

Propuestas de sistemas de remediación sanitaria para Potrero de Garay, Córdoba, Argentina.

Florencia Nadal; Nancy Larrosa; Noelia Alasino; Claudia Gutiérrez; Hernán Severini; Gerardo Hillman,

Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

E-mail: anadal@ina.gov.ar

RESUMEN: El embalse Los Molinos representa para la ciudad de Córdoba una fuente imprescindible de abastecimiento, que hace tres décadas muestra signos de eutrofización. Dicho embalse integra una región turística cuya población creció exponencialmente sin un plan de ordenamiento territorial, tal como la localidad de Potrero de Garay, ubicada sobre el perilago del embalse. Las numerosas infraestructuras se construyeron sin un correcto sistema de tratamiento de agua cloacal, infiltrando los efluentes hasta el embalse, agravando su condición de eutrofia. El objetivo del trabajo fue proponer alternativas de tratamiento de efluentes domiciliarios adecuadas para Potrero de Garay, que ayuden a la conservación del embalse.

Se plantearon tres opciones: Humedal artificial de flujo subsuperficial (HAFS), terrenos de infiltración (TI) y planta compacta. Para la primera alternativa se diseñó y construyó, en base al caudal de efluente generado en una vivienda tipo, un HAFS con *Cortadeira* selloana, se determinó la remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos y se corroboró el modelo de flujo pistón utilizado para el diseño. Respecto al TI, se diseñó el sistema para verificar si por el espacio que ocupa es factible construirlo en los lotes de la localidad. Para la tercera alternativa, se calculó el volumen del bioreactor para un country de la zona mediante modelación matemática convencional.

El HAFS, que se asemeja a un reactor flujo pistón con dispersión, redujo considerablemente los parámetros físico-químicos y microbiológicos del efluente, permitiendo reutilizarlo para riego según normativa provincial. Este sistema es apto para hogares y cabañas de los barrios cercanos al perilago y en terrenos pocos permeables. Las dimensiones del TI son adecuadas para los lotes de la zona y se deben construir en barrios alejados del perilago. Para el country se necesita un bioreactor de 36 m³, siendo apropiado este sistema para aquellos sectores que puedan afrontar el costo del mismo.

INTRODUCCIÓN

La generación de efluentes es una consecuencia inevitable de las actividades humanas. Estas actividades modifican las características de las aguas de partida, contaminándolas e invalidando, en algunos casos, su posterior aplicación para otros usos. Es un hecho que el vertido de aguas residuales sin depurar provoca daños, en ocasiones irreversibles, al medio ambiente, afectando tanto a ecosistemas acuáticos como riparios. Por otro lado, el vertido de aguas residuales no tratadas supone riesgos para la salud pública (AA & CNT, 2008).

Es por esto que el tratamiento de efluentes y su posible reutilización son cuestiones que deben ocupar un lugar importante en la planificación territorial, para que los cuerpos de agua que son receptores de esos efluentes no se vean perjudicados.

Las tecnologías de tratamiento de agua se pueden clasificar en sistemas convencionales y no convencionales. Los primeros, si bien tienen la ventaja de tratar grandes volúmenes en un espacio relativamente pequeño, presentan la gran desventaja de requerir altos costos de producción, mantenimiento y energía (EPA, 1988). Ante las desventajas que poseen los sistemas convencionales de tratamiento de efluentes se han desarrollado los llamados sistemas naturales o no convencionales, que aprovechan y potencian los procesos de purificación físicos, químicos y biológicos que ocurren en forma espontánea en la naturaleza, con costos sensiblemente menores que los de los sistemas convencionales (Latchinia *et al.*, 2004).

En la provincia de Córdoba existen lagos y ríos en los que se descargan aguas residuales crudas o mal depuradas y que han sufrido deterioro de su calidad, como es el caso del embalse Los Molinos. Este último recibe múltiples descargas difusas de efluentes cloacales provenientes de las zonas pobladas que se encuentran en el perilago, tal como la localidad Potrero de Garay. Los Molinos representa una fuente de abastecimiento imprescindible para la capital provincial y desde hace tres décadas muestra signos de eutrofización y periódicos florecimientos algales (Bazán *et al.*, 2005).

Ante esta problemática, se han planteado como objetivos de este trabajo:

- Analizar teóricamente, discutir y proponer plantas compactas y naturales de tratamiento de efluentes domésticos que pueden ser aplicados en la localidad de Potrero de Garay, que ayuden a la conservación y sustentabilidad del embalse Los Molinos,
- Desarrollar experimentalmente un sistema no convencional propuesto y evaluar su capacidad de depuración de un efluente doméstico,
- Determinar si el efluente ensayado puede reutilizarse para riego de jardines y parques, de acuerdo a lo que exige la normativa provincial,

- Calcular el volumen del bioreactor de la planta compacta de tratamiento utilizando un modelo tradicional.

ÁREA DE ESTUDIO

La localidad Potrero de Garay está ubicada en el sudoeste del Departamento Santa María, sobre el perilago del embalse Los Molinos, entre la desembocadura de los ríos San Pedro y Del Medio (Figura 1). Sus coordenadas son $30^{\circ} 49'0,5''$ latitud Sur y $64^{\circ} 12'0,1''$ longitud Oeste. Potrero de Garay es una localidad serrana turística en donde la mayoría de las construcciones son viviendas de particulares de fin de semana. Además, ocupa la mayor parte del perilago del embalse, con un área de 10.100 hectáreas.

