

**Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas  
Servidas en Agricultura  
(FAO, WHO, UNEP, UNU-INWEH, UNW-DPC, IWMI e ICID)**

**Producción de Aguas Servidas, Tratamiento y Uso en Bolivia**

Ing. Luis G. Marka S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dirección general de riego. Viceministerio de recursos hídricos y riego, Bolivia,  
[luis.marka@riegobolivia.org](mailto:luis.marka@riegobolivia.org)

**Resumen:**

Se estima que en Bolivia existen 303,000 millones de m<sup>3</sup>/año como recursos hídricos internos renovables, sin embargo, el 40% del territorio pasa por períodos secos. Se estima que 1.054 Millones de m<sup>3</sup>/año de agua son utilizadas para riego, 124 Millones m<sup>3</sup>/año para uso poblacional y 62 Millones de m<sup>3</sup>/año para uso industrial.

En Bolivia 5 Millones de habitantes no cuentan con sistemas de alcantarillado, la disposición final de las aguas residuales recolectadas sin tratamiento llega a un 70% contaminando los cursos de agua, suelos y acuíferos. Un estudio en 111 centros poblados a nivel nacional donde realizan el re uso de agua para riego en 5000 ha, 84 cuentan con PTAR con problemas de funcionamiento, el restante no tiene ningún tipo de tratamiento.

| Categoría | 2001         |      |                    |      | 2007         |      |                    |      |
|-----------|--------------|------|--------------------|------|--------------|------|--------------------|------|
|           | Agua Potable |      | Saneamiento Básico |      | Agua Potable |      | Saneamiento Básico |      |
|           | Hab.         | %    | Hab.               | %    | Hab.         | %    | Hab.               | %    |
| Urbano    | 4.537.180    | 87.7 | 2.408.625          | 46.6 | 5.584.533    | 87.5 | 3.429.572          | 53.7 |
| Rural     | 1.445.851    | 46.7 | 1.036.233          | 33.3 | 1.731.834    | 50.3 | 1.257.260          | 36.5 |
| Nacional  | 5.983.031    | 72.4 | 3.444.858          | 41.6 | 7.316.367    | 74.5 | 4.686.832          | 47.7 |

En Bolivia se ha conformado la Comisión Mixta como un espacio de generación de propuestas y lineamientos para hallar soluciones a la problemática del re uso, este encuentro ha generado asistencia técnica e información para la toma de decisiones. Por tal razón, es necesario realizar inversiones en la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, pues muchas de ellas se encuentran sobrecargadas y existe una menor cobertura de alcantarillado con relación al agua potable. Complementariamente se requiere de una estrategia para lograr su funcionamiento.

Aguas abajo de las PTAR aguas tratadas y no tratadas vienen siendo utilizadas para riego complementario. Sin embargo, muy poco se ha trabajado en la solución a los problemas de contaminación y de salud que podría estar generando. Si bien existe un marco normativo se requiere vencer varios obstáculos a decir: a) mayor cantidad y calidad de información, además de su sistematización, 2) articulación entre los sectores en función a los roles (además del reconocimiento de los mismos) para una mayor efectividad.

#### **0- Disponibilidad y uso de agua:**

Bolivia cuenta con tres grandes cuencas. Se estima que por la cuenca del Amazonas escurre 572,000 millones de m<sup>3</sup>/año, en tanto que en la cuenca del Río de La Plata fluyen 47,474 millones de m<sup>3</sup>/año y por la cuenca Endorreica escurre 14,700 millones de m<sup>3</sup>/año, que suma un escurrimiento superficial de 634,174 millones de m<sup>3</sup>/año, equivalentes a 20,000 m<sup>3</sup>/s (FAO, 2000). De estos recursos hídricos totales renovables, se estima que 303,000 millones de m<sup>3</sup>/año son recursos hídricos internos renovables, equivalentes a 9,608 m<sup>3</sup>/s (Rojas, 2010).

Con relación a las aguas subterráneas, no se cuenta con un inventario de acuíferos a nivel nacional, ni volúmenes de almacenamiento y recarga a nivel integrado; existen estudios de prospección y evaluación de zonas específicas dentro de cinco unidades hidrogeológicas.

En Bolivia las áreas de prioridad para el riego son regiones que presentan mínimo 6 meses de déficit hídrico al año. Estas regiones abarcan 448.700 km<sup>2</sup>, y representan alrededor del 40% del territorio nacional. En esa extensión se han identificado 8 zonas agroecológicas con períodos secos que van desde los 7 meses al año en los Valles, hasta el caso extremo de 10 meses en la región del Chaco.

