

TRATAMIENTO DESCENTRALIZADO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE LERMA, PROVINCIA DE SALTA, ARGENTINA.

M.A. Iribarnegaray, M.S. Rodriguez - Alvarez, D. Oliva, W. Tejerina V. Liberal, y L. Seghezze

Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO, UNSa-CONICET), Avda. Bolivia 5150, A4408FVY
Salta, Argentina. Tel. +54-387-4255516; E-mail: iribarnegarayma@gmail.com

Recibido:30-6-2016; Aceptado: 31-7-2016.

RESUMEN.- En este trabajo se han evaluado doce sistemas de tratamiento descentralizado de aguas residuales domésticas ubicados en distintos sectores del área metropolitana del Valle de Lerma, en la provincia de Salta (Argentina). Se muestrearon los efluentes de tres tipos de sistemas: (A) Cámara séptica; (B) Cámara séptica y reactor UASB; (C) Cámara séptica, UASB y filtro lento. Los resultados muestran que en términos de DQO los sistemas cumplen con la normativa aplicable para volcamiento en pozos absorbentes o absorción por suelo, siendo el sistema de tipo A el que mostró mayor concentración de DQO. Los niveles de coliformes fecales fueron altos en todos los sistemas evaluados, por lo que sería necesaria una etapa final de desinfección a los fines de minimizar los riesgos de contaminación de cuerpos de agua y afectaciones a la salud humana. Los sistemas descentralizados podrían ser una opción válida a ser tenida en cuenta formalmente en la planificación territorial y urbana en el área metropolitana del Valle de Lerma (AMVL). Sin embargo, es necesario profundizar la evaluación del funcionamiento de los sistemas, analizar las perspectivas sociales existentes y avanzar en la construcción de un marco legal que de formalidad y control a estas alternativas tecnológicas.

Palabras clave: tratamiento descentralizado, aguas residuales domésticas, UASB, Salta.

DECENTRALIZED TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER IN THE METROPOLITAN AREA OF VALLE DE LERMA, PROVINCE OF SALTA, ARGENTINA

ABSTRACT.- In this paper was evaluated twelve decentralized treatment systems of domestic wastewater located in different sectors of the metropolitan area of the Valle de Lerma, in the province of Salta (Argentina). Have been sampled three types of systems: (A) septic tank; (B) septic tank and UASB reactor; (C) Septic tank, UASB and slow filter. The results show that in terms of COD all systems comply with the regulations applicable to final disposal in wells or absorption by ground, with a system type A which showed higher concentration of COD. Fecal coliform levels were high in all systems evaluated, so a final disinfection stage could be necessary in order to minimize the risks of contamination of water bodies and human health. Decentralized systems could be a valid option to be formally taken into account in territorial and urban planning in the AMVL. However, it is necessary to deepen the performance evaluation of systems, assess existing social perspectives and progress in building a legal and formal framework to control the performance of these technological alternatives.

Keywords: decentralized treatment, domestic wastewater, UASB, Salta.

1. INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad de las ciudades y los espacios urbanos es motivo de estudio desde hace varias décadas (Evans, 2005; Haapio, 2012; Zhao et al., 2013). Se estima que para el año 2050, el 70% de la población del planeta vivirá en ambientes netamente urbanos (UN-Habitat, 2013). En un proceso continuo, las áreas rurales y periurbanas cercanas a las ciudades rápidamente son transformadas y anexadas a las áreas urbanas, muchas veces con poca o nula planificación. En Argentina, el crecimiento poblacional está generando cada vez mayores demandas en infraestructura, especialmente de servicios de agua y saneamiento, por lo que es necesario repensar los sistemas actuales de agua y saneamiento a los fines de asegurar la salud pública y la

contaminación ambiental (OMS, 2015). Sin embargo, es necesario contextualizar el problema de saneamiento a las condiciones y costumbres de nuestras ciudades e identificar las perspectivas locales existentes. Las políticas que se enfocan exclusivamente en sistemas centralizados de provisión de servicios de agua y saneamiento pueden ser impracticables para muchos sectores (Allen et al., 2006), especialmente aquellos con un crecimiento urbano incipiente y disperso, con núcleos poblacionales distanciados. Esta situación es característica de muchas regiones en la provincia de Salta (Argentina) y especialmente en el Área Metropolitana del Valle de Lerma (AMVL), en aquellas zonas periurbanas e interurbanas alejadas de las redes de colección centralizadas ya establecidas.