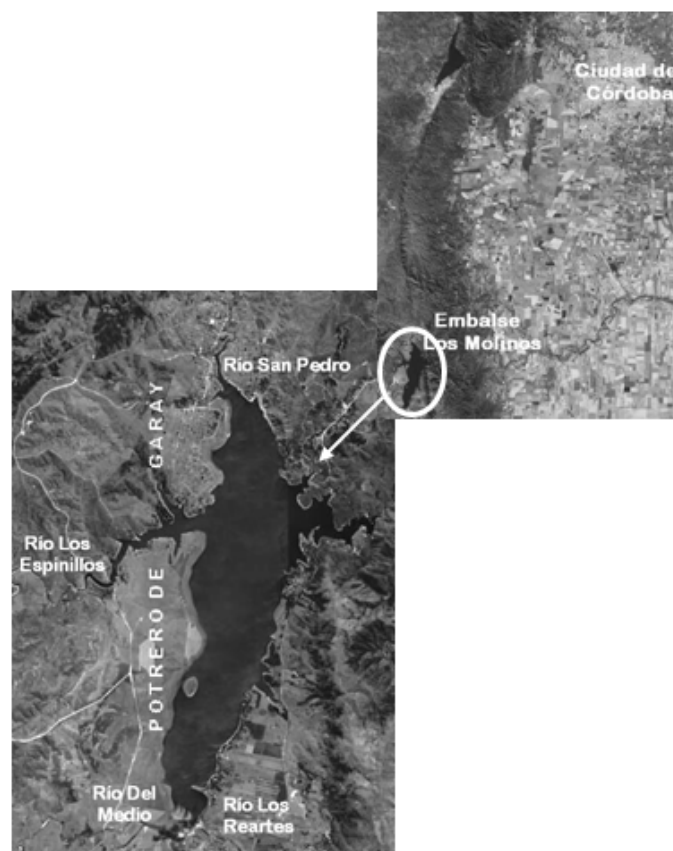


Figura 1.- Ubicación de la localidad de Potrero de Garay

Por la atracción turística del embalse, Potrero de Garay tuvo en los últimos años un crecimiento poblacional acelerado sin que exista un plan de ordenamiento territorial. Como consecuencia, el perilago fue extensamente ocupado por viviendas y cabañas que no están conectados a una red cloacal sino que descargan sus efluentes a pozo negro (Figura 2). Los mismos se infiltran a través del subsuelo, llegan hasta el embalse con elevada carga de nutrientes e incrementan su condición de eutrofia. Este impacto negativo repercute sobre algunos usos importantes que posee el embalse: Abastecimiento de agua potable para aproximadamente el 30% de la población de la ciudad de Córdoba, riego agrícola, desarrollo de actividades recreacionales y turismo.

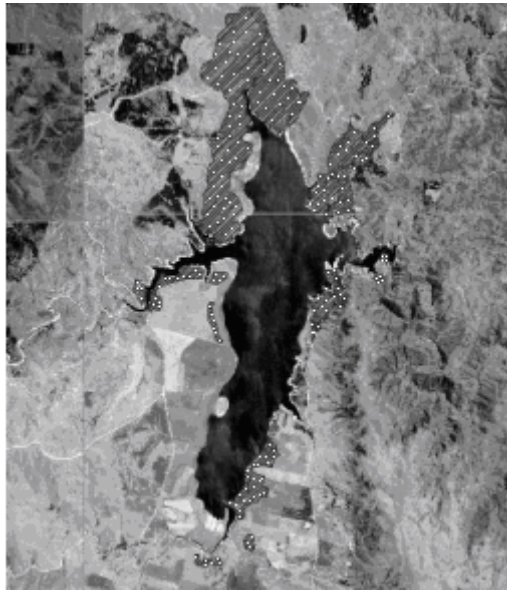


Figura 2.- Zonas pobladas y loteos (color gris con puntos blancos) del perilago del embalse Los Molinos. Fuente: Pagot M. en Molinero Rodríguez, 2008

MATERIALES Y MÉTODOS

En base al análisis de la topografía del terreno y tipo de suelo, el tamaño promedio de los lotes y su distancia al embalse y antecedentes de tratamiento en otras regiones similares, se plantearon tres propuestas de remediación de efluentes: Humedal artificial de flujo subsuperficial (HAFS) y terreno de infiltración como alternativas naturales de tratamiento, y planta compacta de tratamiento por barros activados como sistema convencional.

Humedal Artificial FS

Se diseñó y construyó un HAFS con vegetación nativa (*Cortadeira selloana*; llamada comúnmente Cortadera) de las sierras de Córdoba, con el fin de evaluar su capacidad de depuración. El mismo fue construido en el predio del Laboratorio de Hidráulica (LH) perteneciente a la Universidad Nacional de Córdoba. El humedal se alimentaba con agua residual doméstica proveniente de las instalaciones sanitarias del LH y de una vivienda situada de manera contigua al mismo. El caudal de efluente generado era, en promedio, 700 L/d (aproximadamente igual a un caudal producido por una vivienda tipo). La Figura 3 esquematiza el sistema HAFS.

