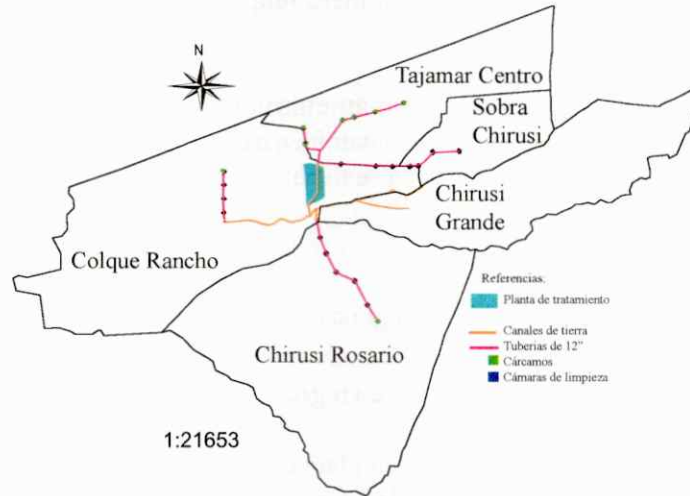


Figura 8: Infraestructura de riego

Mantenimiento de la infraestructura de riego

El mantenimiento de las lagunas es de responsabilidad de la Asociación de Riego que está en formación. En esta participan las cinco comunidades usuarias.

Para el mantenimiento de la planta de tratamiento existe un acuerdo entre las cinco comunidades:

- La comunidad de Chirusi Rosario realiza la limpieza de las dos últimas lagunas de maduración
- Las restantes cuatro comunidades limpian a 3/4 partes de las lagunas facultativas y una de maduración.
- En las lagunas anaerobias limpian las cinco comunidades.
- La operación y mantenimiento de las obras de pretratamiento (desarenador y rejilla de desbaste) está a cargo del Gobierno Municipal, y se realiza a través de un encargado de la planta de tratamiento.

La comunidad de Chirusi Rosario limpia dos lagunas, debido a que en un inicio, durante el reparto de los trabajos de limpieza en la planta de tratamiento a cada comunidad, el dirigente y usuarios no se encontraban presentes.

El mantenimiento de la planta se realiza dos veces por año: Abril – Mayo es la limpieza principal, los trabajos que realizan en este son:

- Deshierbe de malezas de los taludes y bermas de las lagunas de maduración, facultativas y anaeróbicas
- Extracción de material flotante de los bordes de las lagunas de maduración y facultativas
- En las dos primeras lagunas anaerobias las cinco comunidades participan en sacar bolsas y botellas plásticas de refresco y otros que ingresan a estas lagunas.



Figura 9: Trabajos de mantenimiento en lagunas de oxidación

El segundo mantenimiento se realiza en el mes de Diciembre las labores son las mismas descritas anteriormente, pero el trabajo es menos pesado con relación a la primera limpieza. Para el mantenimiento de la planta no existen aportes monetarios.

En cuanto a las medidas de seguridad para el mantenimiento de lagunas, los usuarios no toman las medidas de protección necesarias para evitar que se contaminen o contraigan enfermedades, entre los materiales sugeridos o necesarios para una protección adecuada se tiene:

- Guantes de goma
- Botas de goma
- Filtros de aire
- Botes para ingresar a la parte media de las lagunas

Mantenimiento de canales e infraestructura de riego.

El mantenimiento de los canales desde la salida de la planta de tratamiento hasta las cámaras distribuidoras -desarenadoras es de responsabilidad de las comunidades que utilizan esta infraestructura.

El mantenimiento de las cámaras de bombeo y cárcamos es de responsabilidad de cada comunidad y generalmente se realiza el mismo día que se limpian las acequias. Los dirigentes de cada comunidad se encargan de distribuir los trabajos según lista, en cada cámara de limpieza ingresa un grupo de personas y en los cárcamo principales trabaja toda la comunidad.

El mantenimiento de canales, cámaras y cárcamos se realiza tres o cuatro veces al año, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5: Número de veces que se realiza el mantenimiento de canales por año

Comunidades	Estado	Nº de mantenimiento	Grupos de trabajo
Chirusi Rosario	Bueno	Tres veces al año Antes de recibir el turno de riego	A cada cámara ingresan 10 usuarios Cárcamo toda la comunidad
Chirusi Grande	Regular	Tres veces al año Antes de recibir el turno de riego	A cada usuario se le da 3 pasos en el canal
Sobra Chirusi	Bueno	Cuatro veces al año: Tres veces antes del turno de riego Uno después de época lluvias	A cada cámara ingresan 4 usuarios Cárcamo toda la comunidad
Tajamar Centro	Bueno	Dos veces al año Abril y diciembre, junto con limpieza de planta	Cada cárcamo ingresan 15 personas
Colque Rancho	Bueno	Tres veces al año Antes de recibir el turno de riego	Cada cámara 10 usuarios. Canal usuario limpia 10 pasos

Control de trabajo y sanciones en trabajos de mantenimiento.

Básicamente la sanción es el corte de agua de riego, mientras el usuario no tenga al día el pago de aportes, multas por incumplimiento de trabajos y otros, tal como se describe en la Tabla 6.

Tabla 6: Sanciones por incumplimiento de trabajos

Comunidades	Control	Sanción	Grado cumplimiento
Chirusi Rosario	Presidente de la comunidad Secretario de actas. Controles de agua	Inasistencia a limpieza: 25 Bs.- Incumplimiento: no se entrega agua para riego	Todos cumplen

Continuación

Chirusi Grande	Presidente de la comunidad Corregidor de la comunidad Secretario de actas	Inasistencia a limpieza 40 Bs.- Incumplimiento: no se entrega agua para riego	Todos cumplen
Sobra Chirusi	Presidente Secretario de actas.	Inasistencia a limpieza 30 Bs.- Incumplimiento: no se entrega agua para riego	Todos cumplen
Tajamar Centro	Presidente a nivel comunal Dentro de grupos de riego los controles son: Secretario de hacienda Controles de agua	El cobro de multas es flexible: Inasistencia a limpieza 40 Bs.- personas pudientes 25 Bs.- personas no pudientes. Incumplimiento: no se entrega agua para riego	Todos cumplen
Colque Rancho	Presidente Secretario de actas	Inasistencia a limpieza 40 Bs.- Incumplimiento: no se entrega agua para riego	Todos cumplen

6.2.3. Derechos de agua

Origen de los derechos

El derecho de regar con aguas provenientes de la planta de tratamiento esta muy ligado a los trabajos de mejoramiento de los sistemas de riego en cada comunidad.



Figura 10: Mejoramiento de sistema de riego: Colocado de tubos

Durante los trabajos de excavación de canales para llevar el agua de la planta de tratamiento a las comunidades, muchos usuarios no creían que esta agua iba a llegar a las comunidades, debido a que la planta de tratamiento se encuentra en la parte mas baja de la zona con relación a las comunidades

“La gente es especial, nadie creía, mas al contrario antes me decían que era loco, me decían como va a hacer subir el agua de la planicie al cerro, así la gente no creía es que no confiaba...”, **Solidario Montaña, Presidente Sistema de riego.**

Con el mejoramiento de los sistemas de riego (entubado) se consolidaron los derechos de los usuarios, y marginó definitivamente a los usuarios que no participaron desde un inicio en el proceso de mejoramiento (ver Tabla 7)

Tabla 7: Usuarios afiliados y no afiliados al sistema de riego

Comunidad	Nº Usuarios Inicio	Nº Usuarios Actual	Usuarios sin afiliación	Total usuarios	% usuarios afiliados	% usuarios no afiliados
Chirusi Rosario	52	52	15	76	78	22
Chirusi Grande	32	35	16	51	69	31
Sobra Chirusi	38	38	16	54	70	30
Tajamar Centro	46	46	10	56	82	18
Colque Rancho	32	32	11	56	78	22

Mantenimiento de los derechos de agua

Para el mantenimiento de los derechos de agua todos los usuarios deben cumplir diferentes trabajos en la comunidad así como en el sistema de riego.

Para mantener los derechos, los usuarios tienen las siguientes obligaciones:

- Participar en el control de la distribución del agua
- Realizar los aportes requeridos para el mantenimiento de la bomba de riego y compra de tuberías.
- Cumplir con todos los trabajos de mantenimiento en el sistema de riego.
- Asistir a todas las reuniones con relación al riego.
- Tener tierra para riego.
- No robar agua de riego de otra comunidad o usuario del mismo sistema de riego.
- No vender agua de riego
- Realizar trabajos y aportes monetarios requeridos por la comunidad para el mejoramiento de postas de salud, escuelas, templos, festividades y otros

Concepción y expresión del derecho

La concepción del derecho esta ligado principalmente a los aportes en jornales realizados para la construcción y mejoramiento de la infraestructura de riego, aspecto que condiciona el acceso de agua en periodos de estiaje, y por esto solo es posible regar dentro de las secciones del sistema (ver Tabla 8)

Tabla 8: Jornales aportados por comunidad en el mejoramiento del sistema de riego

Comunidad	Nº jornales aportados
Chirusi Rosario	30
Chirusi Grande	12
Sobra Chirusi	84
Tajamar Centro	42
Colque Rancho	46

En la tabla anterior se observa que existen en algunas comunidades que aportaron un mayor número de jornales con relación a otros, especialmente la comunidad de Sobra Chirusi (84 jornales), esto se debe a:

- Número de usuarios por comunidad
- Distancia de entubado desde la planta de tratamiento a las comunidades
- Profundidad de excavación

Los aportes en mano de obra realizados por cada usuario no repercute en las horas de riego que tiene derecho cada afiliado al sistema de riego como se mostrará mas adelante.

También el derecho es concebido como un derecho privado y este derecho está ligado a la tierra: todo afiliado que tenga terrenos con posibilidades físicas de ser regado, lo puede hacer dentro del tiempo de su turno.

El derecho se expresa por tiempo de riego; a nivel de comunidades y de usuarios.

En un inicio, las cinco comunidades acordaron el tiempo de riego por comunidad sea de 16 días sin importar el número de usuarios. El tiempo de riego asignado no era suficiente en algunas comunidades para que todos los usuarios pudiesen regar.

Frente a esta situación, la expresión de los derechos se definió por el número de usuarios y a este se le asignó un determinado tiempo de riego (ver Tabla 9). Esta aparente rigidez en el reparto de agua actualmente es flexible, es decir, todavía se sigue estudiando la posibilidad de incrementar el número de días a algunas comunidades que tienen varios usuarios y pocos días de riego.

Tabla 9: Horas de riego asignado por comunidad

Comunidad	Tiempo días	Tiempo días
	Antes	Actual
Chirusi Rosario	16	20
Chirusi Grande	16	16
Sobra Chirusi	16	16
Tajamar Centro	16	18
Colque Rancho	16	20

Al interior de las comunidades los derechos de agua se expresan también por tiempo y sólo los afiliados al sistema tienen derecho a hacer uso del agua (ver Tabla 10). El control sobre el reparto de agua es muy riguroso.

Tabla 10: Tiempo de riego asignado a cada usuario en cada comunidad

Comunidad	Tiempo de riego en horas		
	Bomba 3 HP	Bomba 4 HP	Bomba 5 HP
Chirusi Rosario	12	10	-
Chirusi Grande	14	10	-
Sobra Chirusi	12	-	-
Tajamar Centro	-	-	10
Colque Rancho	12	10	-

Cada usuario tiene nominalmente de 10 a 14 horas para regar dependiendo de la potencia del motor de la bomba y del sistema de riego, pero algunos usuarios tienen terrenos grandes con relación a otros, por ello existen acuerdos que en cierta forma redistribuyen los tiempos según las necesidades específicas de cada usuario.

Por ejemplo en la comunidad de Chirusi Rosario se estableció un tiempo de 10 horas de riego con una bomba de 4 HP. Con este tiempo se puede regar aproximadamente una arrobada de terreno (3622 m²), pero existen usuarios que tienen superficies mayores, y por ende demandan un mayor tiempo para regar. En estos casos el usuario que va a regar recurre a otro usuario que no va a regar o que tiene que regar superficies menores, para solicitarle un intercambio de tiempo de riego por eras de alfalfa; o bien solicitarle un préstamo de horas de riego, el cual será devuelto en el siguiente turno de riego.