Hasta el año 2000 se tenía aproximadamente 226.500 hectáreas bajo riego que representa el 11% del total de superficie cultivada por año (2.100.000 hectáreas). Estos sistemas de riego presentan una operación intermitente dependiendo de las variaciones del régimen de lluvias. Además, no cuentan con obras de regulación o almacenamiento, y su infraestructura son precarias (MAGDER<sup>1</sup>, 2000).

De manera general se estima que 1.054 Millones de m<sup>3</sup>/año de agua son utilizadas para riego, 124 Millones m<sup>3</sup>/año para uso poblacional y 62 Millones de m<sup>3</sup>/año para uso industrial (FAO, 2000).

#### **1- Producción de aguas servidas y su tratamiento:**

Para el 2010 se ha estimado una población de 10.4 millones de habitantes, 5,0 Millones de habitantes no cuentan con sistemas de alcantarillado y 2,5 Millones de habitantes que no tienen acceso al agua potable. La disposición final de las aguas residuales recolectadas sin tratamiento llega a un 70%, lo cual se constituye en una fuente importante de contaminación de los cursos de agua, suelos y acuíferos. En cuanto a las

---

<sup>1</sup> Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural

coberturas de tratamiento de aguas residuales, se estima que solo un 30% de las aguas servidas, recolectadas en los sistemas de alcantarillado sanitario, recibe algún tipo de tratamiento antes de su disposición final (VAPSB<sup>2</sup>, 2008).

Cuadro 1 Cantidad de agua residual que se generan en las principales urbes de Bolivia 2001.

| <b>Ciudad</b> | <b>Población Urbana</b> | <b>Descarga de Agua Residual l/s</b> | <b>Volumen (Millones de m<sup>3</sup>/año)</b> |
|---------------|-------------------------|--------------------------------------|--|
| Cochabamba    | 855.277                 | 712.70                               | 22.50  |
| Sucre         | 217.019                 | 180.80                               | 5.70   |
| La Paz        | 1.549.759               | 1.291.50                             | 40.70  |
| Oruro         | 237.286                 | 197.70                               | 6.20   |
| Potosí        | 237.576                 | 198.00                               | 6.20   |
| Tarija        | 247.690                 | 206.40                               | 6.50   |
| Santa Cruz    | 1.543.429               | 1.286.20                             | 40.60  |
| Beni          | 244.207                 | 203.50                               | 6.40   |
| Pando         | 20.987                  | 17.50                                | 0.60   |
|               | 5.153.230               | 4.294.40                             | 135.40   |

Fuente: (Duran et al, 2002)

Se estima que en Bolivia existen aproximadamente 13,400 industrias, de las cuales el 94% son pequeñas (de entre 1 a 10 empleados), consistiendo talleres de tipo artesanal. El 80% de las industrias están ubicadas en las ciudades del eje central: La Paz, El Alto, Santa Cruz y Cochabamba. Los principales sectores industriales son: metalurgia, terminaciones metálicas, minerales industriales, químico del calzado y curtiembres, industria textil, del papel y alimenticia.

El uso de agua para actividades industriales esta en gran parte vinculado al consumo de agua potable en las ciudades ya que un porcentaje elevado de las industrias se encuentra en el área urbana o peri urbana (un 67% en Cochabamba). Por otro lado es muy frecuente que las fabricas o industrias cuenten con una fuente propia de agua (generalmente un pozo) y tengan solo un contrato de descarga de aguas residuales con la empresa de saneamiento básico.

La falta de un control adecuado por parte de autoridades ambientales, motiva que estas descargas generen procesos de contaminación importantes de los recursos hídricos que muchas veces son empleados aguas abajo para consumo humano y riego (Bustamante, 2002).

En un estudio reciente en 111 centros poblados a nivel nacional donde realizan el re uso de agua para riego, 84 cuentan con PTAR el restante son poblaciones donde existe el aprovechamiento de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento (VRHR<sup>3</sup>, 2012).

<sup>2</sup> Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico

<sup>3</sup> Estudio por publicarse del Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego “Relevamiento y caracterización de centros de re uso de aguas residuales para riego en Bolivia”

En estas 84 PTAR existen diversas tecnologías de tratamiento: Lagunas de Estabilización, Tanques Imhoff, Reactores Anaeróbicos, Filtros, Tanques Sépticos, Humedales, además de sistemas mixtos como tanques o reactores con lagunas, así como también fosas.