Los sistemas de tratamiento descentralizado (STD) se han convertido en un foco de interés como alternativas económicas para el tratamiento y el reciclado de aguas residuales domésticas (Chung et al., 2008). Sin embargo, a pesar del uso de este tipo de sistemas desde hace mucho tiempo en la región, existe poca información disponible en relación al funcionamiento, aspectos económicos y las perspectivas sociales existentes (Singh et al., 2015). En los sistemas descentralizados el tratamiento y disposición final se da en el mismo lugar de generación del efluente, prescindiendo de la etapa de transporte (y por ende de sus costos) y presentando un abanico más amplio de opciones tecnológicas.

1.2 Situación en el área metropolitana del Valle de Lerma

La gestión del agua y el saneamiento en el AMVL enfrenta nuevos desafíos debido al crecimiento urbano y la presión sobre las fuentes de agua existentes. Uno de los problemas ambientales más importantes de la región es la descarga de líquidos cloacales crudos o con tratamiento incompleto en ríos, cuerpos de agua y el suelo tanto en forma puntual como difusa (Aramayo et al., 2009). Si bien el conocimiento relacionado a las características técnicas de las distintas tecnologías de saneamiento (centralizadas y descentralizadas) está relativamente avanzado (ver por ejemplo, Seghezzo et al., 2003; Kujawa-Roeleveld y Zeeman, 2006; Wang et al., 2008; Zeeman et al., 2008), aún no han sido estudiadas en profundidad a nivel local. Por tal motivo, algunas de estas tecnologías todavía no están formalmente aceptadas por las instituciones a cargo de los servicios de saneamiento ni tampoco han sido incorporadas a los procesos formales de planificación urbana como una alternativa viable (de Graaf et al., 2011). Complementariamente, deben tenerse en cuenta algunos aspectos sociales, políticos y culturales a escala local que condicionan la aceptabilidad y uso de las distintas tecnologías. Una utilización racional de la diversidad tecnológica existente para el tratamiento de aguas residuales domésticas sería de utilidad para la planificación territorial del AMVL al facilitar la distribución espacial de las tecnologías en función de criterios sociales y ambientales, la optimización del uso de los recursos económicos y la minimización de los impactos ambientales.

El AMVL concentra más del 50% de la población de la provincia de Salta. En esta zona se destaca la ciudad de Salta como el centro urbano más importante, con una población de 535.303 habitantes (INDEC, 2010). Si bien la cobertura de la red de cloacas es relativamente alta (superior al 80%), existen importantes sectores de la ciudad sin disponibilidad del servicio. En área de estudio incluye en parte cuatro departamentos (La Caldera, Salta, Rosario de Lerma y Cerrillos) e importantes áreas urbanas con fuerte interactividad con la ciudad de Salta, como las localidades de La Caldera, Vaqueros, Campo Quijano, Rosario de Lerma, Cerrillos, La Merced y San Lorenzo. Estos centros urbanos con fuerte crecimiento también cuentan con limitada infraestructura de saneamiento, o bien carecen totalmente de ella. En las zonas donde se han construido sistemas de tratamiento descentralizado, no se han contemplado controles ni asesoramiento formal por parte de las instituciones encargadas de controlar el servicio de agua y saneamiento a nivel provincial. El rápido crecimiento de los centros urbanos y la urbanización progresiva de los espacios interurbanos genera importantes necesidades de

inversión en saneamiento que no pueden ser satisfechas debido a los altos costos que implica la ampliación de los sistemas centralizados hacia la periferia de las ciudades y a los problemas de dimensionamiento de las plantas de tratamiento existentes. Como solución espontánea a esta problemática, en toda el área de estudio se han adoptado STD de diferente tipo y complejidad. Los más simples y de mayor uso (posiblemente por cuestiones culturales y económicas) son las cámaras sépticas con descarga en pozos absorbentes, sin embargo en muchos sectores se han adoptado STD de mayor complejidad a los fines de mejorar la calidad del efluente, mediante el agregado de dispositivos de tratamiento biológico y de filtrado, con variaciones y adaptaciones según cada caso. Por la simplicidad de funcionamiento y mantenimiento, los reactores de flujo ascendente y manto de lodos, denominados UASB por su sigla en inglés (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) son una de las opciones más utilizadas como parte central del tratamiento biológico del líquido residual. Este tipo de dispositivos de tratamiento han sido probados con éxito a escala piloto para el tratamiento de líquidos cloacales crudos de la ciudad de Salta (Seghezzo et al., 2003; Iribarnegaray et al., 2002). Si bien los sistemas de tratamiento centralizado existentes AMVL son importantes y han sido relativamente bien monitoreados (redes de cloaca con vertido centralizado en lagunas de estabilización o lechos percoladores), aún existe una notoria falta de información respecto al funcionamiento de los STD bajo las condiciones locales. En este trabajo, se presentan datos de muestreos de STD funcionando en distintos sectores del AMVL, se analiza el funcionamiento general de los mismos en términos de calidad del afluente final y en la última parte se discuten los desafíos futuros y los posibles impactos en la planificación urbana de la región.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Sistemas evaluados.