Acceso al agua

Las formas de acceso al agua, identificadas en los diferentes casos se resumen en la Tabla 11

Tabla 11: Formas de acceso al agua de riego

Establecidas	Derechos usuarios Cargo (control, presidente)
Ocasional	Préstamos Canjes Trabajos al partido (compañía) Venta de agua ^a Compensaciones por uso de bomba propia

Los acuerdos para la distribución están establecidos en función de las formas de acceso “fijas”, que fundamentalmente son los derechos al agua, y en algunas comunidades se tiene compensaciones por ocupar algún cargo en la directiva el sistema de riego o la comunidad, es decir, a los dirigentes y controles de aguas se les asigna un tiempo de riego como forma de remuneración por los trabajos que realizan, como se puede ver en la Tabla 12.

Tabla 12: Otras formas de acceso al agua

Comunidad	Establecidos		
	Usuarios	Cargos	Forma de compensación
Chirusi Rosario	Derechos	Dos Controles	Un turno de riego para cada control (12 horas)
Chirusi Grande	Derechos	Presidente Strio. Relaciones Corregidor Jueces agua	Un turno de riego (10 horas) 5 horas mas de riego 5 horas mas de riego 5 horas mas de riego
Sobra Chirusi	Derechos	Presidente Cajero Secretario actas Vocal	Un turno de riego 5 horas mas de riego 5 horas mas de riego 5 horas mas de riego
Tajamar Centro*	Derechos	Cajero Control	2 a 3 horas mas de riego 2 a 3 horas mas de riego
Colque Rancho	Derechos	No se compensa a ningún actor en el riego	

6.2.4. Organización

A nivel de sistema de riego, actualmente se esta consolidando una organización de regantes que agrupa a las cinco comunidades que usufructúan las aguas tratadas para el riego, esta organización esta conformada de la siguiente manera: Presidente, Vicepresidente, Secretario de Actas, Tesorero y un vocal.

Esta organización recién se esta formando, por lo que las funciones de algunas carteras no esta bien definidas.

Al interior de las comunidades, la organización en un inicio estaba condicionada a los requerimientos de la OTB, posteriormente estas organizaciones se tuvieron que adecuar a la distribución de agua y al mantenimiento de la infraestructura. La conformación de la directiva es idéntica a la organización del sistema de riego

6.2.5. Distribución

La distribución contempla tres aspectos fundamentales:

- Manejo de la infraestructura física que se realiza para operar el sistema.
- Actividades sociales que organización los usuarios para la distribución de agua.
- Normas, mecanismos, criterios y acuerdos para la distribución de riego
- Reparto de agua principalmente.

En el sistema de riego, el presidente de la Asociación de Regantes de las cinco comunidades hace la entrega de agua al presidente de la comunidad en la salida de la planta de tratamiento (toma).

Antes de iniciar con el reparto de agua mencionaremos los aspectos más relevantes con relación a la operación del sistema de riego

Operación y mantenimiento

El manejo de la infraestructura es sencillo y no requiere personal especializado, generalmente las tareas que implica son realizadas por una a dos personas. En la Tabla 13 se muestra un resumen de las principales tareas que se realiza para la operación de la infraestructura.

Tabla 13: Resumen de las principales tareas de operación en el sistema de riego

Infraestructura	Chirusi Rosario	Chirusi Grande	Sobra Chirusi	Tajamar Centro	Colque Rancho
Captación	Planta de tratamiento				
Conducción	Canales tierra Tubos H°	Canales de tierra	Canales tierra Tubos H	Canales tierra Tubos H	Canales tierra Tubos H
Distribución	Cárcamo Cámaras limpieza	Cárcamo rústico (tierra)	Cámaras de limpieza	Cárcamos	Cárcamo Cámaras limpieza
Regulación	Cámara rústica desarenadora*. Compuertas de regulación	Ninguno	Compuertas de regulación Cámara distribuidora- sedimentadora	Compuertas de regulación Cámara distribuidora- sedimentadora	Ninguno
Experiencia riego antes del proyecto	Si	Si	Si	Si	Si
Años de operación	5 años	5 años	5 años	5 años	5 años
Responsables (tareas de operación)	2 Controles Usuarios	Control Usuarios	Control Usuarios	3 Controles 3 Cajeros Usuarios	Control Usuarios
Tareas de operación	Apertura de compuertas Mantenimiento de bombas Armado de bombas para riego Control inicio fin de riego. Notificar a usuarios que pueden regar.	Armado de bombas Cuidado de bombas y tubos de riego Control inicio y fin de riego Notificar a usuarios que pueden regar.	Apertura de compuertas Armado de bombas Cuidado de bombas y tubos de riego Control inicio y fin de riego Notificar a usuarios con derecho a regar.	Apertura de compuertas Control inicio y fin de riego Notificar a usuarios con derecho a regar.	Armado de bombas Control inicio y fin de riego Notificar a usuarios con derecho a regar.

*Cámara construida por los usuarios, esta infraestructura no esta mejorada

Las obras de regulación se encuentran ubicadas antes del ingreso a los tubos de hormigón (cámaras distribuidoras –sedimentadoras). Estas obras son mixtas, ya que además de distribuir el agua a las comunidades permiten sedimentar los sólidos suspendidos provenientes de la planta de tratamiento. Esta estructura esta compuesta de compuertas de ingreso a los tubos y rejillas de protección

En periodo de estiaje, los trabajos de operación en estas compuertas consiste en la apertura de compuertas en el turno de riego a la comunidad, y en realizar un control no muy permanente para evitar que se acumule material vegetal, plásticos, botellas u otros objetos que puedan obstruir el ingreso del agua a los tuberías de hormigón.

En periodo de lluvias, estas compuertas se cierran eventualmente para evitar el ingreso de agua con sedimentos, materiales plásticos (bolsas, botellas) y otros materiales que causen obstrucciones e incrementen los trabajos de mantenimiento del sistema de riego.

El armado de las bombas consiste básicamente en la instalación de la bomba en el cárcamo o cámara de limpieza, al cambio de aceite y acople de tuberías y accesorios a la bomba

La notificación a usuarios que pueden regar, se refiere básicamente a aquellos usuarios que tienen todos sus aportes al día, no tienen deudas con la comunidad o con el sistema de riego por concepto de inasistencia a limpieza, reuniones u otras actividades (ver Figura 11).



A) Colocado de aceite a la boma



B) Notificación a usuario para el riego

Figura 11: Trabajos de armado de bombas y notificación a usuarios

Modalidad de reparto de agua

En la zona de estudio existe una marcada diferencia entre dos periodos: disponibilidad de agua libre y disponibilidad de agua por turnos como se puede apreciar en la Tabla 14.

Tabla 14: Modalidad de reparto de agua de riego

Disponibilidad de agua		Alta (libre)	Baja o escasa (por turnos)
Riego		Complementario ² , suplementario ³	Suplementario
Fechas		Diciembre Abril	Abril - Noviembre
Modalidad de reparto	Épocas de mayor disponibilidad de agua	A demanda libre (riego libre) Entrega continua: multiflujo	
	Épocas de menor disponibilidad de agua		<i>A la comunidad</i> Tiempo fijó <i>Interior de las comunidades:</i> Por grupos de riego. Con tiempo fijó ⁴ Sin tiempo fijó ⁵ <i>A nivel de usuarios:</i> Con tiempo fijó (turno de riego) Entrega continua: Multiflujo en el día Monoflujo en la noche

Para una mejor distribución y equidad en el reparto del agua al interior de las comunidades, los usuarios se subdividieron en grupos pequeños de riego.

Por ejemplo, en la comunidad de Tajamar Centro se subdividieron en tres grupos de riego con la finalidad de tener una mejor distribución del riego, mayor transparencia en el manejo de recursos económicos y que exista equidad en la entrega de agua. Esta división se realizó en función a los cárcamos existentes en la comunidad, estos grupos formados para riego tienen autonomía en el manejo del dinero y control de riego. Cada grupo tiene un tiempo fijo de 5 días de riego, y cada usuario tiene un turno de 10 horas de riego. Para empezar el riego, los tres grupos se reúnen en una asamblea donde definen que grupo va a regar primero.

En las otras cuatro comunidades se dividieron en dos grupos de riego, la diferencia con la comunidad de Tajamar Centro radica en que estos grupos no tienen autonomía en el riego, en manejo de recursos económicos y no tienen tiempo definido de riego, esta división solo se realizó para que exista equidad y refleje transparencia en la distribución de riego. La distribución de agua es en forma rotacional, es decir, que en el primer turno de riego en la comunidad, generalmente empieza el grupo uno, posteriormente en el segundo turno de riego comienza el riego en el grupo dos.

Se caracteriza porque todos los usuarios pueden regar cuando quieran y en la cantidad que deseen en un turno. El acceso al agua es libre, y las personas que en temporada de riego pueden hacerlo.

Esto se debe a la mayor disponibilidad de agua (periodo de lluvias). En este periodo las fuentes de aguas: Aguas provenientes de los ríos, aguas provenientes de la planta registran los mayores caudales, y aguas de lluvias producto de precipitaciones

que está asociada a un suministro continuo de agua y a la división de flujo (multiflujo), de agua. Es decir que de las cámaras de limpieza los usuarios pueden colocar las plantas en sus parcelas el tiempo que deseen.

Riego

que complementa a las lluvias
sin complemento de lluvias
comunidad de Tajamar Centro.

4
5 E.

Des de: Colque Rancho, Chirusi Rosario, Chirusi Grande y Sobra Chirusi

Riego por turnos. El riego por turnos se inicia cuando el agua disponible comienza a escasear y la presión por el uso de la misma se incrementa, entonces los diferentes acuerdos para su aprovechamiento se ponen en funcionamiento.

Bajo la modalidad de reparto por turnos el número de usuarios se reduce, debido a que sólo se autoriza el uso del agua a las familias que han obtenido derechos sobre el agua, a través de la participación en los trabajos de mejoramiento del sistema de riego.

Los tiempos asignados son fijos, tanto al nivel de sistema de riego (comunidad) como a nivel de usuarios, como se puede ver en la Tabla 15

Tabla 15: Tiempo asignado para los turnos de riego a la comunidad y a los usuarios

Comunidad	Tiempo asignado a la comunidad días	Tiempo asignado a los Usuarios (horas)		
		Bomba 3 HP	Bomba 4 HP	Bomba 5 HP
Chirusi Rosario	20	12	10	-
Chirusi Grande	16	14	10	-
Sobra Chirusi	16	12	-	-
Tajamar Centro	18	-	-	10
Colque Rancho	20	12	10	-

Un aspecto generalizado es que la entrega de agua dentro de las comunidades se realiza con división del flujo durante el día y sin división de flujo durante la noche. Esto se debe a que durante el día se registran los mayores caudales de ingreso de agua a la planta de tratamiento y por ende también se registrarán mayores caudales de salida de agua. Durante la noche, los caudales de ingreso y de salida se reducen.

En la Tabla 16 se muestra la combinación de riegos multifujo y monoflujos existentes en las comunidades de estudio.

Tabla 16: Forma de asignación del riego en el día y la noche: multifujo-monoflujo

Comunidad	Día	Noche
	Multifujo	Monoflujo
Chirusi Rosario	Bombas: 3 HP 4HP	Bomba de: 4 HP
Chirusi Grande	Bombas: 3 HP 4HP	Bomba de: 4 HP
Sobra Chirusi	2 bombas de 3HP	Bomba de: 3 HP
Tajamar Centro	2 bombas de 5HP	Bomba de: 5 HP
Colque Rancho	Bombas: 3 HP 4HP	Bomba de: 4 HP

Intervalo de riego. En general en la zona de estudio, el intervalo de riego esta en los noventa días (cada tres meses), periodo que obviamente muestra la carencia de agua en la zona y el sub-riego o riego deficitario de los cultivos.

