



USO ACTUAL Y POTENCIAL DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD) PARA IRRIGACIÓN EN LA PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA

A.G.J. Salas Barboza^{1*}, M.L. Gatto D'Andrea², V. Garcés¹, S. Rodríguez Álvarez², V.I. Liberal³, H. Paoli⁴ y L. Seghezzo²

Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Salta (UNSa), Avda. Bolivia 5150, A4408FVY Salta, Argentina
Tel. +54-387-4255516; E-mail: griselda.salasbarboza@gmail.com

Recibido 16/08/14, aceptado 27/09/14

RESUMEN: En este trabajo se presenta un relevamiento de las principales experiencias actuales de reutilización de aguas residuales domésticas (ARD) para irrigación en la provincia de Salta, Argentina. Se identificaron tres experiencias de reúso directo y cuatro experiencias de reúso indirecto de ARD para irrigación. Las mismas se localizan en inmediaciones a los sistemas de tratamiento de líquidos cloacales. La calidad microbiológica de los efluentes indica que ningún caso cumple con las directrices propuestas por la OMS para riego irrestricto y de áreas verdes. Se estima que el potencial de reúso con ARD en la provincia asciende a unas 3500 hectáreas, considerando cultivos de referencia según la localidad. Esta estimación debe ser complementada con estudios de factibilidad para cada caso en particular. Los resultados obtenidos representan un aporte para el reconocimiento y la validación de las aguas residuales como un recurso hídrico alternativo para la región.

Palabras claves: aguas residuales domésticas, reúso, riego, tratamiento, Salta.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico y el desarrollo socio-económico han incrementado la demanda de los recursos hídricos dando lugar a un número creciente de regiones con escasez de agua (Mateo Sagasta *et al.*, 2013). Se estima que en el año 2025 casi un tercio de la población de los países en desarrollo vivirá en regiones con severa escasez de agua (Urkiaga *et al.*, 2008) y aproximadamente la mitad de la población se enfrentará a restricciones reales en el suministro de agua (Lazarova *et al.*, 2001). La agricultura, el mayor consumidor de recursos de agua dulce, que actualmente representa más del 70 por ciento de las extracciones mundiales (Prathapar, 2000), será el sector económico más afectado debido al aumento de la competencia con otros sectores y a la disminución en cantidad y calidad del recurso hídrico (Zimmo y Imseih, 2010).

La reutilización de aguas residuales domésticas (ARD) puede ser un recurso hídrico alternativo para las crecientes demandas agrícolas de agua (Miller, 2006). Las estimaciones sobre el uso de aguas residuales en todo el mundo indican que aproximadamente 20 millones de hectáreas de tierras agrícolas se riegan con aguas residuales tratadas y sin tratar (Jiménez y Asano, 2008). Es probable que esta práctica se extienda durante las próximas décadas a medida que la escasez de agua se intensifica, especialmente en países de bajos ingresos y en países de altos ingresos de zonas áridas y semi-áridas (Hamilton *et al.*, 2007; Scheierling *et al.*, 2010). En general, el uso de aguas residuales para agricultura se realiza en forma desorganizada debido a las malas condiciones de infraestructura y a la nula o escasa participación de legislaciones locales y nacionales para regular la actividad (Ampuero y van Rooijen, 2006). Esto deriva en una serie de riesgos que atentan contra la salud y el medio ambiente que es necesario minimizar (Qadir *et al.*, 2007). Dependiendo de la estructura política, de los aspectos económicos, sociales, culturales y ambientales que configuran el contexto local, el nivel de riesgo aceptable y el desarrollo tecnológico necesario para la utilización de ARD resultan particulares para cada región (von Sperling y Fattal, 2001; Salgot, 2008).

Aunque la calidad de las aguas para riego debe ser calificada considerando tanto aspectos sanitarios como agronómicos, la mayoría de los límites establecidos para reúso de ARD tratadas se refieren básicamente a aspectos de salud pública (Salgot *et al.*, 2006; Veliz Lorenzo *et al.*, 2009). Las directrices internacionales sobre la calidad de las aguas residuales y las normas para su aprovechamiento generalmente se expresan según el máximo número permisible de bacterias coliformes fecales, ya que este grupo es un indicador con un grado mayor de fiabilidad que los coliformes totales (León Suematsu, 1995). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado una serie de guías que establecen estándares de calidad para el uso seguro de aguas residuales en la agricultura y acuicultura (OMS, 1989; 2006) (Tabla 1). La calidad de las aguas residuales utilizadas para riego de parques, jardines públicos y campos deportivos es similar e incluso más estricta que aquellas utilizadas con fines agrícolas (Tabla 2). Si bien en Argentina no existe una normativa específica sobre este tema, en marzo de 2011 se presentó un proyecto de ley nacional para regular el reúso de aguas residuales tratadas, que se encuentra en estado parlamentario (Sartor y Cifuentes, 2012). En la provincia de Salta no existen estudios realizados ni antecedentes

¹ Facultad de Ciencias Naturales (UNSa) – INENCO

² CONICET- INENCO

³ Profesora Adjunta Facultad de Ingeniería - UNSa

⁴ INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) – UNSa

* Autor a quien enviar la correspondencia

documentados de esta práctica, lo cual representa una limitación para el reconocimiento y validación de las aguas residuales como un recurso alternativo para el desarrollo de la región.