En total se evaluaron doce STD ubicados al noreste y al norte del AMVL como se observa en la figura 1.

Se incluyeron tres tipos de configuraciones diferentes con dependiendo de la cantidad de dispositivos existentes (Figura 2). La configuración de STD más simple consiste únicamente en una cámara séptica convencional (Figura 2, A). Dos de los sistemas evaluados consisten en la adición de un reactor UASB entre la cámara séptica y la disposición final del efluente en pozo absorbente (Figura 2, B). En la tercer configuración evaluada se agrega un último dispositivo de filtrado (Figura 2, C). El filtrado se realiza mediante diferentes materiales, como arena, grava, entre otros. Todos los sistemas pueden estar contruidos de diferentes materiales (cemento, fibra de vidrio) y en general se encuentran enterrados, figura 3. En los sistemas de tipo B y C el reactor UASB constituye la parte central del tratamiento biológico. En estos dispositivos el tratamiento es llevado a cabo en un tanque de flujo ascendente mediante la acción de un manto de lodos que se forma naturalmente en la base del reactor, consumiendo la fracción orgánica en un proceso metabólico que se desarrolla en ausencia de oxígeno (Iribarnegaray et al., 2002). Además de los materiales, los sistemas evaluados tienen variaciones en cuanto a las dimensiones de los distintos dispositivos, el volumen del influente a cada uno y la existencia o no de cámaras desengrasadoras o de otro tipo antes de la cámara séptica.

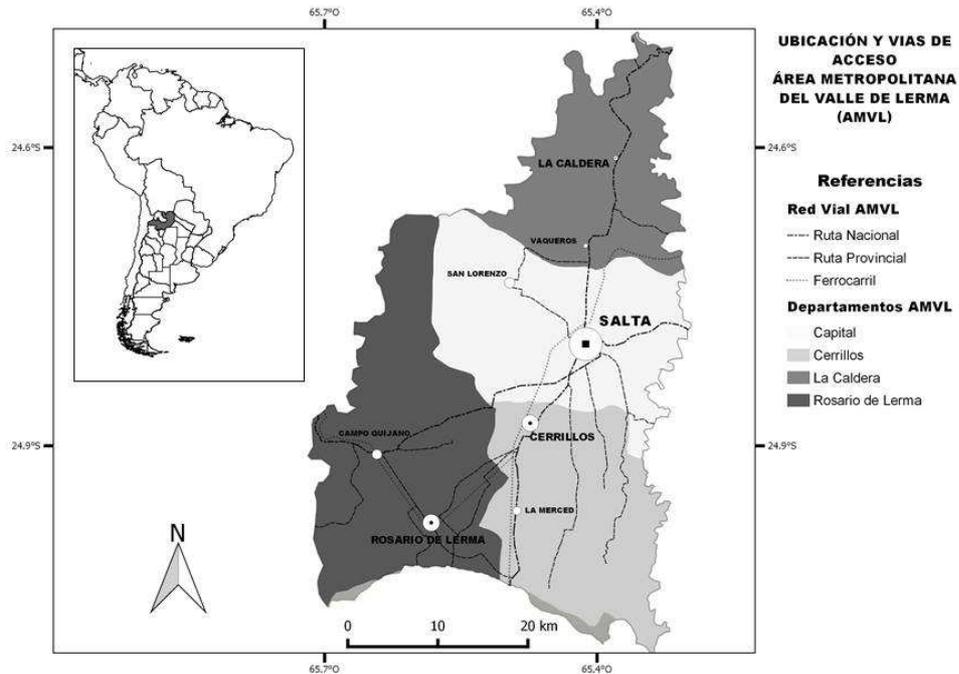


Fig. 1: Área Metropolitana del Valle de Lerma, provincia de Salta, Argentina. Fuente: modificado de Brito et al., (2015).

