

Tratamiento *in situ* de aguas grises de origen doméstico para reuso en riego

In situ treatment of gray water of domestic origin for reuse in irrigation

ESPINO-VALDÉS, María Socorro*†, BELTRÁN-RAMÍREZ, Joel, VILLALBA, María de Lourdes y PINALES-MUNGUÍA, Adán

Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito Universitario Campus II, Chihuahua, Chih

ID 1^{er} Autor: *María Socorro, Espino-Valdeés/ ORC ID: 0000-0002-1232-2774, Researcher ID Thomson: X-3078-2018, CVU CONACYT ID: 202985*

ID 1^{er} Coautor: *Joel, Beltrán-Ramírez*

ID 2^{do} Coautor: *María de Lourdes, Villalba*

ID 3^{er} Coautor: *Adán, Pinales-Munguía*

Recibido 6 de Octubre, 2018; Aceptado 19 de Diciembre, 2018

Resumen

Se presentan los resultados de la operación de un sistema para tratamiento de las aguas grises de una casa habitación, a fin de otorgarles una calidad adecuada para su reutilización en riego. Se construyó un prototipo de tratamiento integrado por una trampa de grasas y un sistema de filtración empacado con material de granulometría variable. La operación del sistema se efectuó alimentando dicha agua hasta lograr condiciones estables, es decir, la obtención de un efluente sin grandes variaciones en los parámetros empleados para control de la eficiencia: pH, temperatura, turbiedad y conductividad eléctrica. Los resultados finales en el efluente mostraron 10 unidades de color (Pt-Co), menos de 10 unidades de turbiedad (UNT) y 20 mg de DBO₅/l, mostrando así eficiencias superiores al 90% en la disminución de dichos parámetros. Los detergentes, nitratos y materia orgánica (DQO) fueron removidos entre 80% y 90%; las grasas y sólidos suspendidos totales, entre 75% y 78%. El nitrógeno orgánico y amoniacal disminuyó en 50%. De acuerdo a la Conductividad Eléctrica y la RAS, el efluente del sistema presentó una calidad adecuada para su uso en riego.

Abstract

This paper presents the operation results of a system to treat domestic grey water, with the aim of giving it the quality required to be reused in irrigation. It was built a treatment prototype which is integrated by a trap fat and a filtration system packaged with variable grain size material. The operation of the system was carried out by feeding the grey water until achieving stable conditions, that is, obtaining an effluent without large variations in the parameters used for the treatment efficiency control: pH, temperature, turbidity and electrical conductivity. Final results in the effluent showed 10 color units (Pt-Co), less than 10 turbidity units (NTU) and 20 mg of BOD₅/L, showing like that higher than 90% efficiencies in the decrease in these parameters. Detergents, nitrates and organic matter (COD) were removed between 80% and 90%; fats and total suspended solids, between 75% and 78%. Organic nitrogen and ammonium decreased by 50%. According to the electrical conductivity and the SAR, the effluent of the system presented a suitable quality for use in irrigation.

Grey water, *in situ* treatment, Reuse in irrigation

Aguas grises, Tratamiento *in situ*, Reuso en riego

Citación: ESPINO-VALDÉS, María Socorro, BELTRÁN-RAMÍREZ, Joel, VILLALBA, María de Lourdes y PINALES-MUNGUÍA, Adán. Tratamiento *in situ* de aguas grises de origen doméstico para reuso en riego. Revista de Invención Técnica 2018. 2-8:27-32

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mespino@uach.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La demanda creciente de agua a nivel mundial a causa del incremento poblacional, los patrones de clima cambiante, así como la adopción de políticas no sustentables en el manejo de los recursos hídricos, han repercutido en los últimos años en el deterioro cuantitativo y cualitativo de las fuentes de agua disponibles para satisfacer las necesidades de todos los seres vivos en el planeta.

Entre los grandes retos que debe afrontar el sector hidráulico en México se encuentran la escasez y contaminación del agua (Jiménez, *et al.*, 2011). Los problemas de sobreexplotación del agua subterránea se han difundido ampliamente en el territorio nacional; nota de ello es el hecho de que de un total de 653 acuíferos existentes en el país, 104 se encuentran sobreexplotados, con la agravante de que son los que suministran cerca del 80% del volumen total de agua extraída del subsuelo (Chávez *et al.*, 2006).

La carencia de agua es más crítica en las regiones geográficas con climas secos, donde las precipitaciones anuales son muy limitadas. Es en estos lugares donde deben acentuarse los esfuerzos para obtener agua procedente de fuentes alternas a las comunes como son los lagos, presas y pozos. Entre las propuestas para solucionar los problemas de contaminación y escasez se encuentra el tratamiento de las aguas residuales y su reuso en forma sustentable técnica y económica (Jiménez, *et al.*, 2011).

