

# CARACTERIZACIÓN DE EFLUENTES CLOCALES TRATADOS Y ESTUDIO DE SU POTENCIAL USO COMO AGUA DE RIEGO.

J. E. Gamón, V. Liberal, W. A Tejerina, C. Cuevas

Universidad Nacional de Salta, Consejo de Investigación-INENCO, Laboratorio de Estudios Ambientales, A4402FDC Salta. Tel.: 0387-4255516; Fax: 0387-4255483; Email: [tbel@unsa.edu.ar](mailto:tbel@unsa.edu.ar)

**RESUMEN:** El trabajo tiene como objetivo analizar los efluentes cloacales de un club de campo de la ciudad de Salta tratados mediante un sistema aeróbico convencional, determinando la calidad física, química y biológica de los mismos y evaluando su adecuación a las normas vigentes para su potencial reuso en riego mediante alternativas de post- tratamiento. Los efluentes tratados actualmente son clorados y vertidos a un cuerpo de agua. Los parámetros físicos y químicos se mantienen dentro de las normas vigentes en Salta. Los Coliformes Fecales a la salida del sistema aeróbico oscilaron entre  $2,1 \times 10^4$  y  $9,3 \times 10^7$  CF/100mL, superándose los valores máximos permitidos por las normas. Se encontró que dicho sistema es eficiente en remoción de materia orgánica y que la alternativa más económica y ambientalmente sustentable para reducir los gérmenes patógenos hasta condiciones de reuso son las lagunas de maduración, por no tener gastos operativos ni generar compuestos tóxicos residuales.

**Palabras claves:** lagunas de maduración, reuso, desinfección, líquidos cloacales.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe varios sistemas estudiados y desarrollados de tratamiento aeróbico (lodos activados, filtros percoladores, zanjas de oxidación, etc) como anaeróbico (lagunas, digestores anaeróbicos, reactores UASB, etc) que permiten mejorar la calidad de los efluentes contaminados para poder ser vertidos con seguridad en los cursos de agua sin generar un impacto ambiental negativo. Se podría afirmar que el tratamiento convencional logra un objetivo de protección ecológica y además acondiciona el agua para desinfección (Suematsu, 1995), no resultando eficientes para la remoción de gérmenes patógenos. Entre los sistemas más comunes de desinfección se destacan las radiaciones UV, la cloración, ozonólisis, etc. Pero estos sistemas resultan costosos o generan residuos peligrosos. Contrario a esto existen otros sistemas como las lagunas de estabilización, que requieren menor capital de inversión, son de fácil mantenimiento, no demandan energía y efectúan una adecuada desinfección. (Ramalho, 1996).

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar los efluentes cloacales tratados por un sistema convencional instalado en un club de campo de manera de conocer la calidad de los mismos y evaluar su adecuación a las normas vigentes para su posible reuso en riego de campos deportivos, evaluando eventuales alternativas de post- tratamiento.

## METODOLOGÍA

El trabajo se desarrollo en un barrio privado de la ciudad de Salta el cual cuenta con una población de 1000 habitantes de nivel socio económico alto. Todas las casas del complejo cuentan con una cámara séptica y están conectadas a una red cloacal interna que confluyen a un sistema de tratamiento aeróbico de lodos activados. Los efluentes finales en la actualidad son clorados y volcados a un río que pasa por las inmediaciones del complejo. Se estudiaron las características físicas, químicas y biológicas de dichos efluentes finales para determinar la factibilidad de su reutilización en riego de un campo deportivo. Para ello se tomaron de la cámara previa a la cloración, muestras compuestas (formadas por alícuotas de 500 ml extraídas cada 3 horas durante un día) para el análisis físico químico y muestras puntuales para los análisis bacteriológicos, en las diferentes estaciones del año.