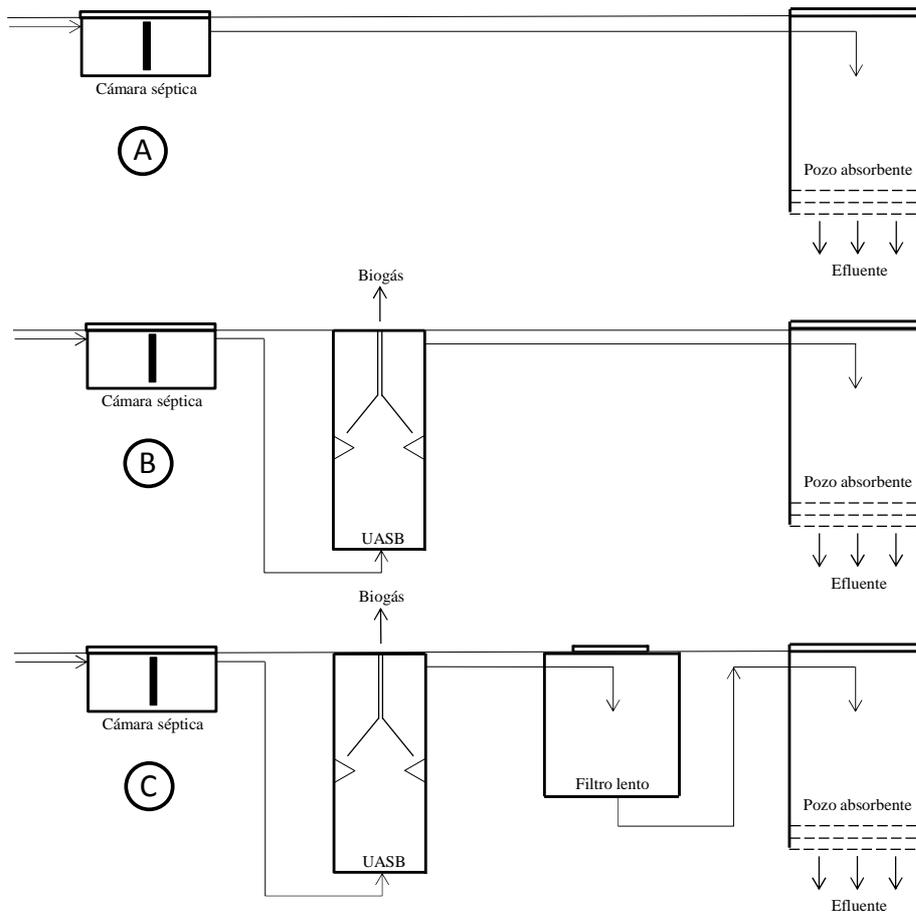


Fig. 2: Esquemas simplificados de los sistemas muestreados: (A) sistema básico utilizado en áreas sin cobertura de cloacas; (B) sistema con reactor UASB luego de cámara séptica; (C) sistema con UASB y filtro lento. Las flechas indican el sentido del líquido en los distintos componentes.

Todos estos aspectos no se detallan en este trabajo. En todos los casos, el influente al sistema está constituido por aguas grises (ducha, cocina, lavadero) y aguas negras (inodoro). En este trabajo solo se muestrearon los efluentes finales de los sistemas a los fines de evaluar el cumplimiento con la normativa existente y los riesgos asociados de contaminación ambiental y afectación a la salud humana.

2.2 Análisis de laboratorio.

Se tomaron muestras para análisis de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos, siguiendo el *Standard Method for Examination of Water and Wastewater for Surface Waters* (Eaton et al., 2005).

Las variables bacteriológicas que se determinaron fueron coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF), mediante la técnica de fermentación en tubos múltiples y diluciones sucesivas utilizando caldo Mac Conkey (Britania Lab Argentina) e incubando a $37^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 48 horas para CT y a $44,5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas para CF. La estimación de la densidad bacteriana se realizó en términos de número más probable (NMP) y se expresan en NMP/100mL. Los parámetros fisicoquímicos pH, demanda

química de oxígeno (DQO), sólidos sedimentables (a los 10 minutos y 2 horas), sulfuros, se realizaron mediante técnicas estandarizadas (Eaton *et al.*, 2005) y utilizando reactivos HACH®.