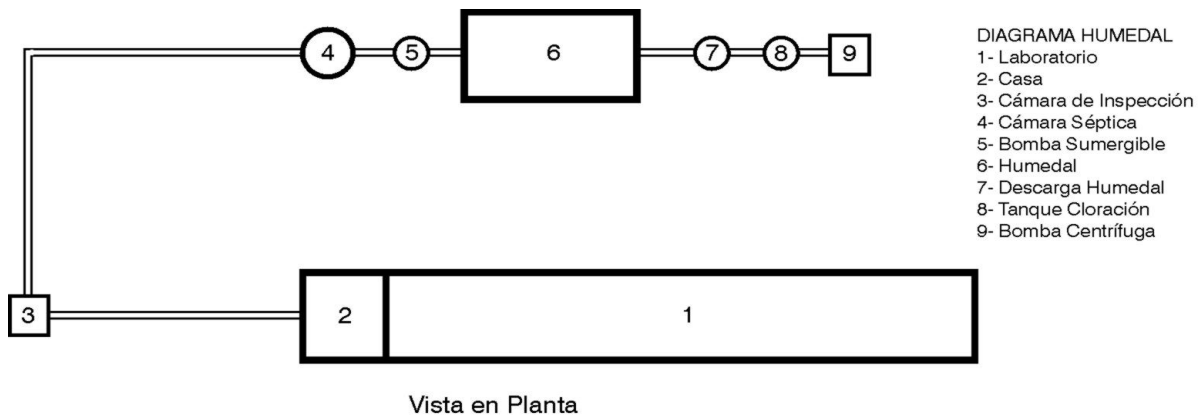


Figura 3.- Esquema del sistema de tratamiento por HAFS

El cálculo de las dimensiones se realizó considerando una demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) del afluente del humedal de 240 mg/L y del efluente de 30 mg/L como variable determinante del área (valor exigido por la DIPAS (1999) para descarga directa en embalse). Para ello se siguió con la metodología de Reed *et al.*, (1995), quién considera al HAFS como un reactor flujo pistón cuya reacción es de primer orden. Las ecuaciones 1 y 2 muestran los cálculos principales del modelo para el área superficial del humedal y para el tiempo de residencia teórico.

$$A_s = \frac{Q \times (\ln DBO_a - \ln DBO_e)}{k_T \times y \times n} \quad \text{Ecuación 1}$$

Siendo:

Q : Caudal medio a depurar

DBO_a : Demanda bioquímica de oxígeno del afluente

DBO_e : Demanda bioquímica de oxígeno del efluente

y : Profundidad media del agua en la celda del humedal

n : Porosidad de la grava

k_T : Constante cinética de primer orden

$$TRH = \frac{l \times W \times y \times n}{Q} \quad \text{Ecuación 2}$$

Siendo:

l : Largo de la celda del humedal

W : Ancho de la celda del humedal

El humedal se construyó con una relación largo (l) - ancho (W) de 3:1 a fin de asegurar flujo pistón y un menor porcentaje de zonas muertas (Giacoman *et al.*, 2008), con una profundidad media de la celda de 70 cm y una pendiente del 1%. El valor de la constante cinética fue calculado en $0,73 \text{ d}^{-1}$ y en cuanto a la porosidad de la grava se tomó un valor de 0,38, sugerido por Lara Borrero (1999), que corresponde a un diámetro efectivo de 16 mm. Debido a la topografía de terreno, la salida de la cámara séptica quedó ubicada a 1,05 m del nivel de suelo. Por ello, fue necesario colocar una bomba cloacal sumergible que eleve el efluente hasta la entrada del humedal. El fondo y los laterales de la celda fueron impermeabilizados con cuatro capas de

polietileno de baja densidad de 200 μm . La cañería de salida del humedal consistió en una T de PVC de 110 mm, con perforaciones de 1 cm de diámetro sobre la media caña ubicadas en forma de tres bolillos (es decir, de forma zigzagueante). Los primeros 50 cm de la entrada de la celda y últimos 50 cm de la salida se rellenaron hasta 50 cm de profundidad con piedra de 10 a 20 cm de diámetro. La parte central de la celda se completó con canto rodado de 1 a 3 cm de diámetro. La configuración de la salida permitió mantener un nivel de agua dentro del humedal de 0,5 m, tal que cubra las raíces de la vegetación. La entrada al mismo se construyó de igual manera que la salida. Finalmente se trasplantó la vegetación (Figura 4).



Figura 4.- Fotografía del HAFS

Para determinar el modelo de flujo del humedal y el tiempo de residencia hidráulico (TRH) se realizó un ensayo con NaCl como trazador mediante inyección instantánea a la entrada del humedal y se midió la conductividad del efluente hasta que se observó los valores normales del agua residual tratada. Con los datos de conductividad se obtuvo el tiempo medio de residencia, se realizó la gráfica de la distribución de TRH (Curva E Normalizada) del humedal y se la comparó con la de los modelos de flujo pistón (FP) con Dispersión y serie de Reactores de Mezcla Completa (RMC), según Levenspiel (1998)

También, se evaluó la eficiencia de remoción del humedal comparando las concentraciones del agua residual, al ingreso y a la salida de la celda, de los siguientes parámetros: Sólidos totales en suspensión, DBO_5 , fósforo total, coliformes totales y *Escherichia coli*. Finalmente se valoró el efluente tratado para conocer si el mismo era apto para ser usado con fines de riego de jardines y parques. Las técnicas de análisis se realizaron según Standard Methods (APHA, AWWA, WEF, 2005).