Se analizaron los siguientes parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspendidos (SS), Sólido Disueltos Totales (TDS), pH, Conductividad, Bacterias Coliformes Totales y Fecales. También se analizó en forma periódica el contenido de Sulfatos, Sulfuros, Amonio, Nitrito, Nitrito, Fósforo reactivo y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). Las determinaciones analíticas se realizaron de acuerdo a las técnicas del *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (American Public Health Association, *et al* 1995) y los micrométodos HACH® aprobados por United States Environmental Protection Agency (USEPA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los valores de las determinaciones efectuadas al total de las muestras, el promedio de los datos y su desviación estándar.

De acuerdo a lo observado, la mayoría de valores de DQO del efluente tratado, se mantienen dentro de los límites establecidos por la norma municipal (125 mg/L) y provincial de Salta ( $\leq 250$  mg/L) ya que el promedio resultó en 107 mg/L con una desviación estándar de 37.

Se encontró que la media de las determinaciones de DQO sin los datos anómalos (muestras 7, 9 y 12) es de  $105 \text{ mg/L} \pm 9$ . Las muestras 7 y 12 presentan los valores mayores para DQO coincidentes con salidas de servicio del sistema aeróbico de tratamiento hecho al que podría atribuirse el aumento de la carga de materia orgánica en el efluente del sistema. Por otro lado, el menor valor obtenido en las determinaciones, correspondería a un efecto de dilución del agua residual generada por las

lluvias intensas ocurridas en el periodo de muestreo, evidenciando la existencia de aporte de líquidos pluviales a la red cloacal

Muestra	Sol. Susp.[mg/L]	Cond. [u/cm]	Sol. Dis Tot.[mg/L]	Sol. Totales[mg/L]	PH	DQO	C. Totales(10 <sup>4</sup> )	C. Fecales(10 <sup>4</sup> )
Nº1	70	717	360	345	6,94	100	43	43
Nº2	60	706	354	347	7,86	120	930	150
Nº3	49	669	337	353	7,85	110	3900	210
Nº4	38	730	370	334	7,92	94	21000	9300
Nº5	64	700	350	385	7,81	120	9300	150
Nº6	54	540	280	337	7,65	117	4300	2300
Nº7	46	730	370	375	7,5	159	21	21
Nº8	43	550	280	302	7,23	89	7500	7500
Nº9	8	240	120	180	6,83	20	9,3	9,3
Nº10	25	320	160	209	6,96	84	390	230
Nº11	47	630	270	320	7,61	112	750	230
Nº12	67	710	360	396	7,21	163	430	91
Promedio	48	604	301	324	7,45	107	4048	1686
Desviac.	18	165	84	66	0,40	37	6198	3221

Tabla 1: Resultados de Sólidos suspendidos, Sólidos disueltos totales, Sólidos totales, Conductividad, pH, DQO, Gérmenes Coliformes Totales y Gérmenes Coliformes Fecales para un total de 12 muestras de efluente tratado.

Para la caracterización bacteriológica del efluente tratado se determino la concentración de los Gérmenes Coliformes Totales y Fecales, cuya evolución se muestra en el Gráfico 5, en el cual se puede observar que la calidad bacteriológica del efluente es independiente de las paradas del sistema así como de los aportes pluviales. En lo que respecta al contenido de microorganismos patógenos se observa un máximo en los coliformes fecales de  $9,3 \times 10^7$  por cada 100mL y un promedio general de  $1,7 \times 10^7$  coliformes fecales en 100mL, valores que sobrepasan las directrices para reuso de la Organización Mundial de Salud de 1000 Coliformes Fecales / 100 mL (OMS, 1989) como así también las normas vigentes de la ciudad de Salta para volcamiento a un curso de Agua (Resolución N° 011/01 de la Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia y Ordenanza Municipal N° 10.438/00).

En la Tabla 2 se presentan los valores de los análisis efectuados sobre muestras determinadas consignando los valores mínimos y máximos obtenidos, el promedio de los datos y su desviación estándar.