2.3 Normativa específica.

La normativa de control utilizada en este trabajo se basa en la ordenanza N° 10438/00 de la municipalidad de la ciudad de Salta y la resolución 011/01 de la ex Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (SeMADES) (Tabla 1). Ambas normas establecen límites máximos admitidos para el volcamiento de líquidos residuales cloacales o industriales según el tipo de cuerpo receptor. En el caso de la ordenanza N° 10438/00, se adoptaron los límites relativos a vertido en pozos absorbentes de cualquier naturaleza, mientras que en el caso de la resolución 011/01 se adoptaron los límites para absorción por suelo. La primera de las normas, al ser una ordenanza de la ciudad de Salta, tiene aplicación en el departamento capital, mientras que la resolución 011/01 es de aplicación en todo el territorio de la provincia de Salta.



Fig. 3: Vista de dos de los sistemas muestreados de tratamiento de tipo C.

Tabla 1: Límites de calidad de los efluentes aplicables en el AMVL. Refieren a volcamiento en pozos absorbentes de cualquier naturaleza (ordenanza 10438/00) y absorción por suelo (resolución 011/01).

Parámetro considerados	Unidades	Límites	
		Ordenanza 10438/00	Resolución 011/01
pH		5,5 - 10	6,5 - 10
SS 10'	mL/L	0,5	Ausente
SS 2h	mL/L	5,0	≤ 5,0
DQO	mg/L	200	≤ 500
Sulfuros	mg/L	5,0	≤ 5,0
CF	NMP/100mL	2000	≤ 2000

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluación de la calidad de los efluentes.

La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos para cada uno de los STD muestreados. En términos de DQO, el nivel más alto fue del efluente del STD1 (de tipo A), configurado

únicamente por una cámara séptica (295 mg/L). Tres sistemas de tipo C también alcanzaron o sobrepasaron el límite de 200 mg/L establecido por la normativa de la ciudad de Salta. Sin embargo, todos los sistemas muestreados cumplen con la resolución 011/01 para absorción en suelo, la cual es más permisiva.

Tabla 2: Resultados generales de los análisis realizados a los distintos sistemas descentralizados. CT: coliformes totales; CF: coliformes fecales.

Sistema	Tipo (Figura 1)	pH	SS		DQO (mg/L)	Sulfuros (mg/L)	CT (NMP/mL)	CF (NMP/mL)
			10'	2 h				
STD 1	A	7,35	2,5 (mL/L)	2,5 (mL/L)	295	-	-	-
STD 2	B	7,54	1,0	1,0	185	-	$2,4 \times 10^8$	$2,4 \times 10^8$
STD 3	B	7,4	Ausente	0,1	112	-	$2,4 \times 10^7$	$2,4 \times 10^7$
STD 4	C	7,1	Ausente	Ausente	138	0,92	$7,5 \times 10^6$	$7,5 \times 10^6$
STD 5	C	7,7	Ausente	Ausente	78	0,79	$4,3 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$
STD 6	C	7,3	Ausente	Ausente	169	3,95	$2,1 \times 10^8$	$2,1 \times 10^8$
STD 7	C	7,0	Ausente	Ausente	274	2,12	$3,9 \times 10^8$	$3,9 \times 10^8$
STD 8	C	7,1	0,1	0,8	228	1,83	$2,9 \times 10^5$	$3,5 \times 10^4$
STD 9	C	7,4	0,1	0,1	200	0,62	$1,5 \times 10^8$	$1,5 \times 10^8$
STD 10	C	8,8	0,5	2,0	116	0,12	-	-
STD 11	C	7,9	Ausente	Ausente	45	1,33	-	-
STD 12	C	7,5	0,1	0,1	86	3,36	$3,6 \times 10^7$	$2,8 \times 10^7$

Las posibles causas de los altos niveles de DQO en el efluente de algunos sistemas pueden ser la existencia de influentes discontinuos debido a poca frecuencia de uso de la vivienda, fallas de diseño o mantenimiento, utilización excesiva de desinfectantes en baños y cocinas, entre otras causas. Todos los sistemas evaluados de tipo B mostraron efluentes con menos de 200 mg/L de DQO a pesar de no disponer de una etapa filtrante antes del volcamiento en cámara séptica. En todos los sistemas evaluados, los valores de pH y Sulfuros se mantuvieron dentro de los límites establecidos en la normativa. En el caso de los sólidos sedimentables los valores más altos fueron para el STD1 (tipo A), mientras que los sistemas tipo B y C mostraron en general valores bajos, a excepción de algunos casos puntuales (STD2 y STD10). Los valores de coliformes totales y fecales fueron excesivamente altos en todos los sistemas muestreados, lo que plantea la necesidad de una etapa final de desinfección (por ejemplo, mediante cloración) previa al volcamiento de los efluentes tratados. Esta etapa de desinfección se vuelve aún más prioritaria en los casos donde los fluentes sean reusados en riego de jardines, con riesgo de contacto directo. En el caso de sistemas que vuelquen en pozos absorbentes, una alta concentración de coliformes fecales puede ser peligrosa especialmente en lugares con acuíferos libres explotables a poca profundidad, debido a riego de contaminación de un recurso hídrico muy importante en sectores sin cobertura de redes de agua potable.