Terreno de Infiltración

Para corroborar que la localidad de Potrero de Garay tiene zonas con suelo adecuado para esta alternativa de tratamiento, se consultó el libro Los Suelos de la Agencia Córdoba D.A.CyT.S.E.M – INTA (2003). Las principales características que se analizaron fueron: Capacidad de drenaje, textura del suelo y pendiente natural del terreno. Posteriormente, se realizó el diseño del sistema para el caso de una vivienda tipo (cuatro personas) según Norma ENOHSA (1993), Mariñelarena (2006) y directivas de la ONG Life Water Internacional.

Planta Compacta de Tratamiento por Barros Activados

Esta alternativa fue pensada para aquellas zonas de Potrero de Garay que presenten una densidad poblacional suficiente (de manera de no incurrir en elevados costos de inversión en la recolección) y tengan la capacidad de mantener y controlar estos procesos. Por ello, en este trabajo se propuso esta opción de tratamiento para el country de montaña Potrerillos. Dicho barrio privado está ubicado aproximadamente en la zona central del ejido comunal de Potrero de Garay ocupando un total de 200 hectáreas, de las cuales 50 hectáreas ya están urbanizadas. Posee una capacidad máxima de setenta y cinco lotes, con una superficie que oscila entre 5000 y 8000 m². De estos setenta y cinco lotes, hay 35 lotes construidos. Su topografía es bastante irregular, con pendientes muy pronunciadas. Actualmente posee como sistema de tratamiento de efluentes sangrías e infiltración en suelo como sistema de disposición final de efluentes.

Para el diseño del bioreactor se utilizó la metodología propuesta por Metcalf & Eddy (2003). Este modelo convencional considera 4 compuestos: Material orgánico biodegradable, biomasa heterotrófica, oxígeno disuelto y material orgánico no biodegradable. En cuanto a la cinética, considera la velocidad de reacción para el crecimiento aeróbico de heterótrofos, decaimiento de biomasa heterótrofa, consumo de sustrato, consumo de oxígeno y producción de residuo celular.

El caudal de entrada se calculó a partir de un consumo de agua potable de 350 L/(d hab), según Norma ENOHSA (1993). Este valor se multiplicó por 0,8 (valor recomendado por la norma) para obtener el aporte unitario del efluente, que en este caso fue aproximadamente 300 L/(d hab). Si bien el barrio cuenta con 75 lotes, el cálculo se realizó para un total de 80 viviendas, con 4 habitantes por vivienda, como un factor de seguridad. Por lo tanto, el caudal de diseño resultó en 96 m³/d.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dimensiones del Humedal artificial de flujo subsuperficial

Las dimensiones de la celda del humedal se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1.- Dimensiones calculadas para celda del HAFS

Área superficial (A _s)	W	l	(TRH de flujo pistón ideal)
	Relación W-l: 1:3		
(m ²)	(m)	(m)	(d)
10,40	1,86	5,59	2,82

El TRH calculado resulta de un modelo que considera un flujo ideal, el cual no describe de manera correcta el comportamiento hidráulico ni las características de flujo del sistema. El TRH real puede ser menor que el teórico debido a la pérdida de volumen, zonas muertas, flujos preferenciales y/o recirculación de fluido (EPA, 2000).

Determinación de la Distribución del THR del HAFS

De acuerdo al ensayo, el tiempo medio de residencia experimental fue 2,35 días, mientras que el tiempo teórico considerando flujo pistón ideal fue de 2,82 días.

La Figura 5 muestra la distribución del TRH (Curva E Normalizada). El tiempo fue normalizado respecto al tiempo medio de residencia experimental. En la figura se puede observar que la curva podría ajustarse a un modelo de FP con Dispersión. La forma en la que se distribuye el TRH indicaría que existen canalizaciones dentro del humedal con posibles recirculaciones internas (Levenspiel, 1998).