Los resultados de los parámetros DBO, Nitrato, Nitrito, Amonio, Sulfato, Sulfuro, Fosfatos presentan una significativa dispersión; no obstante, el promedio de los mismos se mantienen dentro de los límites establecidos por las normas de volcamiento vigentes en la provincia.

Por los datos obtenidos se puede considerar que el sistema es eficiente en la remoción de la carga orgánica de los líquidos cloacales, con el consecuente mejoramiento de las características físicas y químicas del efluente obtenido.

Parametro	Nº Muestras	Valor máximo	Valor mínimo	Promedio(mg/L)	Desviación
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	6	45	17	37	10
S <sup>2-</sup>	5	0,58	0,01	0,25	0,23
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5	55,79	6,48	24,1	19,36
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	5	2,2	0,05	0,560	0,92
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	11,88	0,132	4,2	4,95
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	5	17,9	2,51	7,87	7,34
DBO <sub>5</sub>	7	96	21	57	23,38

Tabla 2 Resultados de Sulfatos, Sulfuros, Amonio, Nitrito, Nitrato, Fósforo como Ortofosfato y Demanda Biológica de Oxígeno.

### Estudios de Alternativas

Para adecuar la calidad del efluente a los parámetros bacteriológicos establecidos por las normas vigentes para reuso en riego, existen diversas alternativas de desinfección o de post tratamiento por métodos naturales. Actualmente el club de campo está empleando un sistema convencional de desinfección con cloro, que podría considerarse ambiental y económicamente no sustentable ya que, si bien cumple el objetivo de abatimiento de gérmenes patógenos, empeora la calidad química del efluente que se proyecta reutilizar y presenta un elevado costo fijo en insumos de clorógenos.

Existen otros sistemas de desinfección disponibles tales como la Ozonolisis y el uso de Radiaciones Ultravioletas, cuyas ventajas y desventajas se muestran comparativamente con la Cloración en la Tabla 3.

Como alternativa ambiental y económicamente sustentable a totalidad de los métodos mencionados de desinfección, y en miras al reuso del líquido tratado en riego de un campo de golf, se destaca la posibilidad de utilizar un sistema de lagunas de maduración que naturalmente mejore la calidad bacteriológica de los efluentes hasta los límites establecidos por las normas

vigentes. Entre las principales ventajas de los sistemas de lagunas de maduración se puede mencionar que tienen gran poder de remoción de microorganismos patógenos, gran capacidad de adaptación a los cambios de caudal y carga orgánica, no incorporan compuestos químicos residuales tóxicos para la biota de los cuerpos receptores, actúan sin necesidad de gasto de energía y son sencillas de operar. Pero a su vez presentan desventajas, ya que requieren amplias áreas de terreno para su implantación, se producen pérdidas de agua por evaporación y existen una estrecha dependencia con las condiciones climáticas (PAS-LAC, 2006).

<i>Desinfección</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<i>Cloración</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se puede medir el cloro residual para evaluar su efectividad</li> <li>- Buen oxidante de algunos compuestos orgánicos e inorgánicos.</li> <li>-Decolorante de algunos tintes y colorantes.</li> <li>- Puede neutralizar de olores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cloro residual resulta tóxico para organismos acuáticos. -Muchas veces es necesario la descloración.</li> <li>-El transporte, almacenamiento y el manejo del mismo resulta riesgoso, por lo tanto es necesario intensificar las medidas de seguridad.</li> <li>-Genera compuestos peligrosos como los metanos trihalogenados (MTH)</li> <li>-Hay especies parásitas que son resistentes.</li> <li>-Costo elevados en insumos de clorógenos</li> </ul>
<i>Ozonolisis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-No se generan residuos peligrosos</li> <li>-Tienen menos problemas de seguridad industrial asociados al envío y transporte</li> <li>-Aumenta la concentración de Oxígeno disuelto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Dosis bajas puede no desactivar virus, esporas o quistes.</li> <li>-Requiere equipos complejos, costos altos en lo que refiere a capital inicial y demanda de energía.</li> <li>-el ozono es sumamente irritante y posiblemente tóxico, así lo gases que se escapan deben ser destruidos.</li> </ul>
<i>UV</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Eficacia en desinfección.</li> <li>-No requiere transporte ni almacenamiento de productos tóxicos.</li> <li>-No tiene efecto residual</li> <li>-Tiempo de contacto muy corto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Algunas veces los microorganismo pueden reparar los daños ocasionados por las radiaciones UV</li> <li>-La turbidez y sólidos suspendidos totales disminuye la eficacia de desinfección con UV.</li> <li>-Sus costos son elevados.</li> <li>-Se tiene que evitar la acumulación de sólidos en tubos.</li> </ul>