Conflictos y sanciones. Los conflictos relacionados a la distribución de agua se deben especialmente al factor tiempo como ser: tiempo no suficiente para terminar el riego, usuarios que no están a la hora indicada en la parcela a regar. Sin embargo, estos conflictos se presentan solo ocasionalmente

En la Tabla 17 se muestra un resumen de los principales problemas que pueden derivarse en conflictos en el sistema de riego:

Tabla 17: Conflictos que ocurre durante la distribución del agua

Problema-conflicto	Situación	Observación
Robo de agua	En primera instancia multa de 500 Bs. Una segunda vez pérdida del turno de riego Tercera vez. Pérdida de los derechos de agua	Rara vez ocurre robo de agua
Distribución de agua	Usuarios no se encuentran en la parcela al momento del turno. Turno de riego no es suficiente para regar toda la parcela	Ocasionalmente ocurre este conflicto Frecuentemente, los usuarios deben recurrir a estrategias para acceder a mayor tiempo de riego como ser: préstamos de agua, canjes y otros
Desperfectos en la bomba Rotura de tuberías durante el traslado de tubos a la parcela de riego	Las bombas deben estar listas para el inicio del riego Los tubos sufren roturas durante el traslado de los mismos a las parcelas, el que esta con el turno de riego debe arreglar este fallo.	Rara vez ocurre Frecuentemente
Incumplimiento de los usuarios con obligaciones a la comunidad y al sistema de riego	Inasistencia a reuniones y trabajos de limpieza multa de 50 Bs. No pago para el mantenimiento y reparación de bombas.	Ocasionalmente ocurre No se le entrega el agua al usuario hasta que tenga todos sus aportes al día

Aportes monetarios Los usuarios que van a regar deben aportar dinero para:

1. Mantenimiento de la bomba de riego
2. Compra de aceite
3. Compra para reposición de tubos dañados

Para el mantenimiento de la bomba, el aporte es variable, ya que gran parte de estos recursos provienen del pago de multas por inasistencia al mantenimiento del sistema de riego y reuniones. El monto solicitado a los usuarios varía desde los 5 Bs. para la compra de aceite y puede llegar a superar en algunos casos los 25 Bs.- por arreglos mayores en la bomba.

6.2.6. Usos del agua

En todas las comunidades el agua proveniente de la planta de tratamiento es utilizada en el riego y eventualmente como abrevadero de animales (ver Figura 12). Esta característica se acentúa más cuando la escasez del agua se incrementa, especialmente en aquellas comunidades donde el agua potable no abastece la demanda de consumo humano.



A) Abrevadero de animales



B) Riego al cultivo

Figura 12: Usos del agua

6.3. RIEGO PARCELARIO

Cuando los usuarios requieren llevar el agua distancias considerables (mayores a 300 m), la práctica habitual que realizan los usuarios es la combinación de diámetros de tuberías utilizando para ello accesorios para división de flujo como ser tubos Y con reductores de diámetro (ver Figura 13).



A) Distancias largas



B) Accesorios para el riego

Figura 13: Combinación de diámetros y uso de accesorios para llevar agua a grandes distancias

Mano de obra

Durante el riego parcelario es necesario la presencia de dos regantes como mínimo, una persona acomodando los tubos para el riego y la otra controlando el riego.

Se observó en la mayoría de las comunidades, la presencia de mujeres, niños y jóvenes en el riego parcelario, este factor se debe a que en la zona se nota una alta migración de los varones hacia otras ciudades del interior del país así como al exterior.

Actualmente la zona genera fuentes de trabajo temporal para los usuarios que no tienen derecho al riego y a otras personas de comunidades aledañas.

Tipos y métodos de riego practicados

En el área de estudio se identificaron dos tipos de riego: riego de preparación y riego al cultivo. Las características principales del riego parcelario se muestran en la Tabla 18

Tabla 18: Tipos de riego

Tipo de riego	Característica	Método de riego
De preparación	Aplicación de altas láminas de riego, requiere mayor tiempo de riego	Método de riego: Por inundación Riego de barbecho, finalidad humedecer el suelo y facilitar la labor de roturación. Riego de siembra. Para aumentar la humedad en el suelo y garantizar la germinación y desarrollo del cultivo en su primera etapa.
Al cultivo	Aplicación de láminas y tiempo de riego es menor	Método de riego por Surcos y Melgas Por surcos: cultivos de papa, maíz y haba Por melgas: alfalfa

Medidas de protección durante el riego

En los diferentes métodos de riego, se observó que son muy pocos los usuarios que toman alguna medida de seguridad durante el riego. Todos los usuarios coinciden que el agua de alguna manera les llega a afectar

en su salud, ya que una vez terminado el riego los pies terminan resquebrajados y ásperos. Diferentes autores recomiendan que para realizar el riego con aguas residuales se requiere como mínimo botas y guantes de goma.

6.4. EFECTOS DEL REUSO DEL AGUA

Antes de la puesta en funcionamiento de la planta de tratamiento, el riego se iniciaba con la llegada de las aguas de avenida de los ríos Morro y Chaqui Mayu que circulan por las comunidades, y los regantes debían hacer recorridos largos para evitar el robo de agua por parte de usuarios ubicados en la cabecera de río (aguas arriba), trabajo realizado durante 24 horas.

Actualmente, los regantes siguen utilizando las aguas de los ríos en periodo de lluvias pero ya no realizan los mismos controles que realizaban anteriormente para evitar robos de agua.

6.4.1. Efectos en la agricultura

Cuando el sistema de riego no contaba con la planta de tratamiento, la producción de cultivos estaba orientada al auto consumo y los cultivos eran temporales. La modalidad de entrega de agua del agua del río, era por turnos conocido como "rol". El cultivo principal lo constituía el maíz grano y los usuarios tenían pequeñas parcelas cultivadas, menores a una arrobada de terreno (3622 m²).

Actualmente con las aguas provenientes de la planta de tratamiento, permite a los usuarios tener agua en forma permanente durante todo el año, originando que exista una intensificación y diversificación de cultivos. En la actualidad se produce alfalfa y maíz para el ganado y en superficies muy pequeñas se cultiva papa y haba orientados hacia el consumo familiar y muy eventualmente al mercado.

En la Figura 14 se muestra el levantamiento de cultivos realizado en tres comunidades: Colque Rancho, Chirusi Rosario y Chirusi Grande, para ello se seleccionó de cada comunidad un bloque representativo al sector.

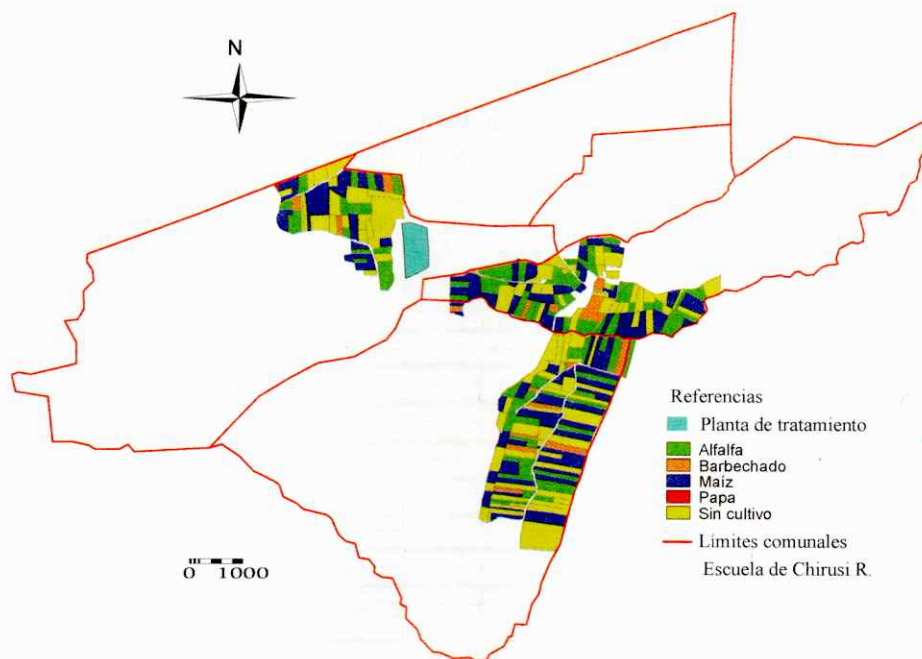


Figura 14: Levantamiento de cultivos en el área de estudio

En la figura se muestra la predominancia de los cultivos de maíz y alfalfa, con porcentajes que alcanzan el 32 y 26% respectivamente. Ambos cultivos son sembrados especialmente como forraje para ganado, mientras que

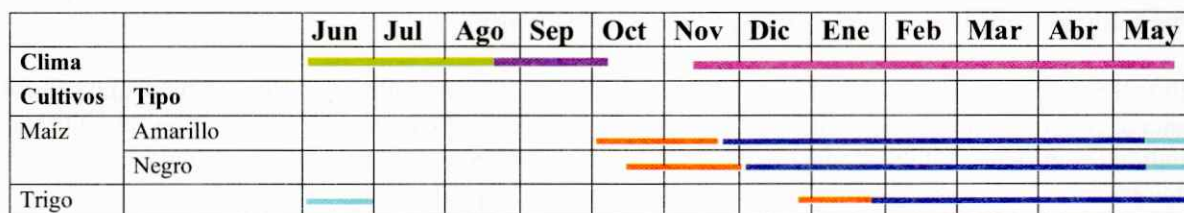
el cultivo de la papa y haba se encuentra en superficies insignificantes y son sembrados para consumo de las familias. En la Tabla 19 se muestra los datos tabulados.

Tabla 19: Uso de la tierra

Uso tierra	Superficie m2	%
Alfalfa	282.084,66	26
Barbechado	58.089,41	5
Maíz	344.091,78	32
Papa	760,25	0
Sin cultivo	388.174,26	36
Total	1.073.200,36	100

Calendario de cultivos

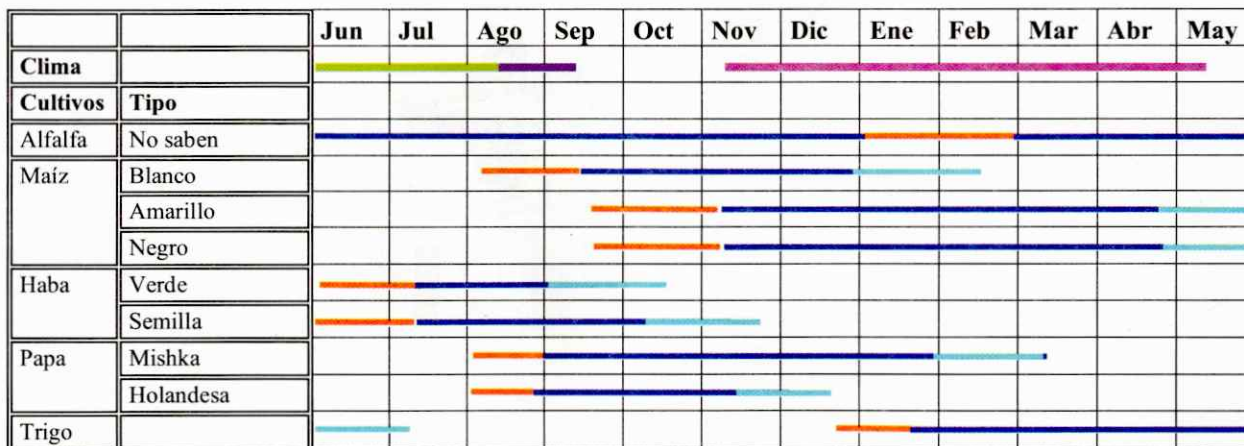
Según testimonios de los usuarios, con las primeras aguas provenientes de los ríos (mes de septiembre), se realizaba la preparación de los terrenos; la siembra se realizaba al siguiente año a mediados de octubre hasta principios de noviembre y la cosecha se efectuaba entre los meses de mayo y junio.



Referencias:

- Heladas
- Periodo de lluvias
- Granizo
- Periodo de siembra
- Periodo de crecimiento
- Periodo de cosecha

Actualmente, con la construcción de la planta de tratamiento, el calendario de cultivos esta determinado por el factor clima influyendo sobre la modalidad de distribución (suplementario –complementario).