Categoría			Indicadores	
Tipo	Condiciones de reúso	Grupo expuesto	Nemátodos intestinales (promedio aritmético de huevos/L)	Coliformes fecales (promedio geométrico/100 mL)
A	Irrigación de cultivos consumidos crudos. Campos deportivos, parques públicos.	Trabajadores, consumidores, público.	≤ 1	≤ 1000
B	Irrigación de cereales. Cultivos industriales, forrajes, praderas y árboles	Trabajadores	≤ 1	No se recomienda ninguna norma
C	Irrigación localizada de cultivos de la categoría B si no están expuestos los trabajadores y el público.	Ninguno	No aplicable	No aplicable

Tabla 1: Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para reutilización de aguas residuales en riego agrícola. En casos específicos, tener en cuenta factores epidemiológicos, socioculturales y ambientales de cada lugar y modificar las directrices de acuerdo con ello. Adaptado de OMS (2006).

Indicadores microbiológicos	Contacto público	
	Directo	No directo
Nemátodos intestinales (media aritmética huevos/L)	≤ 1	≤ 1
Coliformes fecales (media geométrica/100 mL)	≤ 200	≤ 1000
Tratamiento orientativo	Lagunas de estabilización o equivalente	Lagunas de estabilización o equivalente
Grupo expuesto	Trabajadores, público	Trabajadores, público

Tabla 2: Recomendaciones de la OMS para el riego de campos deportivos y áreas verdes con acceso público. Adaptado de OMS (2006).

El objetivo general del trabajo fue identificar y caracterizar las principales experiencias actuales de reutilización de ARD en la provincia y estimar la potencialidad de este recurso. En el relevamiento realizado para este estudio se han identificado experiencias de uso de ARD en forma directa e indirecta desarrolladas de manera informal o bien bajo convenios particulares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El presente trabajo fue desarrollado en la provincia de Salta. La población actual de la provincia es de 1.215.207 habitantes (INDEC, 2010). El clima es muy variable según la ubicación geográfica (Arias y Bianchi, 1996). La prestación del servicio de agua y saneamiento está a cargo de la Compañía Salteña de Agua y Saneamiento S.A. (CoSAySa) y actualmente existen 91 localidades concesionadas (ENRESP, 2010). La cobertura de red cloacal abarca 31 localidades, de las cuales 23 poseen un sistema de tratamiento (la ciudad capital posee dos plantas depuradoras). La provincia de Salta presenta una amplia gama de condiciones ambientales, económicas y sociales que condicionan el desarrollo de distintos sistemas de producción. En el caso de los cultivos bajo riego, se cuenta con un 23% de la superficie regada en relación al total cultivado, lo que representa unas 270498 hectáreas (SAGPyA, 2012).

Identificación de experiencias de reúso de ARD

A partir de información brindada por personal de CoSAySa se tomó conocimiento de diversas localidades de la provincia donde se utilizan aguas residuales tratadas para riego en inmediaciones a las plantas de tratamiento de líquidos cloacales, con modalidades de uso directo e indirecto. Esta información se complementó con una búsqueda de información en internet, periódicos, consulta a otras instituciones vinculadas con la gestión del agua y entrevistas con productores de la región, lo que permitió detectar actividades de reúso en otras localidades. Cada caso identificado fue relevado mediante una visita a campo. Los viajes de campo fueron desarrollados en compañía de personal de CoSAySa o en forma particular. En cada caso se realizó una caracterización general de la zona y una descripción de los sistemas de tratamiento de ARD. Se tomaron también muestras de aguas residuales tratadas y sin tratar. Este relevamiento se efectuó desde mediados de 2013 a principios de 2014.

Caracterización de ARD

La caracterización de las ARD implicó la determinación en laboratorio de parámetros microbiológicos de las muestras. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Estudios Ambientales (LEA) del INENCO. La determinación de coliformes totales y fecales se realizó mediante el método del Número Más Probable (NMP). La interpretación de parámetros microbiológicos se realizó empleando las directrices propuestas por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1989; 2006).

Estimación de caudales de los sistemas de tratamientos de efluentes

No existen datos precisos sobre los caudales de los sistemas de tratamiento de efluentes cloacales en la provincia, debido a que no se realizan mediciones sistemáticas. Por lo tanto, estos caudales fueron estimados. Además, se realizó la estimación de los volúmenes de agua residual generados en localidades que disponen de servicio cloacal pero carecen de plantas depuradoras.