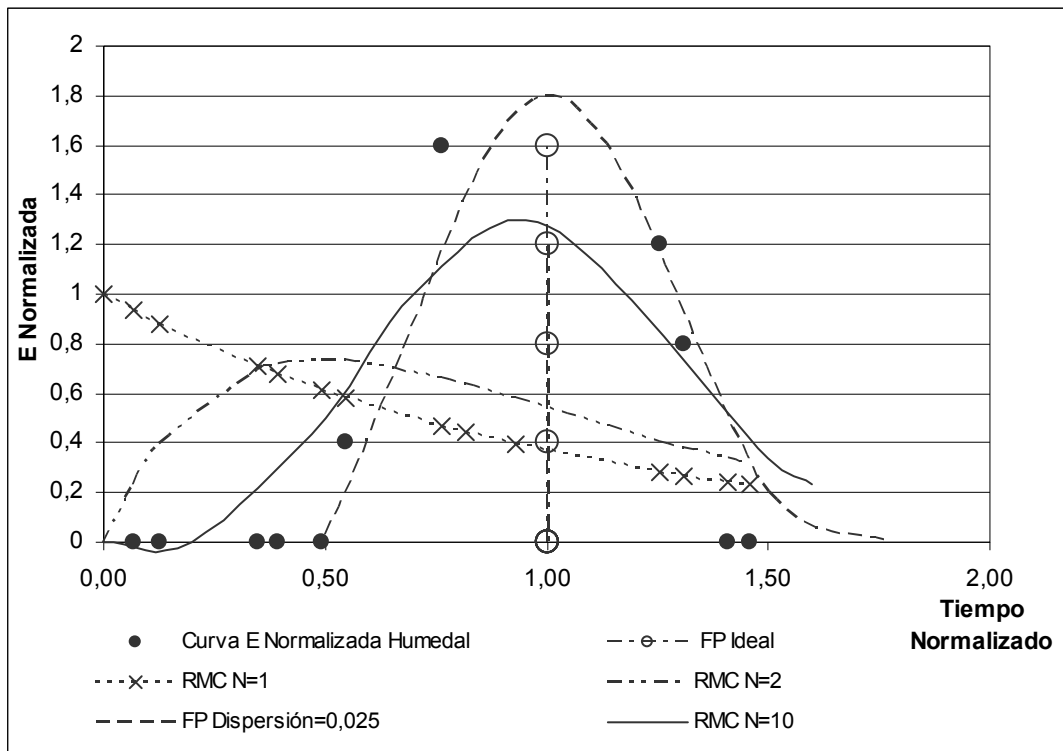


Figura 5.- Curva E Normalizada del humedal y de diferentes modelos: RCM N=1: Un RCM. RCM N=2: Dos RCM en serie. RCM N=10: Diez RCM en serie

Eficiencia de remoción del HAFS

Las Figuras 6 a 10 muestran las concentraciones de los distintos parámetros medidos en el afluente y efluente del humedal. Las muestras se tomaron semanalmente durante el periodo de puesta en marcha y maduración del sistema (cuatro primeras semanas), y después de que el mismo entró en régimen; es decir, cuando la

formó la biopelícula en la grava y en la vegetación hubo desarrollo de crecimiento y adaptación al medio (10^{ma} a 19^{na} semanas). La muestra correspondiente a la cuarta semana se tomó después de un día completo de suave llovizna.

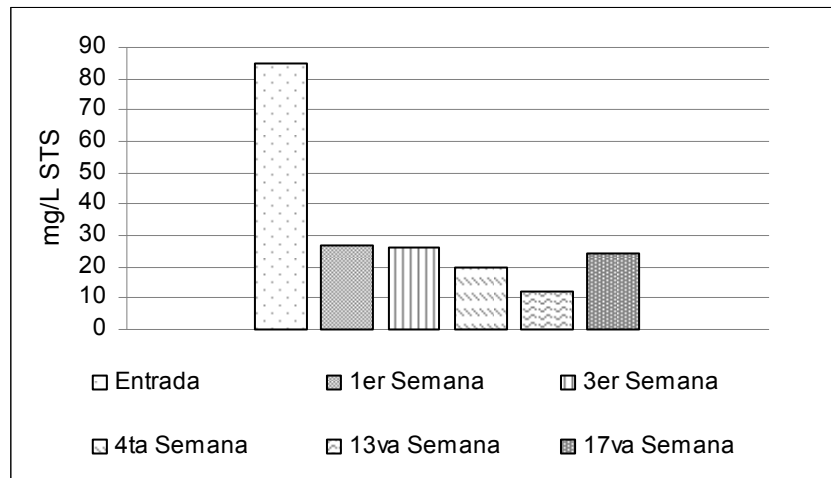


Figura 6.- Sólidos totales en suspensión (STS) en el afluente (entrada) y efluente del humedal a la 1^{er}, 3^{er}, 4^{ta}, 13^{va} y 17^{va} semana de la puesta en marcha del humedal

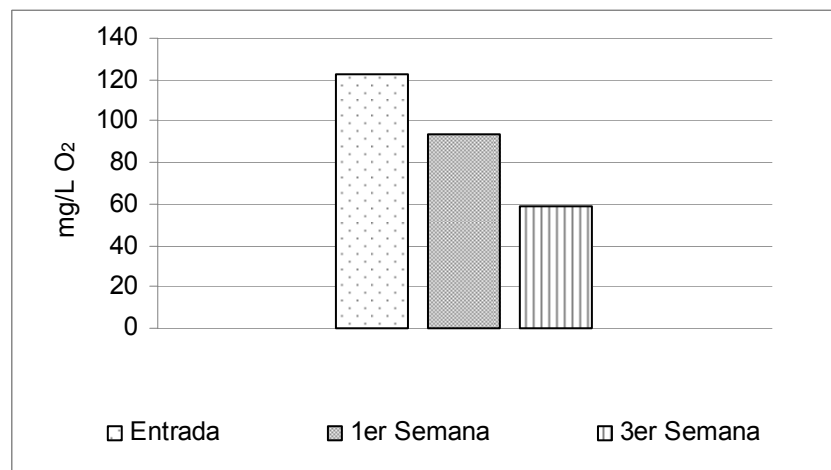


Figura 7.- DBO₅ en el afluente (entrada) y efluente del humedal a la 1^{er} y 3^{er} semana de la puesta en marcha del humedal

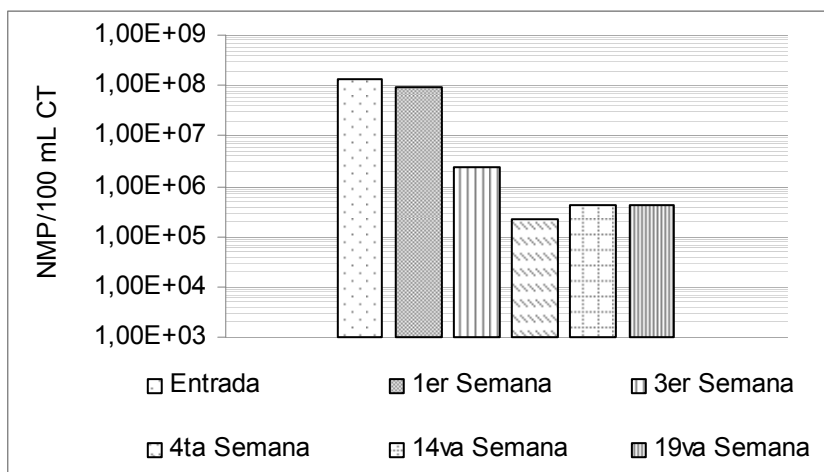


Figura 8.- Coliformes Totales (CT) en el afluente (entrada) y efluente del humedal a la 1^{er}, 3^{er}, 4^{ta}, 14^{va} y 19^{va} semana de la puesta en marcha del humedal