De las 84 PTAR 31 no funcionan del restante 53 que funcionan más de la mitad no presenta una remoción mayor al 50%, lo que significa que existen diversos problemas que generarían riesgos de salubridad. Entre los factores se puede mencionar:

- Desconocimiento de los operadores de las plantas en cuanto a los procesos y responsabilidades de un sistema de tratamiento de aguas residuales,
- Deterioros en las instalaciones por efectos de aguas distintas a las residuales domésticas,
- Insuficiente presupuesto para una administración adecuada de las PTAR, y
- Insuficiente personal y débil capacidades necesarias.

En Plan Nacional de Saneamiento Básico se propone como meta al 2015 incrementar a 80% la cobertura de PTAR, en ese marco se tienen los siguientes proyectos de mayor relevancia:

Con financiamiento del Banco Mundial se está financiando la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en Viacha (La Paz) con un monto de 3 Millones de USD, actualmente se vierten sin tratar a la bahía de Cohana (lago Titicaca) un 5% del total de las aguas residuales.

Ampliación de la planta de Puchukollo en la ciudad de El Alto (La Paz), construcción de cinco filtros cilíndricos y dos cárcamos para captar las aguas servidas y pasarlas a los filtros de tratamiento con un costo de alrededor de 8 Millones de USD. Las aguas residuales de El Alto también escurren hacia el lago Titicaca.

## **2- Uso/vertido de aguas servidas:**

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

El riego con aguas residuales en Bolivia es una realidad en los principales centros urbanos aproximadamente se calculó que se riegan unas 5.000 ha con aguas residuales (el 53% en el departamento de Cochabamba).

La cuenca del río Rocha en el departamento de Cochabamba recibe aguas predominantemente de clase domiciliaria e industrial; los regantes de éstas aguas están completamente organizados en torno a este recurso, ya que tienen horas establecidas de uso, canales y compuertas que son de utilidad para llevar el agua residual directamente

hasta sus parcelas; algunos, inclusive, se dedican a extraer el agua residual del río con bombas de diferentes capacidades, para luego conducirla a los diferentes usuarios y agricultores.

El 35% de los 111 estudios realizados tienen un área de riego con aguas residuales entre 1 a 10 ha; un 17% no aprovechan las aguas residuales en la agricultura, ya sea porque van a parar a cuerpos de agua ocasionando problemas de contaminación al medio ambiente o porque les dan otra utilidad, como el lavado de minerales y la fabricación de adobes.

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

Actualmente se tienen organizaciones de regantes establecidas en torno al uso de aguas residuales para riego de cultivos y producción pecuaria, con las cuales se debe trabajar de manera que permita orientar mejor su aprovechamiento sustentable logrando, por una parte, desarrollar sistemas complementarios entre plantas de tratamiento que depuren los contaminantes para su uso agropecuario reduciendo los riesgos de salubridad; por otra, verificar el nivel de aporte productivo, tipo de cultivos y sistemas de producción integrales que generen impactos positivos en lo económico armonizados con la preservación ambiental y equidad social.

### **3- Políticas y organización institucional para la gestión de las aguas servidas:**

En Bolivia (Plan Nacional de Desarrollo, 2006) se ha identificado tres problemas principales en lo concerniente al agua potable y servicios básicos: 1) La baja cobertura e inadecuada calidad de los servicios de agua potable y saneamiento; 2) la inseguridad jurídica; y 3) la contaminación.

El Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico ha definido tres Programas: 1) Programa de re uso de agua residual: considerando que la disponibilidad de agua disminuye constantemente debido a factores como la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, la demanda creciente para diferentes usos y los efectos del cambio climático, el re uso de aguas residuales tratadas se constituye en una alternativa válida como medida de adaptación., 2) Programa de adaptación al cambio climático, y 3) Programa de uso eficiente del agua para el ahorro de agua, se prevé el reemplazo de un millón de inodoros por otros más eficientes, financiados por el Estado, y por el otro se planifica un ahorro del 20% del agua consumida.

Con el fin de contrarrestar los problemas relacionados uso de agua residual para riego y la desarticulación de los sectores, en Bolivia se ha conformado la Comisión Mixta, que es una plataforma intersectorial encargada de coordinar y concertar las acciones necesarias para establecer mecanismos de control, estrategias y desarrollo de

capacidades mediante un enfoque integral respecto al uso eficiente de agua (potable, consumo, tratamiento, agricultura).