Posteriormente, estos cálculos fueron empleados para determinar el potencial de reúso de ARD en toda la provincia. La estimación de caudales se realizó empleando la siguiente fórmula:

$$Q = CAC * MH * E \quad (1)$$

Donde: Q = Caudal tratado (m³/día); CAC: = cuentas activas de cloacas; MH = módulo habitacional (habitantes/cuenta); E = efluencia (m³/habitante.día). Los datos de CAC (actualizadas a julio de 2014) fueron proporcionados por CoSAySa. El MH se obtuvo con datos del Plan Director 2009 (ENRESP, 2010). La variable E se calculó considerando las pérdidas en las redes (estimadas en 35% por la empresa) y un coeficiente de retorno a la red del 80%. La dotación de agua se calculó empleando datos de oferta de agua (Plan Director 2009), cuentas activas de agua y módulo habitacional.

Estimación de potencial de reúso de ARD

El potencial de reúso de ARD en la provincia se estimó mediante el cálculo de la superficie factible de ser irrigada con el agua residual tratada, considerando los caudales disponibles de las plantas de tratamiento y los requerimientos hídricos de cultivos tomados como referencia. Se determinaron los cultivos más apropiados según los siguientes criterios: (a) condiciones de cada localidad; (b) cultivos restringidos para garantizar protección de la salud pública; y (c) cultivos de mayor requerimiento hídrico. Empleando datos de Yañez (2002) se calculó la necesidad de riego de los cultivos considerando el mes crítico (máxima demanda de agua). Luego se estimó la dotación bruta de agua considerando una eficiencia de aplicación del 65% y una eficiencia de conducción del 75%. El área irrigable es el resultado de la relación entre el volumen total disponible de agua residual tratada y los requerimientos hídricos de los cultivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experiencias de reúso de ARD

La Figura 1 muestra la localización de las 24 plantas centralizadas de tratamiento de líquidos cloacales relevadas. Las plantas depuradoras se clasificaron en función de la existencia y modalidad de reúso de las aguas residuales tratadas. Existen dos casos de reúso con modalidad directa: Cafayate y General Güemes, mientras que cuatro casos corresponden a modalidad de reúso indirecta: San Ramón de la Nueva Orán, San José de Metán, Colonia Santa Rosa y Campo Santo. En el resto de las plantas de tratamiento no se evidencia la existencia de prácticas de reutilización de aguas residuales.

En total se identificaron siete experiencias en la provincia con actividades de reúso directo e indirecto de ARD, incluyendo los sistemas de tratamiento centralizados y un sistema descentralizado (privado) (ver detalles en Tabla 3):

1. Cafayate. La experiencia se inició a raíz de la donación de terreno realizada por el padre del actual propietario para la construcción del sistema de tratamiento de Cafayate. Como contraprestación, el propietario recibió el usufructo permanente y perpetuo de la totalidad del agua residual tratada que sería aprovechada para el riego de vides. En un convenio de reúso, se especifica que no está permitida la irrigación de hortalizas de hojas o cuyos frutos estén cercanos a la superficie del suelo. El sistema de tratamiento consiste en una laguna facultativa y la finca posee dos represas de menores dimensiones construidas por el productor. El método de riego utilizado en todos los cultivos es mediante surcos y la frecuencia de riego varía según el cultivo. Los excedentes de aguas residuales tratadas se derivan hacia un monte de algarrobos que se sitúa en el extremo final de la finca. El destino de la producción de vides es la venta a bodegas para la fabricación de vinos. Las praderas y alfalfares se emplean como forraje para el ganado y los frutales para consumo propio.
2. Campo Santo. Esta localidad posee una cobertura parcial de red cloacal que se estima en un 40%. El sistema de tratamiento de aguas residuales consiste en dos lagunas paralelas (una primaria anaeróbica y una secundaria facultativa) construidas por el municipio en el año 2011. Se observó falta de mantenimiento de las instalaciones. La cámara de ingreso al sistema se encuentra colapsada debido al taponamiento de las rejillas con material sólido. Las aguas residuales tratadas son conducidas por una cañería y descargan en un pequeño curso de agua que deriva en un canal de riego. Las aguas residuales, diluidas en este canal, son finalmente utilizadas por un ingenio de la zona para el riego de los cañaverales. El ingenio, a su vez, deposita en un canal colindante al predio del sistema de tratamiento los desechos provenientes del proceso productivo de la industria azucarera, principalmente vinaza. Este culmina en otro canal generado por el ingenio que transporta aguas de lavado de los trapiches y los sectores de encalado, que son las primeras etapas del proceso, pero se une a aguas abajo al canal de riego nombrado anteriormente.
3. Colonia Santa Rosa. La actividad de reúso se desarrolla en inmediaciones a la planta de tratamiento de líquidos cloacales. El sistema de tratamiento se ubica al Este de la localidad y está constituido por dos lagunas en serie (anaeróbica y facultativa). Actualmente el sistema se encuentra fuera de funcionamiento, sujeto a obras de optimización. Se observó un estado de deterioro general y falta de mantenimiento de las instalaciones, el efluente crudo es descargado directamente desde la cañería de salida hacia un canal a cielo abierto. Este canal descarga posteriormente en un canal de riego, paralelo al camino principal de ingreso a la localidad. En su recorrido se ensancha, ubicándose transversal a la RN 34, atraviesa varias fincas privadas y forma un pequeño embalse que luego se une al arroyo Las Maravillas. El canal de riego en su recorrido atraviesa varias fincas privadas, donde se riegan cultivos de caña de azúcar, cítricos y especies forestales.
4. General Güemes. El sistema de tratamiento de ARD fue construido hace aproximadamente 20 años por la empresa Obras Sanitarias de la Nación (OSN). Está compuesto por una laguna de estabilización primaria y dos lagunas secundarias en paralelo. Una de las lagunas se encuentra fuera de funcionamiento, sin embargo las ARD continúan ingresando a la