3.2 Sistemas descentralizados: diagnóstico de situación en el AMVL.

Probablemente no existe tecnología alguna que sea intrínsecamente sustentable, debido a que la evaluación del desempeño de diferentes opciones tecnológicas implica necesariamente un conocimiento sobre escenario o contexto temporal y físico en el que se aplican. La aceptación y perspectivas que los mismos usuarios y actores locales tienen sobre los aspectos tecnológicos de los sistemas de tratamiento también son aspectos que deben ser tenidos en

cuenta. En el AMVL, los STD se utilizan actualmente en zonas sin cobertura de cloacas tales como: (a) asentamientos no planificados dentro o perimetrales a los centros urbanos consolidados que disponen de servicio de cloacas (tales como los asentamientos existentes en distintos sectores de la ciudad de Salta); (b) sectores de urbanización creciente y poco planificada dispersos en toda el área metropolitana; (c) barrios cerrados y emprendimientos urbanísticos privados en zonas sin cobertura de cloacas. Los resultados obtenidos en este trabajo permiten evaluar la gravedad de los impactos al ambiente y a la salud humana de la falta de planificación y control sobre el uso de sistemas descentralizados de tratamiento de aguas residuales domésticas. Los asentamientos no planificados constituyen el caso más grave debido a los riesgos de contaminación sobre la población cercana y sobre acuíferos potencialmente aprovechables. A causa de las condiciones socioeconómicas existentes, los STD utilizados en estos sectores en general no son muy desarrollados y tienen escaso mantenimiento. Se utilizan letrinas u otros tipos de tratamientos primarios (cámaras sépticas) de baja eficiencia de remoción, con un nulo control estatal o de los organismos prestadores del servicio. Estos asentamientos, al encontrarse cercanos a redes cloacales existentes tienden a ser cubiertos con el servicio de cloacas centralizado luego de un tiempo variable (en general años). Sin embargo, la contaminación difusa que se produce, agravada por la alta densidad poblacional y la limitada superficie de los lotes, puede ser grave para los acuíferos incluso muchos años después de ser cubiertos por el servicio de red cloacal. En el caso de localidades dispersas, los STD son frecuentemente la única opción viable de tratamiento a menos que se realicen costosas obras de recolección y transporte de efluentes hasta los sistemas centralizados. Estos sectores de urbanización incipiente se encuentran en constante desarrollo en toda el área metropolitana, tanto en localidades con varios miles de habitantes, como en núcleos urbanos dispersos con incipiente desarrollo. En estos sectores los STD utilizados pueden ser muy variados, dependiendo de las condiciones socioeconómicas, el tamaño

de los lotes y el conocimiento y la conciencia ambiental personal de los mismos usuarios respecto a aspectos ambientales. Por último, el caso de los barrios cerrados es diferente, debido a la existencia de exigencias internas respecto a la obligatoriedad de la construcción de STD suficientemente desarrollados y complejos, con controles periódicos y normativa específica según la ubicación (ordenanza N° 10438/00 dentro del departamento capital y resolución 011/01 en el resto del AMVL).

La utilización de STD más desarrollados y potencialmente capaces de minimizar la contaminación se ve limitada actualmente a un vacío legal en cuanto a dimensiones, tipos y características recomendadas de los sistemas de acuerdo a cada sector. La inclusión futura de los sistemas descentralizados en la planificación urbana del AMVL podría disminuir costos de inversión y evitar la necesidad de realización de costosas obras de infraestructura, especialmente de recolección y transporte de efluentes. Esto puede ser posible mediante la definición de las mejores alternativas tecnológicas de acuerdo a las condiciones sociales, biofísicas y ambientales de cada sector. La utilización de STD también podría significar un ahorro de agua potable en el riego de parques y jardines, un problema importante en amplios sectores de la región. La inclusión formal de los STD en la planificación territorial del AMVL podría tener un impacto importante en la sustentabilidad de la gestión del agua y el saneamiento, sin embargo es necesaria una evaluación más profunda. Aspectos técnicos relativos al buen funcionamiento de estos sistemas deben ser evaluados más profundamente. Los reactores UASB han mostrado ser sistemas de tratamiento biológico robustos y de bajo costo de mantenimiento, aunque es imprescindible la inclusión de etapas de desinfección para asegurar el cumplimiento con los estándares de calidad establecidos.