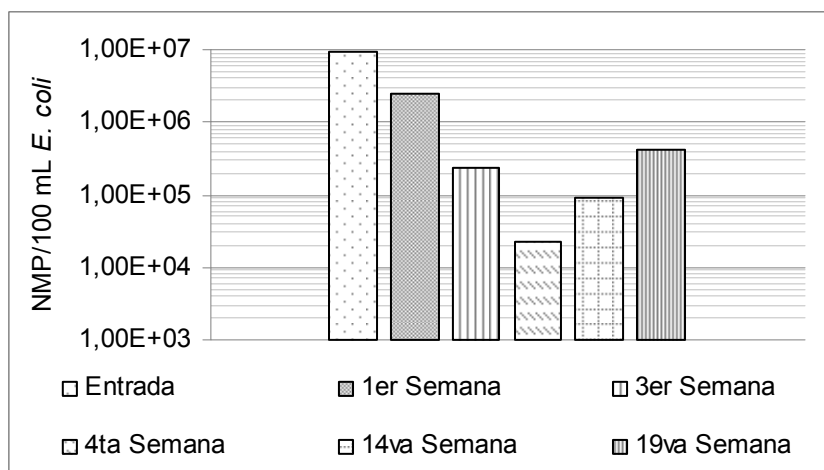


Figura 9.- *Escherichia coli* en el afluente (entrada) y efluente del humedal a la 1^{er}, 3^{er}, 4^{ta}, 14^{va} y 19^{va} semana de la puesta en marcha del humedal

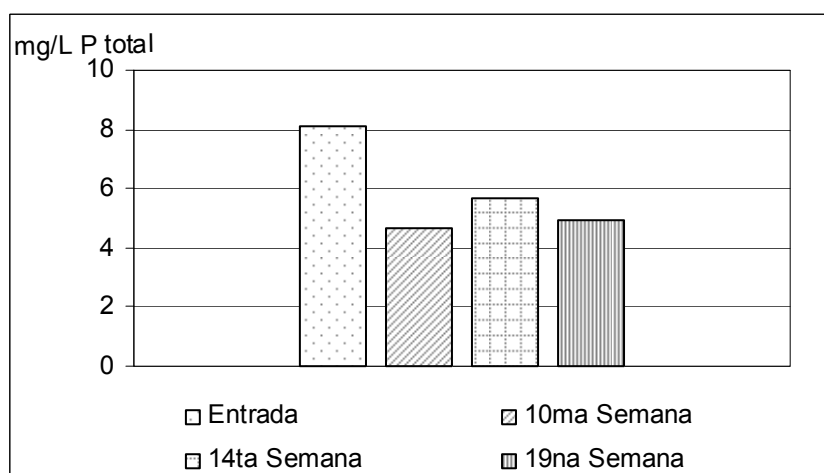


Figura 10.- Fósforo total en el afluente (entrada) y efluente del humedal a la 10^{ma}, 14^{va} y 19^{va} semana de la puesta en marcha del humedal

Los resultados muestran que, habiendo transcurrido cuatro semanas desde la puesta en marcha del humedal, todos los parámetros medidos tuvieron una importante reducción, considerando la simpleza del sistema natural. En la cuarta semana se observaron los valores más bajos de CT y *E. coli* debido probablemente a la dilución del efluente por la lluvia.

Verificación de la calidad del efluente para riego, según la normativa vigente

En la Figura 11 se observa que el efluente cumple con los límites máximos admisibles establecidos por el Decreto Provincial 415/99 (DIPAS, 1999) para calidad de agua residual para riego agrícola en casi todos los parámetros analizados, a excepción de la DBO₅, los bicarbonatos y el carbonato de sodio residual (CSR). Este último es de poca importancia si el riego se limita a dos o tres veces por semana.