misma. A la salida, las ARD conforman un canal que transporta el efluente aproximadamente 500 m hasta un reservorio ubicado en una finca privada. En su recorrido recibe algunos aportes de canales de origen pluvial. La finca se ubica sobre la RN 10, aproximadamente a 7 km a la salida del sistema de tratamiento. El agua residual tratada permanece almacenada hasta el momento de ser empleada para el riego de caña de azúcar.

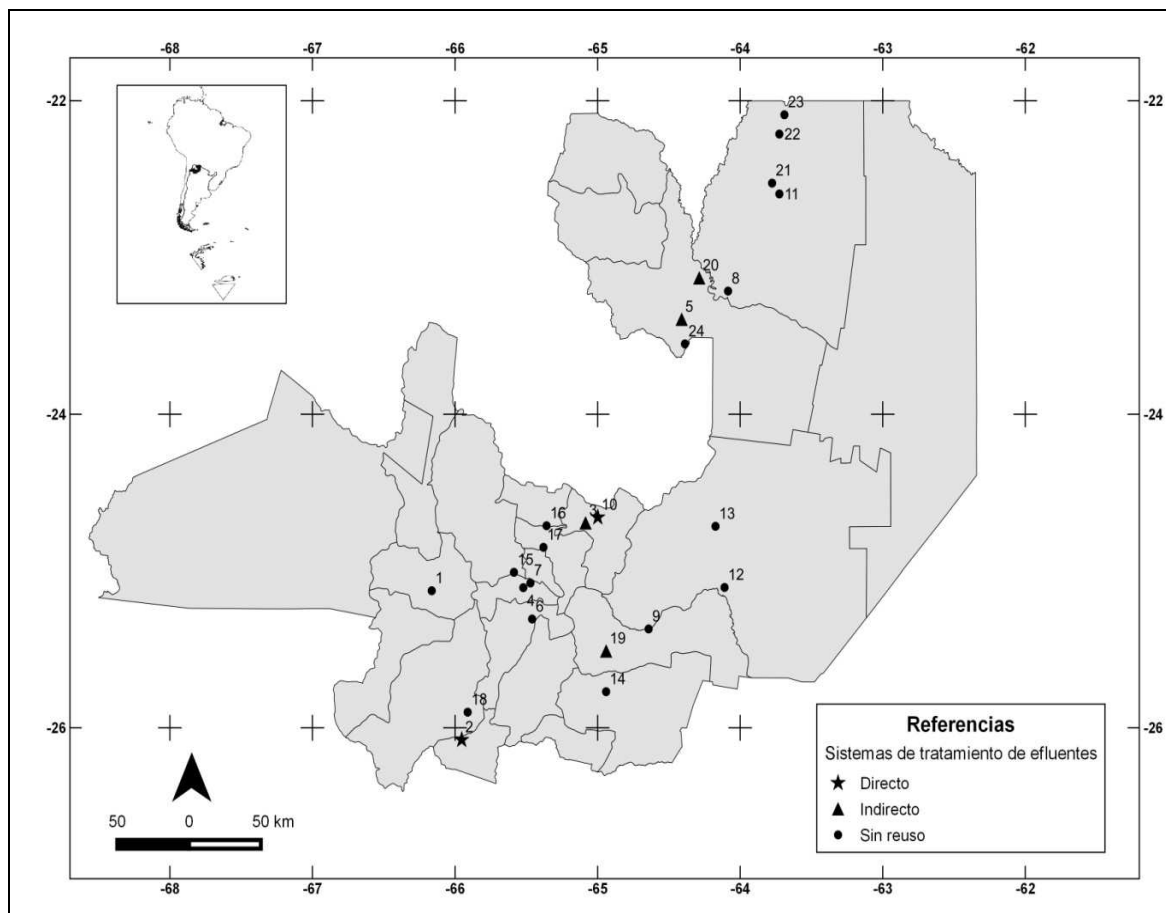


Figura 1: Ubicación de los sistemas de tratamiento de líquidos cloacales en la provincia de Salta.