Referencias:

- Heladas
- Periodo de lluvias, riego libre
- Granizo
- Periodo de siembra
- Periodo de crecimiento
- Periodo de cosecha

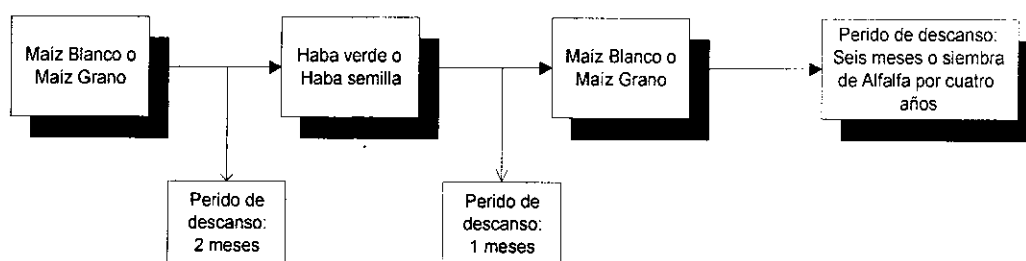
Rotación de cultivos

Anteriormente, los terrenos agrícolas descansaban por lo menos un año. En ese tiempo, el terreno se quedaba arado y en descanso, hasta el siguiente año, donde con las primeras riadas y lluvias recién se realizaba la preparación del terreno y posterior siembra.

Con la construcción de la planta de tratamiento y mejoramiento de los sistemas de riego, los descansos agrícolas son cortos, variando de un mes a tres meses. Caso contrario ocurre en aquellos terrenos sin acceso al riego, donde se sigue manteniendo los descansos prolongados.

En la Figura 15 se tiene ejemplos de las rotaciones de cultivos realizadas en el área de estudio.

Primer tipo de rotación de cultivos en la zona de estudio



Segundo tipo de rotación de cultivos en la zona de estudio.

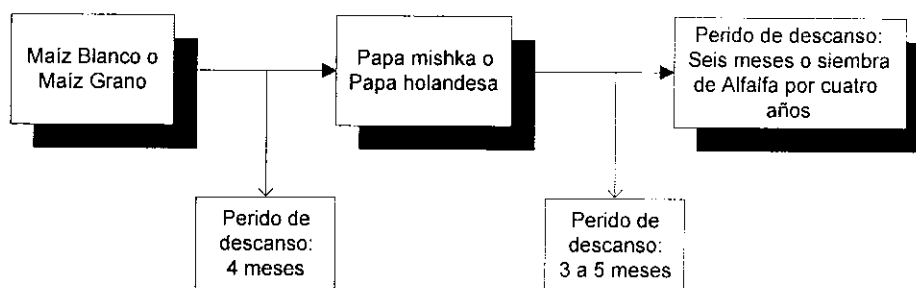


Figura 15: Rotación de cultivos existente en la zona de estudio

Destino de la producción

Antes de la construcción de la planta de tratamiento, la mayor parte de la producción de maíz se destinaba al autoconsumo, una pequeña parte era para trueque en las ferias de Punata y Cliza, una mínima cantidad del producto cosechado era seleccionado y guardado para semilla.

Actualmente, la mayor parte de la producción de maíz es destinada a la venta en las ferias de Punata y Cliza, una pequeña cantidad del producto cosechado y seleccionado se guarda para semilla, y otra parte es para el consumo de la familia (ver Tabla 20)

Tabla 20: Destino de la producción

Cultivos	Destino de la producción			
	Forraje	Venta	Semilla	Autoconsumo
alfalfa	95%	5%		
Maíz blanco (choclo)	100%	90%	1%	9%
Maíz amarillo	100%	90%	1%	9%
Maíz negro	100%	89%	1%	10%
Haba verde				100%
Haba para semilla		90%	10%	
Papa Miskha				100%
Papa holandesa				100%

Costos de producción

Según testimonios, antes de la puesta en funcionamiento de la planta de tratamiento solo se producía un cultivo por año, la relación beneficio costo resultaba extremadamente baja, e inclusive en algunos años se alcanzaba una rentabilidad negativa. En la actualidad, con el reuso de las aguas residuales en la agricultura, la relación beneficio - costo es más adecuada, es decir, que existe utilidades en la producción tal como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21: Costos de producción

Cultivos	Costos de producción Bs.-	Ingresos por venta Bs.-	Utilidad Bs.-	Utilidad ⁶ \$us.-	Relación Beneficio/costo
Alfalfa	1405	4000	2595,00	324,40	2,8
Maíz blanco	1230	3000	1770,00	221,25	2,4
Maíz amarillo	1582,5	2100	517,50	64,69	1,3
Maíz negro	1465	2025	560,00	70,00	1,4
Papa	510,5	600	89,50	11,19	1,2

6.4.2. Efectos en la pecuaria

Actualmente, la mayoría de los usuarios se dedica a la ganadería, la mayor parte cuenta con dos a tres vacas (son aproximadamente el 70% de la población total), solo unos cuantos agricultores tienen más de diez cabezas de ganado (20%) y el restante 10% se encuentran en las mismas condiciones que antes de instalarse la planta de tratamiento de aguas, es decir, sin ganado, buscando trabajo en diferentes lugares y migrando a diferente puntos del país y del exterior.

La producción promedio de leche en el sector es de 8 a 10 litros por día, con un precio de 1,60 Bs.- por litro y la venta de queso a 2,00 Bs. por unidad. Otros agricultores están empezando a producir yogurt vendiendo a un precio de 3.5 Bs. el litro.

En el área de estudio, es común la venta de estiércol por camiones. La venta se realiza a regantes de las comunidades de Punata y Cliza. El costo va desde los 450 Bs.- en camiones de 60 quintales y llega 900 Bs.- para camiones de 120 quintales

6.5. CALIDAD DE AGUAS Y LA PERCEPCIÓN DE LOS USUARIOS SOBRE LA MISMA

Se realizaron muestreos de aguas en el ingreso y salida de la Planta de Tratamiento, y en el área de riego, con la finalidad de comparar los valores con el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

Como se observa en la Tabla 22, muchos parámetros no se encuentran dentro el Reglamento, y en otros casos ni se los considera como factor importante a tomarse en cuenta para el riego.

⁶ Tasa de cambio: 8 Bs.- por dólar americano

Tabla 22: Calidad de las aguas residuales y comparación con el Reglamento de Contaminación Hídrica

Análisis de aguas	Unidad	Concentración	Reglamento	
<i>Análisis físico-químico</i>				
- pH		7,20	6 a 9	Cumple
- Sólidos totales	Mg/l	590		
- Sólidos Disueltos	Mg/l	458,00	500	Cumple
- Sólidos suspendidos	Mg/l	132,00	60	Cumple
- Conductividad	Umhoms/cm	949,50		
- Calcio	mgCa/l	84,37		
- D.B.O.	MgO ₂ /l	106,00	80	No cumple
- D.Q.O.	MgO ₂ /l	226,00	250	Cumple
- Fosfato	MgPO ₄ /l	0,08		
- Hierro Total	mgFe/l	0,22		
- Magnesio	mgMg/l	33,67		
- Mangneso	mgMn/l	0,15		
- Nitrógeno como Amonio	mgN-NH ₃ /l	18,99	4	
- Oxígeno Disuelto	MgO ₂ /l	N.D.		
- Sodio	mgNa/l	67,10		
- Sulfatos	MgSO ₄ /l	29,00		
<i>Análisis Bacteriológico</i>				
Coliformes totales	UFC/100 ml	3,55E+06		
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	1,75E+06	1000	No cumple
Huevos helmintos		3,8*10 ⁴		
Hymenolepsis diminuta	Nº Huevos/l	7,6*10 ⁵	No considera	
Dyphyllobothrium sp		4,0*10 ³		
Taenia saginata				

La aplicación de las aguas residuales urbanas tratadas o no, es una fuente importante de nutrientes al suelo. Algunos autores como Seoanez (1995), indican que el uso de las aguas residuales no tienen efectos negativos en el suelo y cultivos, y solo hay que verificar que en el agua no existan metales pesados que con el transcurso del tiempo se acumulen y ocasionen problemas de toxicidad, convirtiendo a los suelos en improductivos

Otros autores indican que la aplicación de agua con una fuerte carga orgánica, especialmente en suelos arcillosos puede traer problemas de eutrofización a niveles superficiales del suelo, y esto trae problemas de toxicidad y muerte en las plantas.

En la mayoría de las legislaciones, consideran que los parámetros más importantes que se debe tomar en cuenta para la utilización de las aguas residuales tratadas es la cantidad de patógenos, por que existe el riesgo de contaminación de la vegetación especialmente de verduras y hortalizas.

6.5.1. Qué piensan los usuarios

La mayor parte de los usuarios coinciden que las aguas provenientes de la planta de tratamiento han mejorado sus terrenos, no necesitan aplicar abonos orgánicos o químicos para producir y han valorizado el costo de sus tierras.

Los usuarios se quejan en forma constante ante el Gobierno Municipal de Punata por la proliferación de mosquitos y moscas en la planta de tratamiento; y especialmente de los malos olores producidos por las lagunas anaerobias.

6.5.2. Clasificación de aguas con fines de riego

Para la clasificación de aguas con fines de riego, se basó en la ley 1333 y el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica, normas USDA y en las directrices para el uso de las aguas residuales en la agricultura de la OMS (1998) teniéndose los siguientes resultados.

Tabla 23: Clasificación de aguas residuales con fines de riego según diferentes autores

	Clasificación	Respuesta
USDA	C3S1	Aguas salinas requieren buen drenaje y con bajo contenido de sodio
Soanez	Clase B	Aguas con problemas de salinidad, uso con cuidado
OMS	Clase C	Riego localizado de cultivos de la categoría B, si no hay exposición de trabajadores o público
Díaz		Reúso agrícola en cultivos que no se consumen

C3S1, indica que son aguas de salinidad alta que puede utilizarse para riego en suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes. En cuanto a la salinidad son aguas con bajo contenido de sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos.

Comparando los resultados de las muestras de agua (Tabla 22) con la bibliografía, se tiene que las Aguas están clasificadas como aguas con problemas de salinidad y que pueden ser aplicados en el riego a cultivos tolerantes a las sales

Comparando los resultados de los análisis con las directrices de la OMS, se tiene que las aguas residuales se encuentran en categoría C. Es decir, en este grupo de cultivo, las medidas de protección están orientadas a resguardar la salud tanto del trabajador del campo como del consumidor. Los cultivos que pueden ser regados son los cereales, cultivos industriales, forrajes, pastos y árboles, pero evitando la exposición directa del agua residual a los trabajadores y público en general.

Uno de los factores a considerar es que falta muchos estudios con relación al reúso de esta agua. Las directrices OMS si bien especifican como indicador, que el número de huevos de helmintos debe ser menor o igual a 1, no especifica el tipo de helminto y no se considera otros organismos que también son importantes. Según las directrices, el grado de eliminación de todos los huevos de helmintos y de los quistes amíebicos es idéntico (Strauss M. 1998).

7. CONCLUSIONES

Las aguas residuales tratadas utilizadas en la agricultura tienen enormes beneficios que repercuten en las familias campesinas en forma favorable, mejorando sus ingresos económicos, evitan de alguna manera que sus miembros migren a otras ciudades, crea fuentes de trabajo a otras familias, mejora la fertilidad del suelo y en el caso estudiado adicionalmente revalorizó el precio de la tierra.

La **intensificación de cultivos**, es el primer proceso que se dio en las comunidades, los usuarios una vez que tuvieron el agua de la planta de tratamiento empezaron a intensificar la producción de maíz grano, posteriormente empezaron a producir alfalfa e intensificar la producción.

La **diversificación de cultivos**, es el segundo proceso que se dió dentro las comunidades. Los agricultores, si bien tenían una tradición y experiencia como productores de maíz, aprendieron las técnicas de producción de alfalfa y maíz choclo. Este proceso todavía sigue en marcha debido a que algunos agricultores están empezando a producir haba y papa.

El reuso del agua tuvo efectos directos en los **calendarios agrícolas** porque antes del reuso del agua tratada solo se tenían épocas determinadas para la siembra y cosecha, siendo el cultivo principal el maíz grano. Actualmente se siembra y cosecha en forma escalonada, siendo el cultivo principal el maíz choclo y grano; y la alfalfa.