Tabla 3 Sistemas de Desinfección

Fuente: (EPA, 1999)

## CONCLUSIÓN

Se ha caracterizado el efluente cloacal de un club de campo tratado en un sistema aeróbico convencional, observando que el mismo resulta adecuado para la remoción de materia orgánica.

Se corroboró que el sistema aeróbico utilizado mejora las características físico-químicas del efluente pero no así las bacteriológicas, fundamentalmente en cuanto a la concentración de gérmenes patógenos (coliformes fecales), que supera los máximos admisibles establecidos por las normas vigentes para vuelco a cursos de agua, coincidentes con las directrices de las OMS para reuso de aguas residuales.

El método actualmente utilizado de desinfección con cloro resulta económica y ambientalmente no sustentable por generar residuos tóxicos que puedan afectar la biota acuática del cuerpo receptor, tener elevados costos fijos en clorógenos y los peligros que presenta su manipulación.

Se han evaluado métodos alternativos de desinfección y post-tratamiento en miras al reuso del líquido tratado en riego de un campo de golf, determinando que resulta más adecuado el uso de lagunas de maduración. Dado que la disponibilidad de terreno es muy amplia, las desventajas que presentaría este post-tratamiento complementario serían muy leves en comparación con los métodos de desinfección antes citados

## REFERENCIAS

- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Environment Federation (WEF). (1995). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19<sup>th</sup> ed., Eaton, A.D., Clesceri, L.S., and Greenberg, A.E., (Eds). Washington DC, USA.
- Environmental Protection Agency. (1999). Office of Water 832, 99. 063
- Issaly, P. *et al.* (2004). Perspectivas del medio ambiente de la Argentina. Geo- Argentina pp. 124-125.
- Meganck, R. A. y Bello E. (2002). El papel de la OEA en el manejo de las aguas en las Américas. Agua Latinoamérica 2,3
- Ministerio del Medio Ambiente (1998). Dirección general ambiental sectorial. Grupo de gestión ambiental urbana y salud. Guía técnica para el desarrollo de proyectos de reuso de agua residuales domésticas municipales pp 8-11. Colombia.
- Miller JR. y Tyler G.. (1994). Ecología y Medio Ambiente. 7<sup>o</sup> Edición, pp. 364-366. Grupo Ed. Iberoamérica SA. México
- Organización Meteorológica Mundial (WMO). (1996). Informe anual. Publicaciones en español.
- Muñoz, A. y Stancich, E. (2005). Condiciones para la sustentabilidad del agua. Documento para la discusión. Un modelo público para la provincia de Santa Fe, Argentina. 1, 1-2
- Programas de Agua y Saneamiento, América Latina y El Caribe (PAS-LAC). (2006). Tecnología alternativas para la provisión del agua y saneamiento en pequeñas localidades. Memoria del Simposio Internacional pp 42-45. Perú
- Ramallo, R.S. (1996). Tratamiento de Aguas Residuales. Edición Revisada, pp. 437-439. Ed. Reverté S.A.. Barcelona. España.