Forman parte de esta comisión representantes de: Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico, Servicio Nacional de Riego, Servicio Nacional para la Sostenibilidad de los Servicios en Saneamiento Básico (SENASBA), además de la Cooperación Alemana GIZ y el Banco Mundial.

La Comisión Mixta (CM) promovió a través de apoyo técnico y financiero de la cooperación alemana el “Relevamiento y Caracterización del re-uso de aguas residuales en Bolivia con fines de riego” con el objetivo de establecer propuestas de lineamientos y estrategias sectoriales.

Un segundo logro es la Cooperación Triangular entre México – Bolivia y Alemania cuyo objetivo es el fortalecimiento de capacidades institucionales y técnicas para fomentar el re-uso de aguas residuales tratadas, así como para el establecimiento de medidas de adaptación al cambio climático en el sector hídrico. Esta cooperación tiene previsto el logro de los siguientes resultados: 1) Apoyo en el desarrollo de capacidades institucionales, 2) Apoyo al desarrollo de normas relacionadas al re uso, y 3) Contribución para el desarrollo estratégico del manejo del agua en cuencas bajo el escenario del cambio climático.

Finalmente, en el marco de la CM y con apoyo del Banco Mundial, se han realizado estudios orientados a la evaluación del potencial del reuso de aguas residuales para riego en Bolivia basado en el análisis técnico y económico de dos estudios de caso en Cochabamba y en Tarija. Los resultados de éstos estudios de caso, demuestran que 1) existe un gran potencial del re uso seguro de aguas residuales como solución a los problemas de escasez del agua que sufren diferentes regiones del país y como motor de desarrollo económico de las mismas, 2) Los embalses de estabilización pueden alcanzar la calidad necesaria para permitir el riego sin restricciones de manera segura; optimizar el uso del agua maximizando la superficie de terreno cultivable y permitiendo simplificar al máximo las labores de operación y mantenimiento, y 3) Es necesario vencer ciertas barreras existentes que pondrían en peligro la sostenibilidad a largo plazo del mismo (descontento generalizado de la población residente en las inmediaciones de las plantas de tratamiento de aguas residuales del país).

#### **4- Investigación/prácticas sobre diferentes aspectos de las aguas servidas:**

El proyecto TEC-AGUA del Centro AGUA de la Universidad Mayor de San Simón (Cochabamba) pretende contribuir al desarrollo de una estrategia para la GIRH a través del diseño y establecimiento de un proceso interactivo de desarrollo de capacidades de actores locales orientado a la innovación tecnológica en riego reuso de aguas residuales con fines agrícolas complementado por el desarrollo de una visión local de la GIRH que facilite el desarrollo de mecanismos de planificación y gestión de los recursos hídricos. El proyecto se enmarca en un proceso de apoyo y fortalecimiento organizativo más amplio que se desarrolla en la Cuenca Pucara en el departamento de Cochabamba en la

cual ya se están ejecutando dos proyectos del Centro AGUA (GIRH y CO-WATER), con financiamiento de DANIDA, para que en conjunto establezcan un mosaico temático que permita desarrollar una estrategia para la GIRH, con proyección de futuro para su aplicación a otras cuencas de Bolivia. ([www.centro-agua.org](http://www.centro-agua.org)).

En el marco de un convenio de cooperación interuniversitaria que inició el año 2006, entre la Universidad Mayor de San Simón (Bolivia) y la Universidad de Barcelona (España), se han desarrollado dos fases del Proyecto HUMEDAL: “Construcción de zonas húmedas para la depuración de aguas residuales - Municipio de Punata, Cochabamba” (Fase I: 2006-2007 y Fase II: 2007 - 2008 ), con financiamiento de la Agencia Catalana de Cooperación al Desarrollo, dos proyectos complementarios de intercambio entre ambas universidades (1ra: 2007 y 2da: 2008) con apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID) y un proyecto también complementario para el monitoreo del funcionamiento de los humedales construidos, actualmente en desarrollo, con fondos de apoyo a la investigación de la Universidad de Barcelona (2009-2010). ([www.centro-agua.org](http://www.centro-agua.org))

Como parte de la estrategia de gobierno para la seguridad y soberanía alimentaria, se ha creado la Empresa Estratégica de Producción de Fertilizantes Orgánicos que se encuentra desarrollando sus primeras experiencias a través de convenios con municipios para la producción de compost a partir de desechos orgánicos. También se encuentran desarrollando experiencias con baños ecológicos y tratamiento de aguas residuales en pequeña escala para re uso de aguas.