En los **descansos agrícolas**, por que antes del reuso del agua tratada los descansos agrícolas duraban hasta un año, actualmente con el uso del agua residual en el riego, los descansos agrícolas duran de un mes hasta cinco meses.

Con relación a **generación de fuentes de empleo**, en muchos casos la mano de obra familiar no abastece para los trabajos requeridos en la producción agrícola, es por ello que muchos regantes recurren a la contratación de peones jornaleros para las diferentes actividades que van desde la siembra hasta la cosecha del producto.

En cuanto a la **fertilidad de suelos y aporte de nutrientes**, el agua residual es una fuente importante de nutrientes, es por ello que no se requiere una fertilización adicional para la producción.

La **economía campesina**, mejoró desde la utilización de las aguas residuales en el riego, debido a que se abrió la posibilidad de vender excedentes de los diferentes productos, en las diferentes ferias del departamento de Cochabamba e incluso se indica que se lleva hacia otros departamentos.

Con relación a la **Disponibilidad y uso del agua**, podemos indicar que en muchas comunidades del sector, el agua potable no abastece los requerimientos de consumo humano y menos del ganado existente en el sector. Frente a esta situación muchos de los usuarios se ven obligados a llevar a sus animales a la salida de la planta para que beban el agua utilizada en el riego

El **intervalo de riego** es una de las limitantes mayores en la zona para poder diversificar o intensificar más cultivos. Este intervalo de riego en la zona es complementaria con las lluvias y aun es deficitario.

La **calidad de aguas** condiciona el **uso del agua**, la alta salinidad de las aguas y la elevada carga de coliformes origina que en el sector el agua proveniente de la planta de tratamiento se utilice en los riegos de preparación y riego a cultivos tolerantes a la salinidad como son el maíz y la alfalfa. Los regantes están concientes de que no pueden aplicar esta agua en el riego de hortalizas.

Según las normas OMS con relación al reuso del agua con fines de riego, clasifica a las aguas como categoría C, aguas peligrosas con las que no deben estar en contacto directo los agricultores ni público en general; pero que si se pueden regar determinados cultivos como cereales, cultivos industriales, forrajes, pastos y árboles.

8. BIBLIOGRAFÍA

Garcia, M.

1998 Aguas residuales urbanas. Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento. Ed. Mundi –Prensa. Madrid, España.

Gerbrandy G.; Hoogendam P.

1998. Aguas y acequias. Los derechos al agua y la gestión campesina de riego en los Andes bolivianos. Programa de Enseñanza e Investigación en Riego Andino y de los Valles (PEIRAV)

Gutierrez, J.

2004. Reúso de agua y nutrientes. Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente. Revista N° 4/2003:

Gutierrez, Z.

1996. Gestion de sistemas de riego. Documentos de lectura. UMSS, Cochabamba, Bolivia 10 p.

Salgot, MS.; Folch M.

2003. Tratamiento de aguas residuales industriales. Reutilización de aguas residuales. Ed. Fundación Universitaria Iberoamericana –IEM. Barcelona, España. Tomo II.

Mendoza, S.

2000. Sistemas de Lagunas de Estabilización. Como utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío. Ed. McGraw Hill Interamericana. Bogota, Colombia.

Oakley S.

2005. Lagunas de estabilización en Honduras. Manual de diseño, construcción, operación y mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad. USAID-Honduras. CEPIS/OMS.

PRONAR

2003. Análisis Del proceso de diseño de distribución de agua para mejorar las prácticas de riego parcelario. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural; Programa Nacional de Riego. PRONAR Investigación Aplicada N° 23.

Queralt R.

2003. Ingeniería ambiental. Tratamiento de aguas residuales industriales. Generalidades. Ed.fundación Universitaria Iberoamericana –IEM. Barcelona, España. Tomo I

Seoanez M.

1995. Aguas residuales urbanas. Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento. Madrid, España. Mundi Prensa

Strauss M.

1998. Reúso de aguas servidas – Implicaciones para la salud. Seminario –Taller Saneamiento Básico y Sostenibilidad. CINARA. Cali, Colombia

Anexo 1: Lista de usuarios en el sistema de riego

Usuarios comunidad Tajamar Centro

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Zenobio Vargas	Josefina Bautista	Solidario Montaña
Dionisio Montaña	Marta Bautista	Gumerindo Torrico
Fernando Vargas	Benigno Bautista	Abel Aguilar
Casimira Ferrufino	Encarnación Balderrama	Armando Ferrufino
Renato Ovando	Angel Balderrama	Nelly Montaña
Rene Ferrufino	Antonio Torrico	Telésforo Montaña
Natividad Zapata	Angel Angulo	Ananias Torrico
Germán Torrico	Maximiliano Rodriguez	Santiago Torrico
Alberto Montaña	Guillermina Balderrama	Eustaquio Balderrama
Octavio Torrico	Justa Fernandez	Eulogio Velasquez
Alejandrina Torrico	Flavio Rodriguez	Gregorio Rocha
Justino Torrico	Petrona Torrico	Felix Cruz
Fermin Torrico	Pascual Velasquez	Carmelo Rocha
Roberto Pinto	Grover Torrico	Francisca Ovando
Eliodoro Torrico	Jose Torrico	Julio Torrico
	Eufrasia Arnez	Wilson Montaña

Sobra Chirusi		
Nombre y apellido	Nombre y apellido	Nombre y apellido
Crisostomo Arias	Ramiro Rocha	Roberto Arias
Feliciano Soliz	Alfredo Ferrufino	Teresa torrico
Delfin Torrico	Teodosio Orellana	Hilaria Velasque
Alejandro Torrico	Máximo Orellana	Clemente Montaña
Juvenal Centellas	Albita Rocha	German Centellas
Juan Rocha	Oscar Montaña	Remberto Gonzales
Roberto Vallejos	Máximo Torrico	Evangelista Arias
Primitivo Centellos	Filemon Montaña	Vietro Torrico
Constancio Centellas	Ciprian Centellas	Angel Patiño
Mario Delgadillo	Felix Paredes	German Montaña
Anacleto Guzman	Ubaldo Montaña	Angel Arias
Waldo Montaña	Fermin Velazques	Pablo Choque
Juan Montaña	Melques Torrico	Modesto Rico
Marcelino Velazco	Solitario Velasques	Primitivo Vargas
Pascual torrico	Jose Centellas	Geronimo Centellas
Paulina Soliz	Martin Velasquez	Victor Rocha
Isabel Soliz	Martin Montaña	German Vargas
Orlando Robles	Felix Claro Soliz	Zonobio Orellana
Ariel Delgadillo	Octavio arias	Guillermo torrico
Colque Rancho		
Acelmo Aguilar	Julio Bardeni	Jacinto Ferrufino
concepción Aguilar	Luisa Montes	Felipe Zurita
Anamas Ramón	Justino Balderrama	Mario Torrico
Rogelio Fernandez	Pastor Román	Onorato Torrico
Flaviano Román	Oregina Rocha	Felicidad Zapata
Máximo Torrico	Eliodoro Jauregui	Hermógenes Zurita
Casiano Orellana	Paulina Mendez	Vicente Montaña
Gualberto Balderrama	Sergio Rocha	Alfonzo Torrico

REPORTE DE INVESTIGACION

José Rocha	Emigio Rocha	Trinidad Fernandez
Cirilo Fernandez	Alberto Velasquez	Primitivo Montaño
Catalina Román	Nemecio Velasquez	Isac Patiño
Patricio Patiño	Clara Montaño	Rosario Torrico
Mariano Mendez	Flora Ovando	Sofia Torrico
Chirusi Rosario		
Alfredo Suarez	Casto Zarate	Pascual Rocha
Aristides Ovando	Nataniel Trujillo	Ruben Patiño
Feliciano Suarez	Anselmo Zarate	Claudio Zapata
Efrain Rocha	Angel Montaño	Encarnación Ovando
Mario Suarez	Maria Vargas	Germán Guzman
Nicolas Suarez	Pedro Zarate	Gregorio Zarate
Lucio Fernandez	Emiliana Vda. De Ovando	Vicenta Vda. De Céspedes
Clemente Rocha	Marcelina Fernandez	Melquiades Torrico
Angel Rocha	Margarita Moreira	Telésforo Zapata
Sandro Rocha	Angel Patiño	Vacilio Serrudo
Florencio Rocha	Reynato Ovando	Amadeo Velasquez
Hermógenes Rocha	Reynaldo Zapata	Paulina Vda. De Zapata
Celso Rocha	Policarpio Suarez	Luis Paco
Severino Rocha	Esteban Patiño	Constancio Fernandez
Teofilo Zarate	Nestor Fernandez	Rufino Velasquez
Agripina Vda. De Suarez	José Zarate	Norma Suarez
Renato Zarate	Cornelio Suarez	Luis Moreira

Anexo 2: Análisis de aguas

Análisis de aguas	Unidad	Ingreso			Salida			Area de riego
		Horas:11:00	Horas:11:15	Promedio	Horas:11:15	Horas:11:30	Promedio	Horas:12:00
		Fecha: 30/11/05	Fecha: 06/12/05		Fecha: 30/11/05	Fecha: 06/12/05		Fecha: 30/11/05
		Concentración	Concentración	Concentración	Concentración	Concentración	Concentración	
<i>Análisis fisico-químico</i>								
pH		6,76	6,82	6,79	7,14	7,26	7,20	7,19
Conductividad	umho/cm	1131	1236	1183,50	924	975	949,50	908
Sólidos Totales	mg/l	1176	1188	1182,00	552	628	590,00	568
Sólidos Disueltos	mg/l	460	540	500,00	424	492	458,00	444
Sólidos suspendidos	mg/l	716	648	682,00	128	136	132,00	124
Calcio	mgCa/l	122,24	26,05	74,15	144,29	24,45	84,37	126,25
D.B.O.	mgO/l	333	450	391,50	136	76	106,00	118
d.q.o.	mgO/l	691	662	676,50	245	207	226,00	212
Fosfato	mgPO/l	2,69	4,69	3,69	0,01	0,14	0,08	0,67
Hierro Total	mgFe/l	0,11	0,13	0,12	0,21	0,22	0,22	0,37
Magnesio	mgMg/l	90,28	18,3	54,29	50,02	17,32	33,67	48,19
Mangneso	mgMn/l	0,1	0,13	0,12	0,2	0,1	0,15	0,28
Nitrógeno Amoniacal	mgN-NH/l	22,5	43,13	32,82	11,7	26,27	18,99	0,16
Oxígeno Disuelto	mgO/l	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Sodio	mgNa/l	84,63	238	161,32	72,9	61,3	67,10	85,54
Sulfatos	mgSO4/l	26,04	24,85	25,45	35,5	22,49	29,00	23,66
Análisis Bacterrológico								
Coliforme Total	UFC/100 ml	6,00E+10	2,40E+08	3,012E+10	3,10E+06	4,00E+06	3,55E+06	2,60E+06
Coliforme Termotolerantes	UFC/100 ml	2,00E+06	1,20E+08	6,10E+07	1,20E+06	2,30E+06	1,75E+06	1,30E+06

REPORTE DE INVESTIGACION



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

LABORATORIO REGIONAL DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS
LABORATORIO PILOTO A NIVEL NACIONAL
REPORTE DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS

NUMERO DE REGISTRO:8491-SC-7676
NUMERO DE MUESTRA:1967/05

PRESTATARIO : CENTRO AGUA

DATOS DE LA MUESTRA:

DEPARTAMENTO : COCHABAMBA
PROVINCIA : PUNATA
TIPO DE FUENTE : RIL
PUNTO DE MUESTREO : INGRESO PLANTA DE TRATAMIENTO (SIN TRATAMIENTO)
PRESERVADA : SI
TIPO DE ANÁLISIS : ESPECIAL
MUESTREADOR : ALAN CAMACHO
CODIGO CLIENTE : 1

REUNE LAS CONDICIONES DE TOMA Y PRESERVACION DE MUESTRAS

FECHA DE MUESTREO : 13/12/05 HORA DE MUESTREO :11:30
FECHA DE INGRESO LAB. : 13/12/05 HORA DE INGRESO LAB :15:20
FECHA DE ANÁLISIS : 13/12/05 HORA DE ANÁLISIS :17:45