El desarrollo actual de tecnologías descentralizadas en el AMVL no es una consecuencia de una planificación y una política de planificación urbana sino que responde a procesos espontáneos y no controlados ante la falta de cobertura de redes de cloaca, por lo que la elección de las opciones tecnológicas está relacionada únicamente a criterios tales como simplicidad, costos, y disponibilidad en mercado. La masiva utilización de cámaras sépticas responde a estos factores de decisión, a pesar que si bien constituye un sistema de tratamiento robusto, no es suficiente para el cumplimiento de las normativas existentes. La inclusión potencial de otros criterios de tipo ambiental, podrían llegar a ser importantes en el proceso de masificación de sistemas más completos que aseguren una calidad de efluente mayor, permitan la posibilidad de reúso para riego, y disminuyan los riesgos a la salud

3.3 Comentarios finales.

En este trabajo se muestra la factibilidad técnica del tratamiento descentralizado de aguas residuales domiciliarias en el AMVL. Los resultados de remoción de materia orgánica, sólidos y otros parámetros físico-químicos muestran un cumplimiento adecuado de la normativa vigente, sin embargo sería necesaria una última etapa de desinfección a causa de la deficiente remoción de coliformes fecales. Los STD evaluados se encuentran en funcionamiento en distintas áreas de la zona de estudio y se basan en la utilización de reactores UASB como etapa de tratamiento biológico antes del volcamiento de los efluentes a pozos absorbentes. El sistema solo compuesto por una cámara séptica mostró una deficiente remoción de materia

orgánica, no siendo suficientes para el cumplimiento de la normativa vigente. Si bien es necesaria la evaluación de una mayor cantidad de cámaras sépticas, la baja remoción teórica de estos dispositivos podría significar un problema ambiental y económico de grandes dimensiones si se tiene en cuenta la masividad de su uso.

Al ser el influente doméstico a los sistemas descentralizados muy variable, discontinuo, y muchas veces de difícil muestreo en forma instantánea, en este trabajo solo se evaluaron los efluentes de los sistemas a los fines de testear el cumplimiento de los mismos con la normativa vigente. En el futuro es indispensable incluir la caracterización de los influentes, así como también aumentar el número de muestreos realizados. Además, debido a la variedad de tecnologías disponibles para el tratamiento descentralizado de efluentes, es necesario incluir en el análisis sistemas con otro tipo de tratamiento biológico, tales como otras alternativas de biodigestores compactos, humedales de flujo subsuperficial, plantas acuáticas, entre otros. Más allá de las cuestiones técnicas, se considera prioritario profundizar el conocimiento existente en relación a las perspectivas sociales existente respecto al tratamiento descentralizado de efluentes, así como también la responsabilidad de los organismos del estado tanto para de control, la gestión y la inclusión de una mayor diversidad tecnológica en la planificación territorial y la gestión del agua y el saneamiento.

4. CONCLUSIONES

- Los STD constituyen opciones en uso para el tratamiento de aguas residuales domésticas, aunque no disponen de controles formales ni son tenidos en cuenta como opciones tecnológicas en la planificación urbana. Sin embargo, existen normas vigentes que regulan el volcamiento de efluentes para absorción en suelo.
- Los STD evaluados mostraron un efluente con baja concentración de DQO y cumplimiento con los niveles requeridos para sulfuros y sólidos suspendidos. El sistema compuesto únicamente por una cámara séptica mostró la concentración de DQO más alta.
- En los efluentes a los que se midieron parámetros bacteriológicos, se observaron altas concentraciones de coliformes fecales, algo que haría necesaria una etapa final de desinfección antes del volcamiento final de los efluentes.
- Es necesaria la evaluación de distintas configuraciones tecnológicas de los STD presentes en el AMVL.
- Los sistemas descentralizados podrían ser una opción válida a tenida en cuenta formalmente en la planificación territorial y urbana en el AMVL. Sin embargo, es necesario profundizar la evaluación del funcionamiento de los sistemas, analizar las perspectivas sociales existentes y avanzar en la construcción de un marco legal que de formalidad y control a estas alternativas tecnológicas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado en parte por el proyecto N° 2031 y el proyecto N° 1857 de consejo de investigación de la Universidad Nacional de Salta. Los autores agradecen a todos los usuarios de los sistemas muestreados en este trabajo.