##### **5- Estado y requerimientos de conocimiento y prácticas sobre el uso seguro de aguas servidas:**

Las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable requieren de los siguientes conocimientos que son de importancia para su rol como entidades operadoras: 1) estudios epidemiológicos y la evaluación cuantitativa de riesgos microbiológicos resultante del re uso de aguas residuales para riego, 2) los conocimientos en cuanto a las creencias religiosas que limitan la viabilidad del re uso, 3) las herramientas y métodos para evaluar y lograr la aceptación de las comunidades sobre el uso de aguas residuales para la agricultura, 4) capacidades para identificar componentes de las aguas residuales perjudiciales para la producción de cultivos y los efectos del uso de aguas residuales en la agricultura, 5) el análisis económico y financiero y de factibilidad de mercado, y 6) los roles y responsabilidades institucionales, leyes y reglamentos, Planes y Programas.

El Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico (SENASBA) tiene la misión de coadyuvar a los procesos de fortalecimiento y sostenibilidad de las entidades operadoras y prestadoras de servicio de agua potable y saneamiento básico a nivel nacional. Consideran de alta importancia para su organización: 1) Los conocimientos en los procedimientos y materiales para el análisis de laboratorio químico microbiano; 2) Los estudios epidemiológicos y la evaluación cuantitativa de riesgos microbiológicos resultante del re uso de aguas residuales para riego; y 3) Los conocimientos para el establecimiento de metas relacionados con indicadores de salud, 4) El seguimiento y evaluación de medidas de protección

sanitaria; y 5) Los sistemas de evaluación por el uso de aguas residuales, 6) Los componentes de las aguas residuales perjudiciales para la producción de cultivos, 7) Los efectos de la agricultura de riego con aguas residuales, 8) las estrategias de manejo para maximizar la producción de cultivos.

## **6- Conclusiones y/o información importante sobre el tema no tratada anteriormente:**

Existe una tendencia marcada hacia el crecimiento urbano de las principales ciudades de Bolivia, ciudades situadas en áreas con déficit hídrico, este hecho está incrementando las necesidades de agua potable pero también requiere de una estrategia para encarar importantes inversiones en la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, pues muchas de ellas se encuentran sobrecargadas y existe una menor cobertura de alcantarillado con relación al agua potable.

Las PTAR que se han identificado en Bolivia, requieren de la urgente necesidad de una estrategia que permita de manera progresiva lograr su funcionamiento efectivo, pues muchas de ellas se encuentran sin operación por falta de recursos y capacidades en los operadores, sin embargo, resalta de ello el potencial que ofrece para el re uso con fines de riego.

Aguas abajo de las PTAR principalmente en lugares con características agro productivas, aguas tratadas (ó parcialmente tratadas) y en algún caso aguas no tratadas vienen siendo utilizadas para riego complementario. Sin embargo, muy poco se ha trabajado en la solución a los problemas de contaminación y de salud que podría estar generando su utilización para riego.

Si bien existe un marco normativo en Bolivia, como la Ley de Medio Ambiente y las Leyes Sectoriales (Ley de Agua Potable y Ley de Riego) para el cumplimiento de la norma se requiere vencer varios obstáculos a decir: 1) mayor cantidad y calidad de información que implica recursos económicos y asesoramiento, 2) articulación entre los sectores en función a los roles y competencias de cada una de ellas para una mayor efectividad y 3) Desarrollo de capacidades en los diferentes niveles de gobierno y entidades involucradas con la problemática.

## **Referencias bibliográficas:**

[http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/BOL/indexesp.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/BOL/indexesp.stm)

Rojas, Franz. 2010. Recursos Hídricos Bolivia. Centro del Agua para América Latina y El Caribe. 22. Tecnológico de Monterrey.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 2000. Inventario Nacional de Sistemas de Riego. Bolivia

Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico. 2008. Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bolivia



Delgadillo, et al. 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Universidad Mayor de San Simón. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. Bolivia

Bustamante, Rocio. 2002. Legislación del Agua en Bolivia. Universidad Mayor de San Simón. Centro AGUA. Bolivia

Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. 2012. Relevamiento y Caracterización de Centros de Re Uso de Aguas para Riego. Bolivia (Documento en revisión).

Ministerio de Planificación del Desarrollo. 2006. Plan Nacional de Desarrollo. Bolivia