RESULTADOS

PARÁMETRO	METODO	CONCENTRACIÓN UFC/100 ml	LIMITES PERMISIBLES PARA DESCARGAS LIQUIDAS ANEXO 13C RASIM
Coliforme total	M.F. COLILERT(NMP)	2.4 x 10 ⁸	
Coliforme Termo tolerantes	M.F.	1.2 x 10 ⁸	1000

UFC = Unidad formadora de Colonias
M.F. = Membrana Filtrante
NMP= Número Más Probable

Cochabamba, 14 de diciembre de 2005

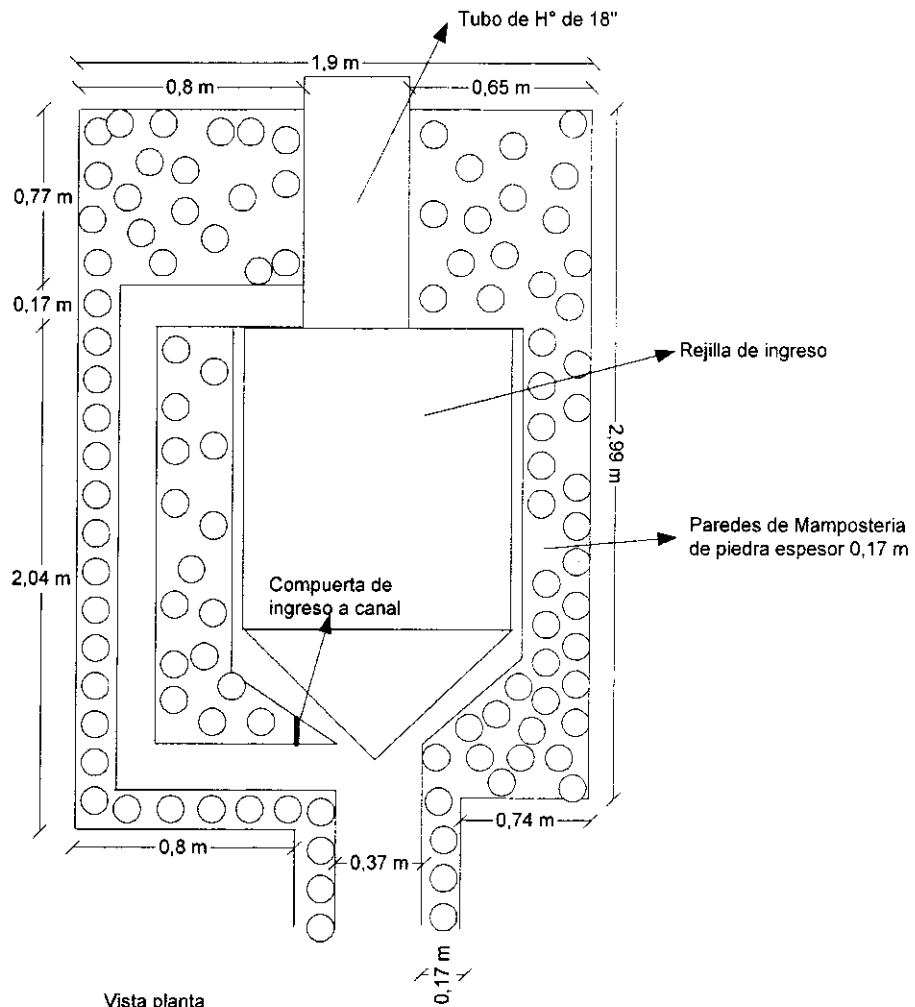
Qmc. Jeaneth Vertuguez Q.
RESPONSABLE I.R.C.C.A.

Lic. M.Cs. Jenny Rojas C.
DIRECTORA CENTRO DE AGUAS
Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

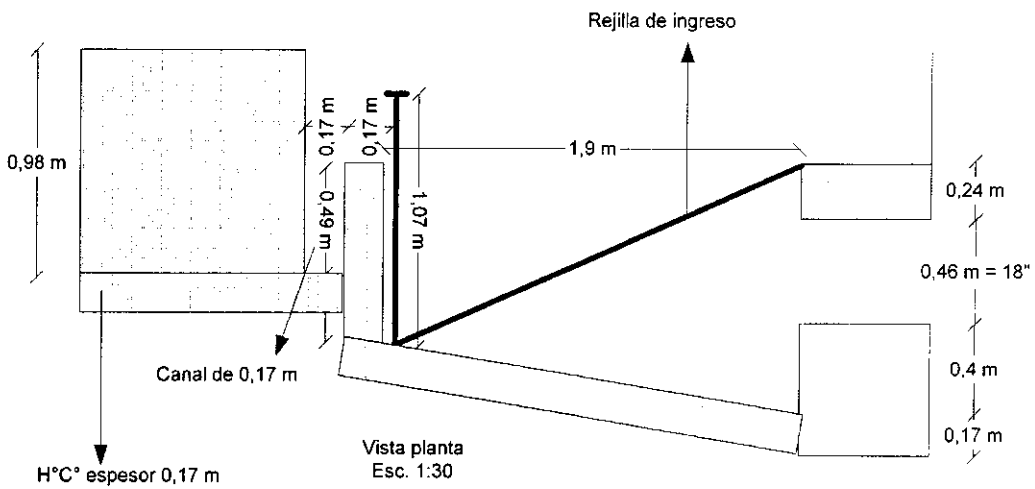


Anexo 3: Planos

Detalle constructivo de cámara desarenadora y rejilla



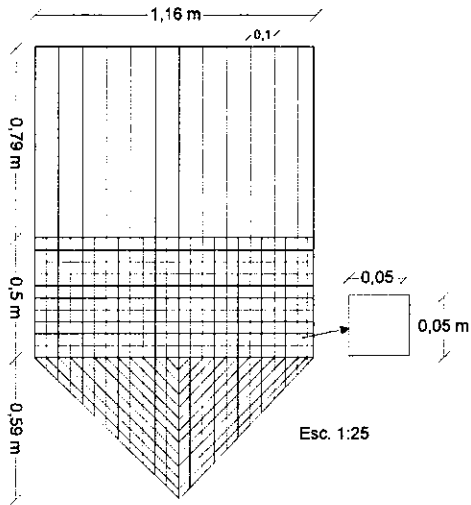
Vista planta
Esc. 1:30



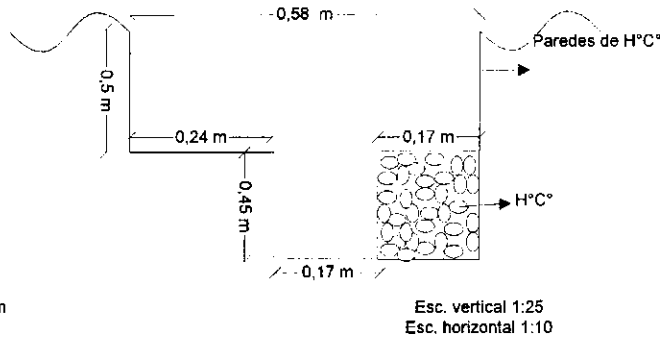
Vista planta
Esc. 1:30

0129

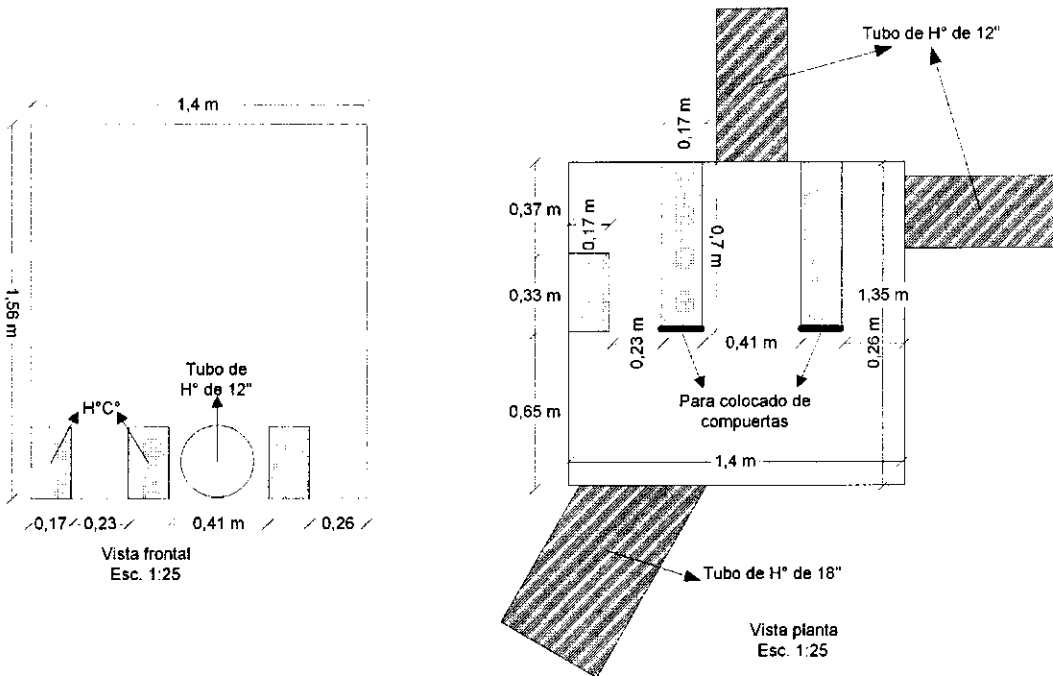
Detalle rejilla de ingreso a la cámara desarenadora



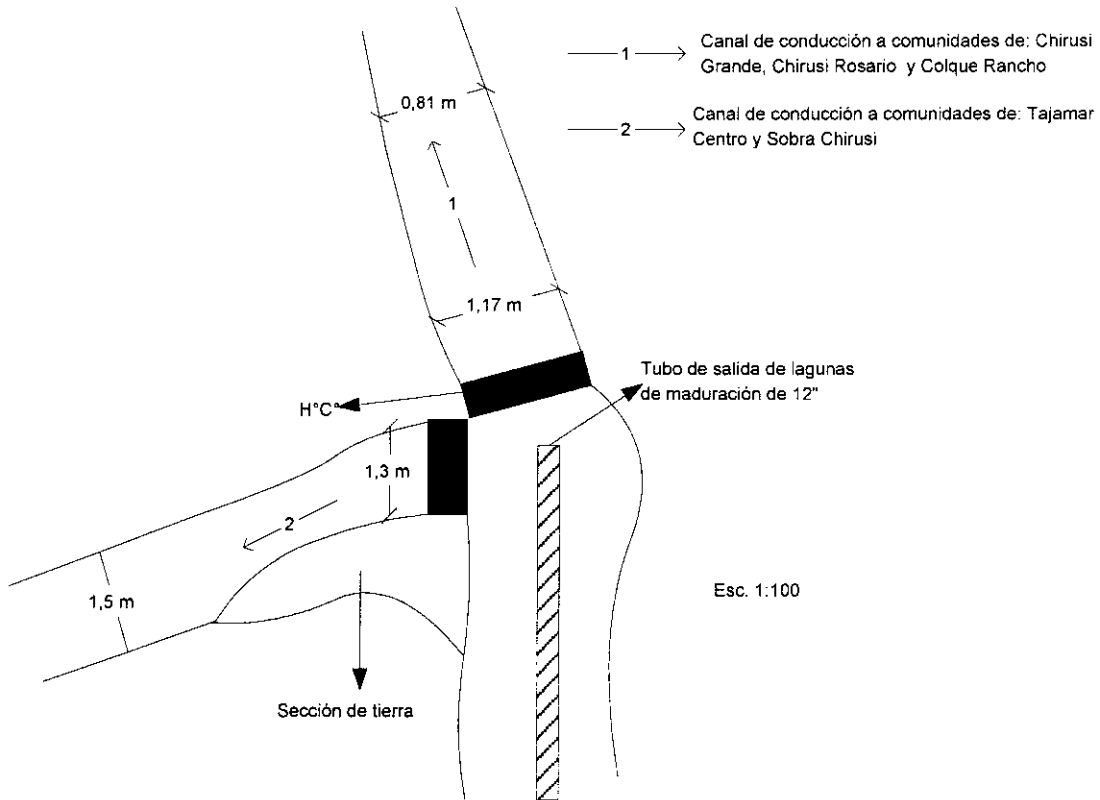
Detalle del canal de ingreso a la cámara desarenadora