REFERENCIAS

- Allen, A., Dávila, J., Hofmann, P. (2006). Governance of Water and Sanitation Services for the Peri-urban Poor. The Development Planning Unit University College: Londres, Reino Unido.
- Aramayo, J., Cruz, M., Poma, H., Last, M., Rajal, V. (2009). Diarrhea and parasitosis in Salta, Argentina. *The journal of infection in developing countries* **3**(2), 105-111.
- Brito, L.A., Iribarnegaray, M.A., Salas Barboza, A.G., Seghezze, L. (2015). Huella del agua del cultivo de tabaco en el área metropolitana del Valle de Lerma, provincia de Salta. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* (en prensa).
- Chung, G., Lansey, K., Blowers, P., Brooks, P., Ela, W., Stewart, S., Wilson, P. (2008). A general water supply planning model: Evaluation of decentralized treatment. *Environmental Modelling & Software* **23**, 893-905.
- de Graaf, R., Dahm, R., Icke, J., Goetgeluk, R., Jansen, S., van de Ven, H. (2011). Perspectives on innovation: a survey of the Dutch urban water sector. *Urban Water Journal* **8**(1), 1-12.
- Eaton, A. D., Clesceri, L.S., Rice, E.W., Greenberg, A.E. (2005) Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st edition. Washington DC, APHA.
- Evans, B., Joas, M., Sundback, S., Theobald, K. (2005) Governing Sustainable Cities. Earthscan Publications: Londres, Reino Unido.
- Haapio, A. (2012). Towards sustainable urban communities. *Environmental Impact Assessment Review* **32**(1), 165–169.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) (2010). Datos estadísticos disponibles en: <http://www.indec.com.ar>.
- Iribarnegaray, M. A.; Figueroa, E.; Arena, A.; Cabral, J.; Tejerina, W.; Gutiérrez, M.; Wilches, A.; Tood, P.; Trupiano, A.; Liberal, V.; Seghezze, L.; Cuevas, C. (2002). Puesta en marcha y operación de un sistema combinado de tratamiento de líquidos cloacales con reactores UASB y lagunas de estabilización. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **6**, 57-62.
- Iribarnegaray M.A., Copa F.R., Gatto D'Andrea M.L., Arredondo M.F., Cabral J.D., Correa J.J., Liberal V.I., Seghezze L. (2012). A comprehensive index to assess the sustainability of water and sanitation management systems in Salta, Argentina. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* **2**(3), 205-222.
- Kujawa-Roeleveld, K., Zeeman, G. (2006). Anaerobic treatment in decentralized and source-separation-based sanitation concepts. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* **5**, 115-139.
- Seghezze, L., Trupiano, A.P., Liberal, V., Todd, P.G., Figueroa, M.E., Gutiérrez, M.A., da Silva Wilches, A.C., Iribarnegaray, M., Guerra, R.G., Arena, A., Cuevas, C.M., Zeeman, G. y Lettinga, G. (2003). Two-step upflow anaerobic sludge bed system for sewage treatment under subtropical conditions with posttreatment in waste stabilization ponds. *Applied Biochemistry and Biotechnology* **109**, 167-180.
- Singh, N. K., Kazmi, A., Starkl, M. (2015). A review on full-scale decentralized wastewater treatment systems: techno-economical approach. *Water Science & Technology* **71**(4), 468 – 478.
- UN-Habitat (2013). State of the world's cities 2012/2013. Prosperity of the cities. Routledge. USA y Canada.
- Wang, X. C., Chen, R., Zhang, Q. H., Li, K. (2008). Optimized plan of centralized and decentralized wastewater reuse systems for housing development in the urban area of Xi'an, China. *Water Science and Technology* **58**(5), 969-975.
- Zeeman, G., Kujawa, K., de Mes, T., Hernandez, L., de Graaff, M., Abu-Ghunmi, L., Mels, A., Meulman, B., Temmink, H., Buisman, C., van Lier, J., Lettinga, G. (2008). Anaerobic treatment as a core technology for energy, nutrients and water recovery from source-separated domestic waste (water). *Water Science & Technology—WST* **58**(7), 1207-1212.
- Zhao, J., Zhenga, X., Dongb, R., Shaoc, G. (2013). The planning, construction, and management toward sustainable cities in China needs the Environmental Internet of Things. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, **20**(3).