5. **San José de Metán.** El sistema de tratamiento se encuentra al Este de la ciudad y fue habilitado en el año 2001. Consiste de dos lagunas primarias aireadas en paralelo y una laguna de sedimentación. El sistema de aireadores ubicado en las lagunas primarias se encuentra fuera de funcionamiento. Las lagunas de tratamiento primario presentan un desvío a la salida que transporta aproximadamente un 40% del efluente directamente a la laguna de sedimentación. El resto del efluente (no tratado) de las lagunas se une con el efluente tratado proveniente de la laguna de sedimentación. La mezcla de efluentes ingresa en una cañería que bordea el predio, descarga en un canal a cielo abierto que transporta el efluente hasta el Río de las Conchas. Las aguas del mismo son derivadas por acequias en la zona del puente carretero de la RN 34, desde donde los productores reciben agua para riego de cultivos.
6. **San Lorenzo.** Esta experiencia se realiza en un complejo turístico constituido por un total de 17 cabañas con una capacidad promedio de cuatro personas por cabaña. Brinda servicio de alojamiento durante todo el año. La actividad de reúso de aguas residuales comenzó en el año 2011 por iniciativa del propietario. El sistema de tratamiento está constituido por tres cámaras de decantación y sus respectivos tanques de filtrado. Este sistema recibe las aguas grises y negras provenientes de las cabañas y el aporte de los efluentes de dos lavadoras industriales del complejo. Las aguas residuales se emplean diariamente durante la época de estiaje para el riego de áreas verdes. El riego se realiza de forma automática durante la madrugada por aspersión o por goteo. Durante la época estival las ARD son derivadas al pozo absorbente para su disposición final en el suelo.
7. **San Ramón de la Nueva Orán.** El sistema de tratamiento de ARD consiste en una laguna de estabilización de 40 años de antigüedad, ubicada aproximadamente 2 km al Este de la localidad. La red cloacal posee cuatro colectoras, de las cuales una descarga en el sistema de tratamiento y el resto se dirige hacia un sistema de desvío que termina en el arroyo El Cedral. Este arroyo empalma con un canal de riego de un ingenio azucarero y atraviesa una zona de cultivos donde hay cañaverales sobre la margen izquierda y terrenos dedicados a forestación sobre la margen derecha. Las forestaciones pertenecen a una empresa maderera que posee tres tomas a lo largo del recorrido del arroyo y emplea el agua residual durante todo el año para riego de 15 lotes de eucaliptus.

Se destaca la dificultad de estimación precisa de las áreas de riego en el caso de las actividades de reúso indirecto debido a la naturaleza de esta modalidad, razón por la cual las áreas de riego corresponden a estimaciones máximas para los cultivos a

irrigar según el caudal aportado. La mayor parte de los casos de reúso identificados se localizan en cercanías a plantas de tratamiento de líquidos cloacales, que no estarían funcionando en óptimas condiciones. En general, no se realizan mediciones de caudales ni mantenimiento adecuado. La detección de estas prácticas se vio dificultada ante la informalidad de la mismas, la dificultad de acceso a las inmediaciones de plantas de tratamiento y propiedades privadas, y los costos asociados al relevamiento. Es probable la existencia de más experiencias de reúso de aguas residuales (particularmente de modalidad indirecta), acentuadas especialmente en épocas de estiaje, donde los cuerpos de agua aportan un mínimo caudal.

Caso	Localidad	Sistema de tratamiento	CAC	Caudal (m ³ /día)	Tipo	Trayecto	Cultivos irrigados	Área (ha)
1	Cafayate	Laguna de estabilización	3979	4600	DIR	Finca privada	Vides, pasturas, pimiento, frutales	43
2	Campo Santo	Laguna primaria + secundaria	SD	1343	IND	Canal de riego de ingenio	Caña de azúcar	≈20
3	Colonia Santa Rosa	Laguna primaria + secundaria	2205	2592	IND	Canal de riego - Arroyo Las Maravillas - Río San Francisco	Caña de azúcar, cítricos, forestales	≈35
4	General Güemes	Laguna primaria + secundarias (2)	6951	8954	DIR	Finca privada	Caña de azúcar	≈130
5	San José de Metán	Lagunas aireadas (2) + sedimentación	7859	11762	IND	Río de Las Conchas - Acequias	Cereales de invierno	≈140
6	San Lorenzo	Cámara de decantación y filtro	N/A	20	DIR	Complejo turístico	Áreas verdes	0,7
7	San Ramón de la Nueva Orán	Laguna de estabilización	15958	21613	IND	Arroyo El Cedral	Caña de azúcar y forestales	138

Tabla 3: Experiencias de reúso directo e indirecto de ARD. CAC: cuentas activas de cloacas. DIR: Directo; IND: Indirecto; SD: Sin datos; N/A: no aplicable (caso privado).