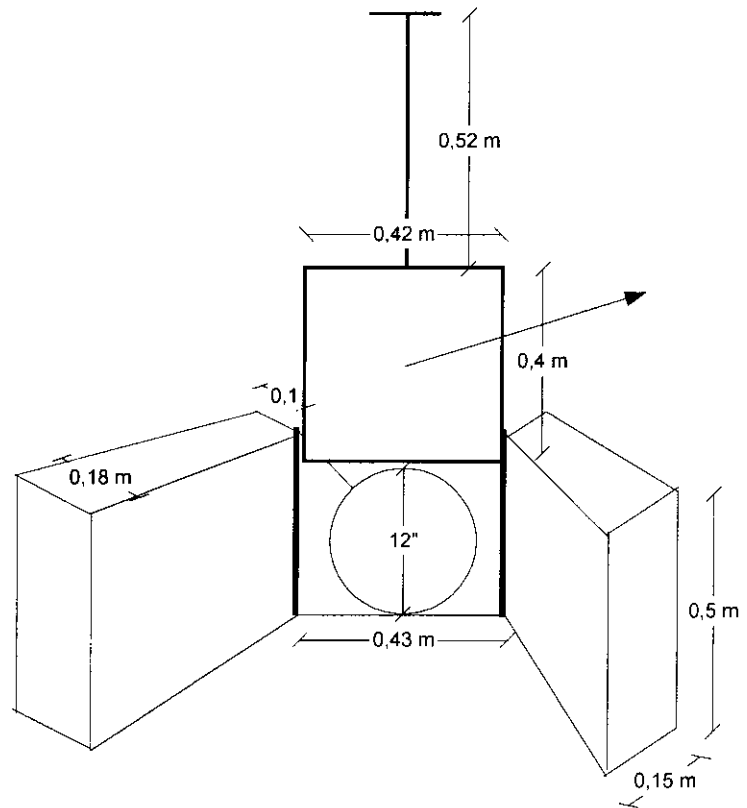
Detalle cámara de distribución a lagunas anaerobias



Salida planta de tratamiento vista planta



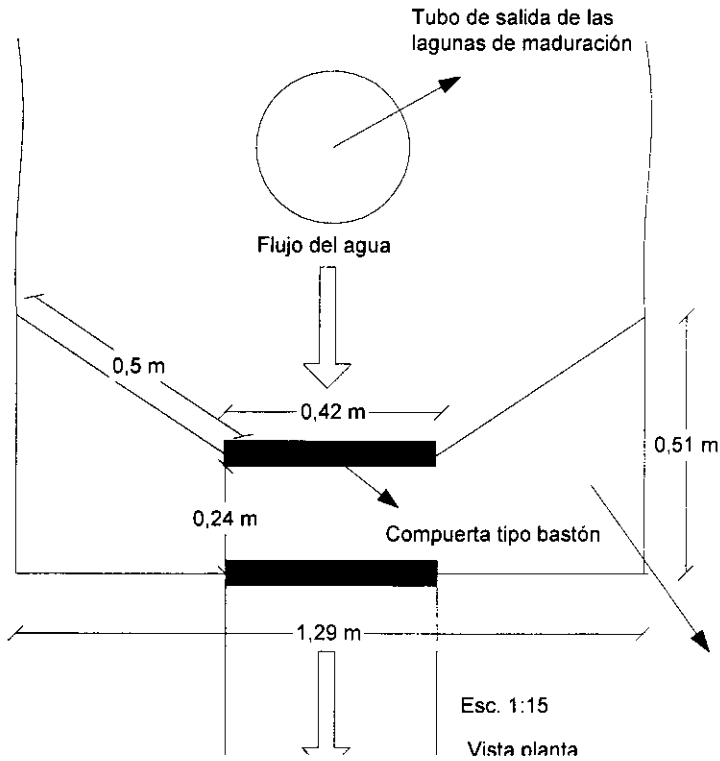
Salida de la planta de tratamiento
Vista frontal



Esc. 1:15

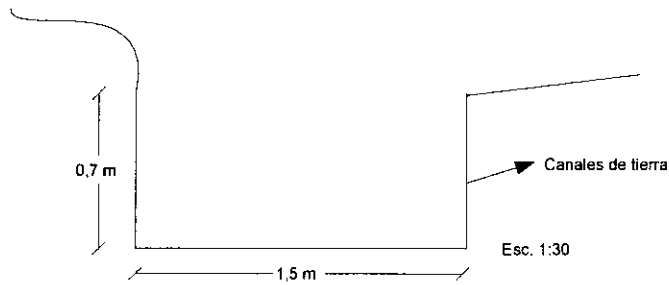
0128

Salida de la planta de tratamiento

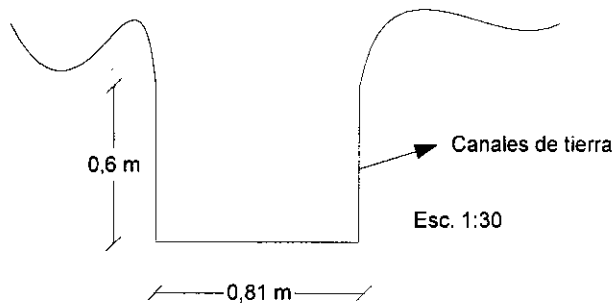


Detalle de canales de conducción (salida de la planta de tratamiento)

Detalle del Canal que conduce las aguas a Tajamar Centro y Sobra Chirusi



Detalle del Canal que conduce las aguas a : Chirusi Grande, Chirusi Rosario y Colque Rancho



Anexo 4: Normas en cuanto a calidad de aguas

Anexo 4.1: Clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso

ORDEN	USOS	CLASE "A"	CLASE "B"	CLASE "C"	CLASE "D"
	Para abastecimiento doméstico de aguas potable después de:				
1	a) Sólo una desinfección y ningún tratamiento	SI	NO	NO	NO
	b) Tratamiento solamente físico y desinfección	No necesario	SI	NO	NO
	c) Tratamiento físico-químico completo; coagulación, floculación, filtración y desinfección	No necesario	No necesario	SI	NO
	d) Almacenamiento prolongado o pre-sedimentación; seguidos de tratamiento, al igual que c)	No necesario	No necesario	No necesario	SI
2	Para recreación de contacto primario; natación, esquí, inmersión	SI	SI	SI	NO
3	Para protección de los recursos hidrobiológicos	SI	SI	SI	NO
4	Para riego de hortalizas consumidas crudas y fruta de cáscara delgada, que sean ingeridas crudas sin remoción de ella	SI	SI	NO	NO
5	Para abastecimiento industrial	SI	SI	SI	SI
6	Para la cría natural y/o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana	SI	SI	SI	NO
7	Para abrevadero de animales	NO (*)	SI	SI	NO
8	Para la navegación (***)	NO (**)	SI	SI	SI

(SI) Es aplicable, puede tener todos los usos indicados en las clases correspondientes

(*) No en represas usadas para abastecimiento de agua potable

(**) No a navegación a motor

(***) No aplicable a acúfferos

Anexo 4.2: Valores máximos admisibles de parámetros en cuerpos receptores

No	Parametro	Unidad	Cancerigeno	Clase "A"	Clase "B"	Clase "C"	Clase "D"
1	2	3	4	5	6	7	8
1	pH		No	6.0 a 8.5	6.0 a 9.0	6.0 a 9.0	6.0 a 9.0
2	Temperatura	°C		± 3 °C de c. receptor	± 3 °C de c. receptor	± 3 °C de c. receptor	± 3 °C de c. receptor
3	Sólidos disueltos totales	mg/l		1000	1000	1500	1500
4	Aceites y Grasas	mg/l	No	Ausentes	Ausentes	0.3	1
5	DBO5	mg/l	No	< 2	<5	<20	<30
6	DQO	mg/l	No	<5	<10	<40	<60
7	NMP Colifecales	N/100ml	No	<50 y <5 en 80% de muestras	<1000 y <200 en 80% de muestras	<5000 y <1000 en 80% de muestras	<50000 y <5000 en 80% de muestras
8	Parásitos	N/l		<1	<1	<1	<1
9	Color mg Pt/l	mg/l	No	<10	<50	<100	<200
10	Oxígeno disuelto	mg/l	No	> 80% sat.	>70% sat.	>60% sat.	50% sat.
11	Turbidez	UNT	No	<10	<50	<100 - <2000***	<200 - 10000***
12	Sólidos Sedimentables	mg/l - ml/l	No	<10 mg/l	30 mg/l - 0.1 ml/l	<50 mg/l - <1 ml/l	100 - <1 ml/l
13	Aluminio	mg/l		0.2 c. Al	0.5 c. Al	1.0 c. Al	1.0 c. Al
14	Amoniaco	mg/l	No	0.05 c. NH	1.0 c. NH	2 c. NH	4 c. NH
15	Antimonio	mg/l	No	0.01 c. Sb	0.01 c. Sb	0.01 c. Sb	0.01 c. Sb
16	Arsénico total	mg/l	Si	0.05 As	0.05 c. As	0.05 c. As	0.1 c. As
17	Benceno	µg/l	Si	2.0 c. Be	6.0 c. Be	10.0 c. Be	10.0
18	Bario	mg/l	No	1.0 0.05 c. Ba	1.0 c. Ba	2.0 c. Ba	5.0 c. Ba
19	Berilio	mg/l	Si	0.001 c. Be	0.001 c. Be	0.001 c. Be	0.001 c. Be
20	Boro	mg/l		1.0 c. B	1.0 c. B	1.0 c. B	1.0 c. B
21	Calcio	mg/l	No	200	300	300	400
22	Cadmio	mg/l	No	0.005	0.005	0.005	0.005
23	Cianuros	mg/l	No	0.002	0.1	0.2	0.2
24	Cloruros	mg/l	No	250 c. Cl	300 c. Cl	400 c. Cl	500 c. Cl
25	Cobre	mg/l	No	0.05 c. Cu	1.0 c. Cu	1.0 c. Cu	1.0 c. Cu
26	Cobalto	mg/l		0.1 c. Co	0.2 c. Co	0.2 c. Co	0.2 c. Co
27	Cromo Hexavalente	mg/l	Si	0.05 c. Cr total	0.05 c. Cr ⁶⁺	0.05 c. Cr ⁶⁺	0.05 c. Cr ⁶⁺
28	Cromo Trivalente	mg/l	No		0.6c. Cr ³⁺	0.6c. Cr ³⁺	1.1 c. Cr ³⁺
29	1,2 Dicloroetano	µg/l	Si	10.0	10.0	10.0	10.0