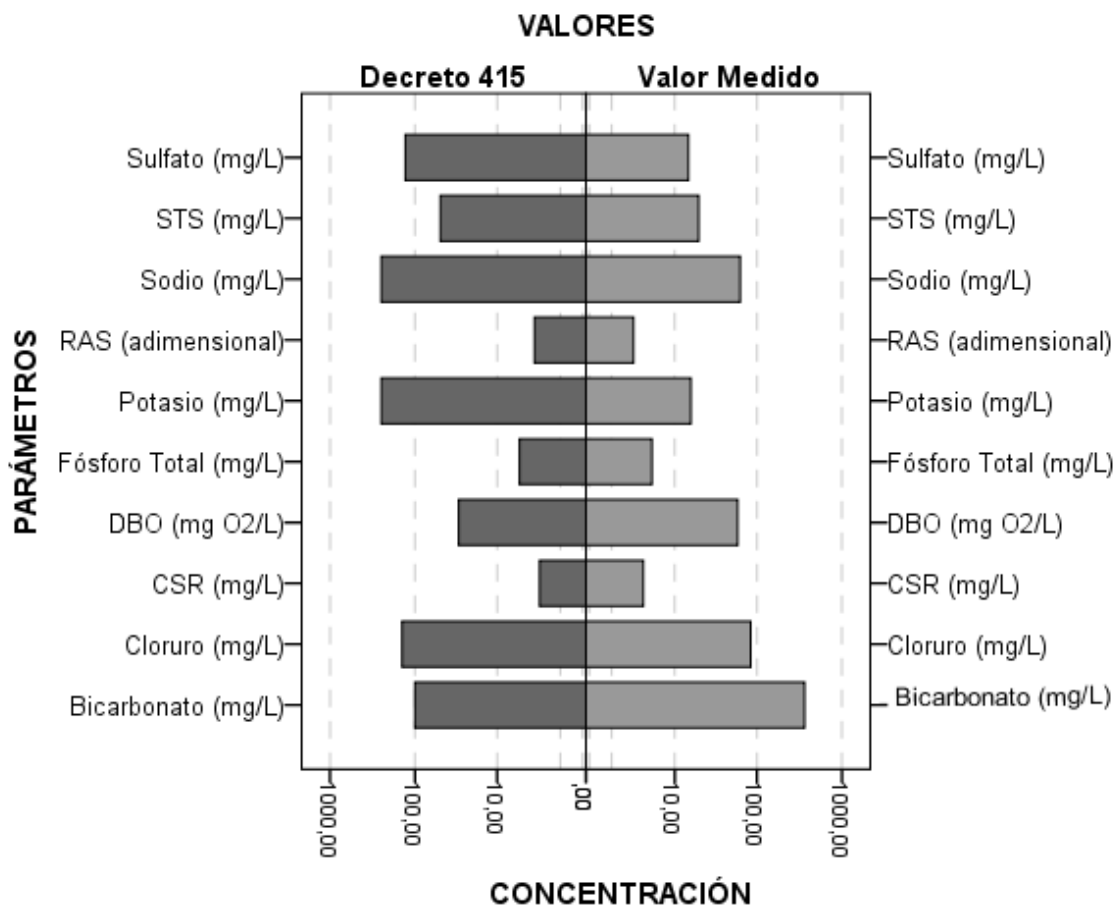


Figura 11.- Características físico-químicas del efluente usado para riego (RAS: Relación de absorción de sodio; CRS: Carbonato de sodio residual)

En lo que respecta a la concentración de nemátodos, tanto en el afluente como en el efluente del humedal, la misma fue menor o igual a 1 huevo de *Ascaris*, *Trichuris*, *Anquilostomas* por litro. Los valores del efluente indican que el mismo es apto para reutilizarlo como riego de espacios verdes. Esta es una característica muy importante para la sustentabilidad del recurso ya que permite el ahorro de agua, más aún en la localidad de

Potrero de Garay donde los jardines y parques de hogares y complejos turísticos tienen importantes dimensiones. Sin embargo, es necesario realizar una cloración al agua tratada con el fin de disminuir la bacteriología y el riesgo de transmisión de enfermedades.

Cálculo de las dimensiones del terreno de infiltración

Según la carta de suelo del Departamento Santa María, Potrero de Garay tiene un 90% de su territorio con suelos bien drenados, de franco limoso en superficie a franco en subsuelo y suaves pendientes naturales (del 1,1% al 3,5%). Esto hace que Potrero de Garay sea una localidad con altas probabilidades de adaptar este sistema natural, y que el mismo funcione adecuadamente.

Sin embargo, como la depuración del agua residual se completa mientras infiltra al subsuelo, no es adecuado usar este tipo de sistema en las cercanías del lago o de los ríos que atraviesan la localidad. De lo contrario, se podría aportar un contenido alto de nutrientes y microorganismos al embalse.

Para un consumo familiar tipo, se pueden excavar dos zanjas de 25 m de longitud y 50 cm de ancho cada una, o tres de 17 m, separados por una distancia de 2 m, dependiendo de la geometría del espacio físico. La profundidad es de 0,5 a 1 m. Dentro de la misma se coloca un caño de PVC de 100 mm perforado a lo largo. Se rellena 30 cm de la zanja con canto rodado de 2 a 5 cm, se coloca sobre este material una tela sintética y se cubre con tierra hasta la superficie. Finalmente se planta vegetación de raíces cortas (Mariñelarena, 2006; ENOHSA, 1993). Las dimensiones necesarias para este sistema se adecuan al tamaño promedio de los lotes en Potrero de Garay, permitiéndolo construir con comodidad.

Cálculo del volumen del bioreactor para la planta compacta de barros activados

Para el complejo Potrerillos, utilizando el modelo propuesto por Metcalf & Eddy (2003), se calculó un volumen de bioreactor de aproximadamente 36 m³, con un tiempo de residencia de 9 horas y un caudal de oxígeno de 1 kg/h para cumplir con los requisitos de degradación de materia orgánica. Para mayor detalle respecto al dimensionamiento, consultar Nadal, (2010).