Caracterización de ARD

Los resultados de los análisis realizados hasta la fecha permiten inferir que la calidad microbiológica de los efluentes no cumple con las directrices propuestas por la OMS para riego irrestricto y para riego de áreas verdes (Figura 2). El riego irrestricto se refiere al uso de efluentes tratados de alta calidad para el riego de cualquier tipo de cultivo, sin ocasionar riesgos a la salud pública.

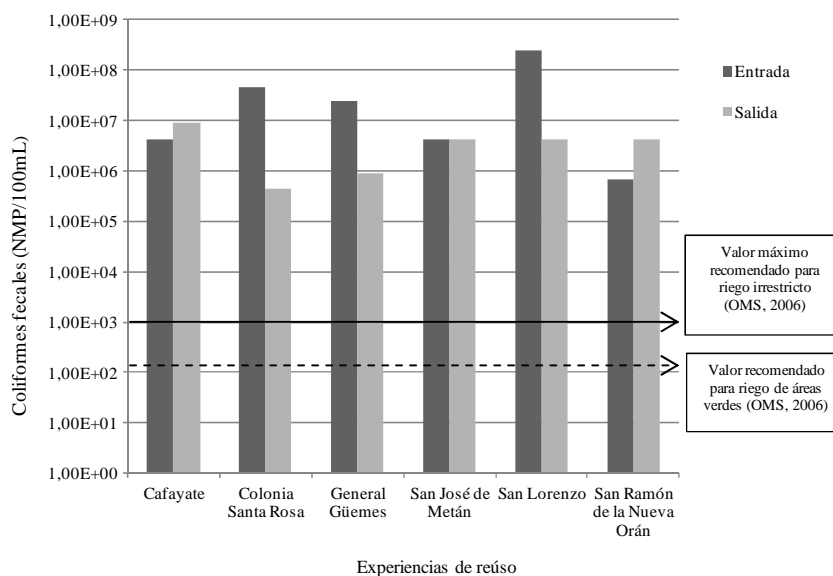


Figura 2: Coliformes fecales en sistemas de tratamiento de ARD de algunas localidades de la provincia de Salta.

Los análisis realizados a las muestras de aguas residuales corresponden a muestreos puntuales y propios de las condiciones imperantes en el momento de muestreo. Por lo tanto, no son representativos del comportamiento general pero constituyen una primera aproximación al funcionamiento de los sistemas de tratamiento. En cuanto a la producción agrícola actual, se recomienda continuar con el riego con restricciones (se refiere al uso de efluentes de baja calidad en áreas específicas, donde sólo ciertas especies pueden ser cultivadas), evitando el contacto directo con el agua residual y tomando medidas preventivas en la manipulación por parte de los trabajadores de campo.

Los caudales diarios de aguas residuales tratadas de las localidades de la provincia que poseen sistema de tratamiento de efluentes cloacales se indican en la Tabla 4. Los caudales obtenidos son estimaciones que deberían ser corregidas para cada caso en particular. Cabe destacar que existen una serie de factores que pueden aumentar o disminuir los volúmenes de ARD. Entre ellos cabe mencionar la presencia de conexiones clandestinas, pérdidas en las redes de agua y de cloaca, infiltraciones de agua de lluvia dentro las cañerías, variabilidad según la época del año, entre otros. Estas situaciones varían según la localidad y pueden no hallarse reflejadas en los cálculos efectuados.

El área irrigable se obtuvo mediante la relación entre el caudal instantáneo de las plantas de tratamiento y la necesidad de riego de los cultivos (Tabla 4). Los sistemas de tratamiento faltantes se encuentran fuera de funcionamiento o bien su

administración corresponde al municipio, razón por la cual la empresa no dispone de información. Por otra parte, se estimaron los caudales diarios ($m^3/día$) de aguas residuales generadas en siete localidades que poseen red cloacal pero carecen de sistema de tratamiento y que en total aportarían un caudal de $8000 m^3/día$. A excepción de una de ellas, se trata de localidades con poblaciones pequeñas (menos de 2000 habitantes).

La descripción de las experiencias de reúso de ARD existentes podrá orientar sobre las decisiones relacionadas con la gestión en el tratamiento y reúso de aguas residuales. Se espera también que el estudio efectuado contribuya con la generación de normativas que promuevan el reúso seguro de ARD como una manera de contribuir con una gestión más eficiente y sustentable de los recursos hídricos.