30	1.1 Dicloroetileno	µg/l	Si	0.3	0.3	0.3	0.3
31	Estaño	mg/l	No	2.0 c. Sn	2.0 c. Sn	2.0 c. Sn	2.0 c. Sn
32	Fenoles	µg/l	No	1 c. C ₆ H ₅ OH	1 c. C ₆ H ₅ OH	5 c. C ₆ H ₅ OH	10 c. C ₆ H ₅ OH
33	Hierro soluble	mg/l	No	0.3 c. Fe	0.3 c. Fe	0.1 c. Fe	1.0 c. Fe
34	Fluoruros	mg/l	No	0.6 – 1.7 c. F	0.6 – 1.7 c. F	0.6 – 1.7 c. F	0.6 – 1.7 c. F
35	Fosfato total (PO ₄)	mg/l	No	0.4 c. Orthofosfato	0.5 c. Orthofosfato.	1.0 c. Orthofosfato.	1.0 c. Orthofosfato.
36	Magnesio (Mg)	mg/l	No	100 c. Mg	100 c. Mg	150 c. Mg	150 c. Mg
37	Manganeso (Mn)	mg/l	No	0.5 c. Mn	1.0 c. Mn	1.0 c. Mn	1.0 c. Mn
38	Mercurio (Hg)	mg/l	No	0.001 Hg	0.001 Hg	0.001 Hg	0.001 Hg
39	Litio (Li)	mg/l		2.5 c. Li	2.5 c. Li	2.5 c. Li	5 c. Li
40	Níquel (Ni)	mg/l	Si	0.05 c. Ni	0.05 c. Ni	0.5 c. Ni	0.5 c. Ni
41	Nitrato (NO ₃)	mg/l	No	20.0 c. NO ₃	50.0 c. NO ₃	50.0 c. NO ₃	50.0 c. NO ₃
42	Nitrito (NO ₂)	mg/l	No	<1.0 c. N	<1.0 c. N	<1.0 c. N	<1.0 c. N
43	Nitrógeno Total	mg/l	No	5 c. Nitrógeno	12 c. Nitrógeno	12 c. Nitrógeno	12 c. Nitrógeno
44	Plomo (Pb)	mg/l	No	0.05 c. Pb	0.05 c. Pb	0.05 c. Pb	0.1 c. Pb
45	Plata (Ag)	mg/l	No	0.05 c. Ag	0.05 c. Ag	0.05 c. Ag	0.05 c. Ag
46	Pentaclorofenol	µg/l	Si	5.0	10.0	10.0	10.0
47	Selenio (Se)	mg/l	No	0.01 c. Se	0.01 c. Se	0.01 c. Se	0.05 c. Se
48	Sodio (Na)	mg/l	No	200	200	200	200
49	Sólidos flotantes			Ausentes	Ausentes	Ausentes	< red. malla 1 mm ²
50	Sulfatos (SO ₄)	mg/l	No	300 c. SO ₄	400 c. SO ₄	400 c. SO ₄	400 c. SO ₄
51	Sulfuros (H ₂ S)	mg/l	No	0.1	0.1	0.5	1.0
52	S.A.A.M. (detergentes)	mg/l		0.5	0.5	0.5	0.5
53	Tetracloroetano	µg/l	No	10	10	10	10
54	Tricloroetano	µg/l	Si	30	30	30	30
55	Tetracloruro de carbono	µg/l	Si	3	3	3	3
56	2,4,6 Triclorofenol	µg/l	Si	10	10	10	10
57	Uranio total (U)	mg/l		0.02 c. U	0.02 c. U	0.02 c. U	0.02 c. U
58	Vanadio (V)	mg/l	No	0.1 c. V	0.1 c. V	0.1 c. V	0.1 c. V
59	Zinc (Zn)	mg/l	No	0.2 c. Zn	0.2 c. Zn	5.0 c. Zn	5.0 c. Zn
	PLAGUICIDAS:						
60	Aldrin-Dieldrin @	µg/l	Si	0.03	0.03	0.03	0.03

61	Clordano @	µg/l	Si	0.3	0.3	0.3	0.3
62	D.D.T. @	µg/l	Si	1.0	1.0	1.0	1.0
63	Endrin @	µg/l	No		@	@	@
64	Endosulfan @	µg/l	No	70	70	70	70
65	Heptacloro y Heptacloripoxido @	µg/l	Si	0.1	0.1	0.1	0.1
66	Lindano (Gama-BHC) @	µg/l	Si	3.0	3.0	3.0	3.0
67	Metoxicloro	µg/l	No	30	30	30	30
68	Bifenilos policlorados	µg/l		2.0			
69	(PCBs)	µg/l	Si		0.001	0.001	0.001
70	Toxafeno	µg/l	Si	0.01	0.01	0.01	0.05
71	Demeton	µg/l	No	0.1	0.1	0.1	0.1
72	Gutión	µg/l	No	0.01	0.01	0.01	0.01
73	Malation	µg/l	No	0.04	0.04	0.04	0.04
74	Paration	µg/l	No	@	@	@	@
75	Carbaril:	µg/l			0.02	0.02	0.02
Compuestos Organofosforados y carbamatos totales:							
76	2,4-D; Herbicida: Chlorophenoxy	µg/l	SI	100	100	100	100
77	2,4,5-TP; Herbicida: Chlorophenoxy	µg/l	Si	10.0	10.0	10.0	10.0
78	2,4,5-T @	µg/l	Si	2.0	2.0	2.0	2.0
	RADIACIÓN:						
79	Radiación alfa global	Bq/l	Si	0.1	0.1	0.1	0.1
80	Radiación beta global	Bg/l	Si	1.0	1.0	1.0	1.0

NE No Establece

@: Insecticidas de importación prohibida, no obstante siguen en uso

*** Río en crecida

Limites permisibles para descargas en mg/l según la ley 1333

Parámetros	Propuesta		Parámetros	Propuesta	
	Diario	Mensual		Diario	Mensual
Cianuro libre ^a	0,20	0,10	Cobre	1,00	0,50
Cianuro libre ^b	0,50	0,30	Cinc	3,00	1,50
pH	6,90	6,90	Plomo	0,60	0,30
Temperatura*	± 5 °C	± 5 °C	Cadmio	0,30	0,15
Compuestos fenólicos	1,00	0,50	Arsénico	1,00	0,50
Sólidos suspendidos totales	60,00		Cromo +3	1,00	0,50
Coniformes fecales (NMP/100 mL)	1000		Cromo +6	0,00	0,05
Aceites y grasas ^b	10,00		Mercurio	0,002	0,001
Aceites y grasas ^b	20,00		Hierro	1,00	0,50
DBO	80,00		Antimonio ^c	1,00	xx
DQO ^a	250,00		Estaño	2,00	1,00
DQO ^b	300,00		Amonio como N	4,00	2,00
			Sulfuros	2,00	1,00

* Rango de viabilidad en relación con la temperatura media del cuerpo receptor.

a Aplicable a descargas de procesos mineros e industriales en general.

b Aplicable a descargas de procesos hidrocarburíferos.

c En caso de descargas o derrames de antimonio iguales o mayores a 2.500 kilogramos, estos se deberán reportar a la autoridad ambiental.

Características de las principales normativas de reuso de agua residual en riego

Ámbito	Características	Comentarios
California (EEUU)	2,2 – 23 CT/100 ml, dependiendo de tipo de cultivo y riego	Expone el método de tratamiento en función al uso. Se requieren tratamientos terciarios avanzados.
USEPA	0 CF/100 ml mas cloro residual en función al tipo de riego, accesibilidad y cultivo	Sugerido. El riego de zonas verdes no esta incluido. Expone el método de tratamiento.
OMS	200 –1000 CF/100 ml, en función del tipo de riego y cultivo Menos de 1 huevo de nematodo /l	Indicación de los grupos expuestos.

Fuente: IEM, texto de enseñanza

REPORTE DE INVESTIGACION

Clasificación de cultivos de acuerdo al grado de medidas protectoras de la salud.

<u>Categoría A:</u>	En este grupo de cultivo, son los trabajadores de campo quienes están sujetos a riesgo. Por ello, las medidas de protección están orientadas a ellos. Incluye los siguientes cultivos:	Cultivos no aptos para el consumo humano. Cultivos que suelen tratarse por calor antes del consumo humano. Verduras y frutas cultivadas exclusivamente para enlatado u otros tratamientos que eliminan agentes patógenos. Cultivos forrajeros secados al sol y recolectados antes de ser consumidos por los animales. Riego de campos cercados sin acceso para el público.
<u>Categoría B</u>	En este grupo de cultivo, los trabajadores de campo son también el primer grupo de riesgo, pero pueden existir riesgos indirectos para el consumidor.	Cultivos de pastos y forrajes verdes. Cultivo para consumo humano que no entran en contacto directo con aguas residuales. Cultivos que se ingieren cocidos. Cultivos para consumo cuya cáscara no se come. Cualquier cultivo que se riegue por aspersión.
<u>Categoría C</u>	En este grupo de cultivo, las medidas de protección están orientadas a resguardar la salud tanto del trabajador del campo como del consumidor. El tratamiento de aguas residuales debe estar destinado a cumplir las directrices de la OMS para uso irrestricto como medida fundamental	Todo producto que suela ingerirse crudo y se cultive en contacto con efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Riego de campos con acceso para el público.

León Guillermo

Orientación sobre el uso agrario de aguas salinas

Respuesta de las cosechas	Sólidos disueltos (mg/l)	Conductividad eléctrica (mmhos/cm)
Aguas sin problemas	<500	<0.75
Aguas que pueden perturbar a ciertos cultivos	500-1000	0,75-1.5
Aguas que pueden dañar muchos cultivos y que necesitan una gestión adecuada	1.000-2.000	2,50-3
Aguas que puedan ser utilizadas solamente en especies tolerantes con una gestión adecuada	2.000-5.000	3,0-7.5

Fuente: Mariano Seoanez Calvo, 1995

La OMS en el año 1989, publico las directrices para el uso del agua residuales en agricultura

Directrices para el reúso de aguas en agricultura

Categoría	Condición de uso	Grupo expuesto	Nematodos intestinales ³ (Nº huevos/l) ⁴	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Tratamiento previsto para alcanzar requerimientos
A	Irrigación de cultivos de consumo crudo, campos deportivos y áreas públicas ⁵	Trabajadores, consumidores y público	= 1	= 1.000	Lagunas de estabilización diseñadas para alcanzar la calidad microbiológica indicada, o un tratamiento equivalente
B	Irrigación de cereales, cultivos industriales, forrajes, pastos y árboles ⁶	Trabajadores	= 1	Ningún estandar recomendado	Retención por 8 a 10 días en lagunas de estabilización, o su equivalente en remoción de helmintos
C	Riego localizado de cultivos de la categoría B, si no hay exposición de trabajadores o público	Ninguno	No se aplica	No se aplica	Pre-tratamiento según lo requiera la técnica de riego, no menos de sedimentación primaria

³ *Ascaris, Trichuris y anquilostomas*

⁴ Durante el periodo de riego

⁵ Un límite mas estricto (=200 coliformes fecales/100 ml) es apropiado para áreas públicas, tales como campos de césped en hoteles, donde el público no tiene contacto con el cultivo

⁶ En el caso de árboles frutales, el riego debe cesar dos semanas antes de la cosecha de los frutos y ningún fruto debe ser recogido del suelo. No es conveniente regar por aspersión

Guías generales para reuso de agua en el riego

Tipos de reuso agrícola	parámetros	Calidad de agua reclamada	Opción de tratamiento
Reuso agrícola en cultivos que se consumen y no se procesan comercialmente	PH DBO mg/l UNT Colifecal NMP/100 ml Huevos/l SDT mg/l RAS Boro mg/l Cloro mg/l residual	6,5 – 8,4 ≤ 10 ≤ 2 ≤ 14 ≤ 1 ≤ 800 ≤ 0.7 ≤ 0.7 > 1	Secundario Filtración Desinfección
Reuso agrícola en cultivos que se consumen se procesan comercialmente	PH DBO mg/l SS Colifecal NMP/100 ml SST mg/l RAS Boro mg/l Cloro mg/l residual	6,5 – 8,4 ≤ 30 ≤ 30 ≤ 200 ≤ 800 ≤ 0.7 ≤ 0.7 > 1	Secundario Desinfección
Reuso agrícola en cultivos que no se consumen	PH DBO mg/l SS Colifecal NMP/100 ml SST mg/l RAS Boro mg/l Cloro mg/l residual	6,5 – 8,4 ≤ 30 ≤ 30 ≤ 200 ≤ 800 ≤ 0.7 ≤ 0.7 > 1	Secundario Desinfección

Fuente: Gutiérrez, 2004





El presente reporte de investigación fue elaborado como parte del Proyecto de Investigación “Escenarios futuros de uso de agua, como herramienta de planificación del aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en Punata” (P01BA002), ejecutado por el Centro AGUA-UMSS en el marco del convenio entre la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad Mayor de San Simón (DICyT-UMSS) y la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI), con la participación activa de las siguientes instituciones y organizaciones locales:

Honorable Alcaldía Municipal de Punata
Asociación de Riego y Servicios Punata:
Comité Totorá Khocha
Comité Laguna Robada
Comité Lluska Khocha/Muyu Loma
Asociación de Pozos Profundos Valle Alto
Central Campesina de la Provincia de Punata
Sistema de Riego Pilayacu Pucara
Sistema de Riego Pilayacu La Villa
Comités de Agua Potable de Punata
Sistema de Riego con Aguas Residuales