Estimando un área superficial del sedimentador primario, siguiendo la metodología de Ramalho (1996), en aproximadamente 2 m² y un área superficial del sedimentador secundario en 4 m², y considerando una altura estándar de 2 m (altura estándar según varias firmas dedicadas a la construcción de plantas compactas), la planta ocupa un área superficial de 24 m², es decir, una pequeña fracción de espacio en lo que respecta al área total del country. Si bien se podría utilizar sistemas naturales de tratamiento, este sector posee más oportunidades de control y mantenimiento de una planta compacta en relación a otros sectores de la localidad. Al tener un sistema centralizado de tratamiento de agua evitan las descargas difusas incontroladas al embalse. Además,

aprovechando que la zona serrana se dedica a la agricultura, el lodo derivado del tratamiento de aguas domésticas, que contiene macronutrientes, principalmente N y P, y variable cantidad de micronutrientes como B, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn, puede ser utilizado como fertilizante y mejorador de suelo, previa estabilización y secado.

CONCLUSIONES

Para evitar que el embalse continúe con el proceso de deterioro, se propone que los hogares y cabañas de los barrios ubicados en el perilago y casas localizadas sobre los márgenes del río Los Espinillos adopten los HAFS como sistema de tratamiento *in-situ*. Estos sistemas mejoran la eficiencia en el tratamiento de aguas domésticas de la localidad y, además, el efluente del humedal puede ser utilizado para riego de espacios verdes, previa cloración. No obstante, debido a la carga bacteriana del efluente y por precaución, el mismo no se recomienda para riego de cultivos alimenticios.

Los barrios alejados del perilago del embalse pueden optar por terrenos de infiltración, pero si los suelos son pedregosos y se dificulta la excavación o su permeabilidad no es favorable, también podrían optar por los HAFS.

Al pasar el efluente doméstico por un tratamiento natural, el mismo puede ser descargado a pozos de absorción, infiltrándose así con una carga de nutrientes menor. En el transcurso de la infiltración, el suelo actúa como depurador permitiendo que el efluente llegue al embalse o cursos de agua correctamente tratado. Cabe aclarar que para esta alternativa es necesario contar con datos más precisos respecto a la estructura del suelo, capacidad de intercambio iónico, permeabilidad y altura del agua subterránea, con el fin de evitar su contaminación.

El country Potrerillo y algunos complejos turísticos son adecuados para la instalación de plantas compactas de tratamiento debido a que la adquisición y mantenimiento de las mismas no dependen de municipios o comunas sino que corren por cuenta del consorcio o propietarios. Dichas plantas tienen la ventaja de ocupar menor extensión de terreno que los sistemas naturales, y si bien se sabe *a priori* que su costo es mucho mayor, estos sectores podrían solventar los gastos. De esta manera, se pueden controlar más fácilmente el proceso de tratamiento para poder descargar un efluente correctamente depurado al embalse.

REFERENCIAS

- Agencia Córdoba D.A.C.yT.S.E.M. e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA (2003). “Recursos naturales de la provincia de Córdoba, Los suelos”, p 535.
- AA (Alianza por el Agua) & CNT (Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua) (2008). Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Ed. Monográficos Agua en Centroamérica. 261 p. España.

- APHA (American Public Health Association); AWWA (American Water Works Association); WEF (Water Environment Federation) (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th edition, Washington, D.C.
- Bazán, R.; Corral, M.; Pagot, M.; Rodríguez, A.; Oroná, C.; Rodríguez, M.I.; Larrosa, N.; Cossavella, A.; Del Olmo, S.; Bonfanti, E.; Busso, F. (2005). “Teledetección y modelado numérico para el análisis de la calidad de agua del embalse Los Molinos, Córdoba, Argentina”. *Revista “Ingeniería hidráulica en México”* Vol. XX, N° 2, p 121–135.
- DIPAS (Dirección Provincial de Agua y Saneamiento) (1999). “Normas para la protección de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la provincia de Córdoba – Decreto Provincial 415/99”.
- ENOHSA (Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento) (1993). *Norma Volumen VII*. p 17–70.
- EPA (Environmental Protection Agency) (2000). “Constructed wetlands treatment of municipal wastewaters”. www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r99010/625r99010.pdf.
- Giácoman, G.; Ponce, M.; Méndez, R. (2008). “Evaluación de parámetros integrales en la distribución del tiempo de residencia en modelos de humedales artificiales con flujo subsuperficial horizontal”. XXXI Congreso Interamericano AIDIS, Santiago, Chile.
- Lara Borrero, J. A. (1999). “Depuración de aguas residuales municipales con humedales artificiales”. Trabajo final. Master en Ingeniería y Gestión Ambiental. Instituto Catalán de Tecnología, Universidad de Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Levenspiel, O. (1998). “Ingeniería de las reacciones químicas”. 2da edición. Ed. Reverté, p 638.
- Life Water International. “Subsurface Absorption Systems”. www.lifewater.org/resources/san2/san2d1.pdf.
- Mariñelarena, A. (2006). “Manual de autoconstrucción de sistemas de tratamiento de aguas residuales domiciliarias”. 1^{ra} edición, p 72.
- Metclaf & Eddy (2003). “Waterwaste engineering: Treatment and reuse”. 4th Edition. Ed. McGraw Hill, p 1819.
- Molinero Rodríguez, A. (2008). “Impacto del turismo en la cuenca del embalse Los Molinos”. Tesina de Diplomatura de turismo. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Nadal, F. (2010). Propuestas de sistemas de remediación sanitaria para localidades serranas: Caso Potrero de Garay. Proyecto final integrador de grado. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.
- Ramalho, R. S. (1996). “Tratamiento de aguas residuales”. Ed Reverté S.A., p 705.
- Reed, S.; Miledlebrooks, J.; Crites, R. (1995). “Natural systems for waste management and treatment”. 2th edition. Ed. MacGraw Hill, p 433.