Sistema	Localidad	Q diario (m^3/d)	Cultivo de referencia	NER (mm/mes)	Dotación Bruta (L/s.ha)	Área potencial (ha)
1	Cachi	853	Alfalfa	165	1,3	7,6
2	Cafayate	4600	Alfalfa	174	1,4	38,4
3	Campo Santo	1343	Caña de azúcar	108	0,8	18,8
4	Chicoana	1021	Tabaco	82	0,6	18,3
5	Colonia Santa Rosa	2592	Caña de azúcar	108	0,8	36,2
6	Coronel Moldes	205	Tabaco	91	0,7	3,3
7	El Carril	636	Tabaco	82	0,6	11,4
8	Embarcación	3092	Citrus	79	0,6	59,1
9	El Galpón	1648	Alfalfa	131	1,0	19,0
10	General Güemes	8954	Caña de azúcar	108	0,8	125,6
11	General Mosconi	925	Forestales	160	1,2	8,7
12	Joaquín V. González	1854	Alfalfa	153	1,2	18,3
13	Las Lajitas	937	Trigo	111	0,9	12,7
14	Rosario de la Frontera	6822	Alfalfa	128	1,0	80,5
15	Rosario de Lerma	3291	Tabaco	82	0,6	59,0
16	Salta capital-Sistema norte	44320	Caña de azúcar	108	0,8	621,9
17	Salta capital-sistema sur	140372	Alfalfa	119	0,9	1778,2
18	San Carlos	1366	Alfalfa	174	1,4	11,5
19	San José de Metán	11762	Alfalfa	128	1,0	138,8
20	San Ramón de la Nueva Orán	21613	Caña de azúcar	108	0,8	301,9
21	Tartagal	9602	Forestales	160	1,2	90,7
TOTALES		267808				3460

Tabla 4: Estimación de caudales y áreas potenciales de riego en todas las localidades estudiadas en la provincia de Salta que cuentan con sistema de tratamiento de ARD. Q = caudal; NER = necesidades específicas de riego.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En la provincia de Salta se identificaron siete experiencias de reúso, seis corresponden a reúso directo o indirecto de ARD a partir de los sistemas centralizados de tratamiento de efluentes y la restante a un caso particular privado de uso directo de ARD para riego de áreas verdes. Uno de los casos de reúso directo se desarrolla en el marco de un convenio que regula el empleo de este recurso. El resto de las prácticas se realiza de manera informal y en algunos casos de forma no intencional.
- Los principales cultivos irrigados con ARD en la provincia de Salta son: vid, caña de azúcar, forestaciones, pasturas y frutales. No se detectaron casos de irrigación de cultivos de consumo fresco como hortalizas.
- Los análisis de los efluentes tratados permiten inferir que la calidad microbiológica no es adecuada para riego de cultivos de consumo crudo.
- Considerando los sistemas de tratamiento de efluentes que funcionan actualmente, se estima un caudal total de ARD de aproximadamente $270000 m^3/día$. Se estimó una superficie potencial de riego con las aguas residuales tratadas cercana a las 3500 hectáreas. Esta estimación no contempla aquellas localidades con red cloacal pero que aún carecen de sistemas de tratamiento, como así tampoco localidades cuya población no alcanza los 2000 habitantes. La reutilización de ARD puede significar una importante contribución para hacer frente a la demanda creciente de agua en la agricultura.
- Es necesario realizar mediciones de los caudales de salida de las plantas de tratamiento cotejadas con datos de campo, para estimar con mejor precisión las posibilidades de áreas y cultivos bajo riego.
- El reúso de ARD en la agricultura debe estar respaldado por marcos normativos y políticas que promuevan una mejora de los sistemas existentes de tratamiento de efluentes y el diseño futuro de nuevas plantas concordante con las necesidades potenciales de este recurso.
- Los resultados obtenidos en este estudio podrían ser aprovechados como un instrumento para el debate e intercambio de ideas entre los diferentes actores involucrados en la temática y pueden servir al desarrollo de futuros proyectos factibles de implementación en la región.
- La estimación de la superficie potencial de riego debería complementarse en estudios posteriores con una evaluación de factibilidad mediante la implementación de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). Esto permitiría cotejar datos climáticos, topográficos, edáficos y poblacionales, entre otros, que definan áreas que reúnan condiciones óptimas para el empleo de ARD en irrigación.
- Se sugiere también la realización de estudios locales específicos vinculados a los impactos del riego con ARD sobre los suelos y el agua superficial o subterránea.

REFERENCIAS

- Ampuero, R.G. y van Rooijen, D. (2006). Wastewater Irrigation in the Periurban Area of Tiquipayan (Cochabamba, Bolivia). Research report N°3. Cochabamba, Bolivia. NEGOWAT Project.
- Arias, M. y Bianchi, A.R. (1996). Estadísticas climatológicas de la Provincia de Salta. Dirección de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Provincia de Salta. Estación Experimental Agropecuaria Salta, INTA. 189 p.
- ENRESP (Ente Regulador de Servicios Públicos) (2010). Plan Director de agua potable y saneamiento. Periodo 2010 - 2025. Bases para el Plan Director de la provincia de Salta.
- Hamilton, A.J., Stagnitti, F., Xiong, X., Kreidl, S.L., Benke, K.K., Maher, P. (2007). Wastewater irrigation: the state of play. *Vadose zone journal* **6**: 823–840.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2010). Datos estadísticos disponibles en: <http://www.indec.com.ar>
- Jiménez, B. y Asano, T. (2008). *Water Reuse: An International Survey of current practice, issues and needs*. London,UK: IWA Publishing.
- Lazarova, V., Levine, B., Sack, J., Cirelli, G., Jeffrey, P., Muntau, H., Brissaud, F. (2001). Role of water reuse for enhancing integrated water management in Europe and Mediterranean countries. *Water Science & Technology*, **43(10)**: 25-33.
- León Suematsu, G. (1995). Protección sanitaria en el uso de aguas residuales y lodos de plantas de tratamiento. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/aya2/tema03.pdf>.
- Mateo-Sagasta, J., Medicott, K., Qadir, M., Raschid-Sally, L., Drechsel, P., Liebe, J. (2013). Proceedings of the UN-Water Project on the Safe Use of Wastewater in Agriculture. UN-Water Decade Programme on Capacity Development (UNW-DPC). Proceedings Series No. 11.
- Miller, G.W. (2006). Integrated concepts in water reuse: managing global water needs. *Desalination* **187(1-3)**: 65–75.
- Prathapar, S.A. (2000). Water shortages in the 21st century. *The food and environment tighrope. Australian center for International Agricultural Research, ACT, Canberra*, 125-133.
- OMS (Organización Mundial de la Salud) (1989). Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. (*Directrices sanitarias para el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura*). Serie de Reportes Técnicos, N°778.
- OMS (Organización Mundial de la Salud) (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater in agriculture and aquaculture. (*Directrices para el uso seguro de aguas residuales, excretas y aguas grises en agricultura y acuicultura*) Vol. 2: Wastewater use in agriculture. Tercera Edición. Ginebra, Suiza.
- Qadir, M., Sharma, B. R., Bruggeman, A., Choukr-Allah, R., Karajeh, F. (2007). Non-conventional water resources and opportunities for water augmentation to achieve food security in water scarce countries. *Agricultural water management* **87(1)**: 2-22.
- SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación) (2012). Estrategia Provincial para el Sector Agroalimentario – ESPA. Disponible en: <http://www.prosop.gov.ar/webDocs/EPESA-SaltaResolucion2012.pdf>.
- Salgot, M. (2008). Water reclamation, recycling and reuse: implementation issues. *Desalination*, **218(1)**: 190-197.
- Salgot, M., Huertas, E., Weber, S., Dott, W., Hollender, J. (2006). Wastewater reuse and risk: definition of key objectives. *Desalination*, **187(1)**: 29-40.
- Sartor, A. y Cifuentes, O. (2012). Propuesta de Ley Nacional para reúso de aguas residuales. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina.
- Scheierling, S.M., Bartone, C., Mara, D.D., Drechsel, P. (2010). Improving wastewater use in agriculture: an emerging priority. Policy Research Working Paper 5412. The World Bank.
- Urkiaga, A., De las Fuentes, L., Bis, B., Chiru, E., Balasz, B., Hernandez, F. (2008). Development of analysis tools for social, economic and ecological effects of water reuse. *Desalination* **218 (1)**: 81-91.
- Veliz Lorenzo E, Llanes Ocaña E, Fernández L, Bataller Venta M. (2009). Reúso de aguas residuales domésticas para riego agrícola. Valoración crítica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. **40(1)**:35-44.
- von Sperling, M. y Fattal, B. (2001). Implementation of guidelines: some practical aspects. *Water Quality: Guidelines, Standards and Health* (Fewtrell, L., Bartram, J., eds.). Published by IWA Publishing, London, UK.
- Yáñez, C. (2002). Necesidades de agua y riego para 20 localidades de Salta y Jujuy. EEA Salta. Prosusnoa. INTA. Disponible en: http://anterior.inta.gov.ar/prorenea/info/resultados/nec_agualluvia/index.htm.
- Zimmo, O.R. y Imseih, N. (2010). Overview of wastewater management practices in the Mediterranean region. In Barcelo´ D., Petrovic M. (eds.), *Waste Water Treatment and Reuse in the Mediterranean Region, The Handbook of Enviromental Chemistry* (2011) **14**: 155–181. Springer Berlin Heidelberg.

ABSTRACT: This article describes a survey of the main cases of domestic wastewater reuse for irrigation in the province of Salta (Argentina). We identified 3 cases of direct reuse and 4 cases of indirect reuse to irrigate crops and green areas. Reuse practices are generally located close to sewage treatment plants, mainly waste stabilization ponds managed by the state-owned water utility. We made some laboratory analysis to assess the microbiological characteristics of the wastewater. None of the cases studied comply with WHO's guidelines for unrestricted irrigation. We estimated that the area that could be irrigated with treated domestic wastewater in the province can be up to 3500 hectares. This estimation need to be validated with feasibility studies on a case-by-case basis. Results obtained in this work are a contribution to the recognition and validation of the use of domestic wastewater as an alternative water resource in the region.

Keywords: domestic wastewater; irrigation; reuse; Salta, wastewater treatment.