La reutilización del agua como una opción viable para disminuir el uso del agua potable contempla, entre la vasta gama de posibilidades, el reuso de las aguas grises procedentes de los sistemas de descarga domiciliarios. Existe un creciente reconocimiento internacional de que esta práctica, si se realiza en la forma correcta, tiene un gran potencial como fuente de agua alternativa para fines como el riego, los inodoros y otros usos (SFITZ, 2005).

Justificación

La distribución espacial de la precipitación en la república Mexicana es muy contrastante, como se aprecia al comparar la precipitación pluvial del estado de Tabasco, que alcanza 2,095 mm al año, con la del estado de Chihuahua, con menos de 500 mm anuales (Jiménez, *et al.*, 2011).

Por otra parte, de acuerdo al REPDA (Registro Público de Derechos de Agua), el estado de Chihuahua es una de las 11 entidades que federativas concentran el 67% de la extracción total de agua subterránea en el país; de ésta el 48% es utilizada para uso agrícola y 16% para abastecimiento público (CONAGUA, 2008).

Como se observa, a causa de la reducida precipitación pluvial y las grandes extracciones de agua subterránea, el estado de Chihuahua se cuenta entre los que sufren mayores afectaciones a causa de la escasez de agua (CONAGUA, 2008).

La crisis hidrológica que se presenta en muchos estados de la república Mexicana, y en particular en las zonas críticas como el estado de Chihuahua, requiere de acciones encaminadas a disminuir la contaminación y contrarrestar los efectos de la escasez. Este fenómeno ha provocado en los últimos años un problema de distribución horaria irregular y reducción del suministro de agua en los domicilios de varias localidades del estado, lo que, en ocasiones resulta en una dotación insuficiente para los usuarios chihuahuenses.

Ante este escenario, la posibilidad de incrementar la disponibilidad de agua en los hogares como consecuencia del ahorro de agua potable derivado del tratamiento y reuso de las aguas grises en riego se plantea como una alternativa viable que sustenta la hipótesis que se presenta a continuación.

Hipótesis

Es posible obtener agua con calidad adecuada para su uso en riego a partir del tratamiento *in situ* de las aguas grises generadas en una casa habitación.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un sistema de tratamiento *in situ* de las aguas grises generadas en una casa habitación, con fines de reuso en riego.

Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas grises que permita mejorar la calidad del agua para su reuso en actividades agrícolas.
- Construir un prototipo para el tratamiento de aguas grises a nivel domiciliario.
- Operar el sistema de tratamiento de aguas grises en un domicilio particular midiendo la eficiencia de su funcionamiento mediante la caracterización del agua de entrada (afluente) y de salida del mismo (efluente).
- Cuantificar la eficiencia del proceso empleando los siguientes parámetros: pH, temperatura, turbiedad, sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, grasas y aceites, detergentes y nitrógenos orgánico y amoniacal.

Marco Teórico

Las aguas grises son las aguas residuales provenientes del uso doméstico, exceptuando las de sanitarios y cocina.

Después de someterse a un tratamiento adecuado, las aguas grises pueden ser aprovechadas en riego de jardines y algunas especies frutales. Los nutrientes como fósforo y nitrógeno que están presentes en ellas resultan un recurso excelente para la fertilización de dichas plantas (SET).

La reutilización de las aguas grises tratadas representan varias ventajas como: a) ahorro de agua potable, con la consecuente disminución en el volumen y costo del suministro, b) reducción de la cantidad de aguas residuales descargadas al sistema de alcantarillado, c) reducción de los requerimientos de energía y reactivos químicos empleados para tratar las aguas residuales, d) reducir la dependencia de las aguas importadas y e) protección de las cuencas hidrológicas (SET).

Entre los posibles usos de las aguas grises tratadas se cuentan: lavado de sanitarios, riego de céspedes en campos deportivos y jardines domésticos, lavado de vehículos, producción de concreto, uso en algunas especies agrícolas, etc. (SFITZ, 2005).

En cuanto a su composición, las aguas grises contienen menores cantidades de materia orgánica, nitrógeno y coliformes que las aguas residuales. Gracias a que no incluyen a los residuos líquidos provenientes de las cocinas, su contenido de grasas y aceites también es menor. Poseen mayor concentración de fósforo debido a la constitución de los detergentes. Este elemento, junto con el nitrógeno presente, resultan nutrientes muy útiles al aplicarse en el riego (Shneider, 2009). En cuanto al contenido salino, suele ser alto a causa de las sales presentes en los detergentes. Los cationes que son de interés son el calcio, el magnesio, el sodio y el potasio. De estos cuatro, el sodio y el calcio son de particular interés ya que tienen una influencia significativa sobre la posibilidad de que la aplicación de esta agua cause problemas estructurales en el suelo por exceso de alcalinización (Shneider, 2009). Entre los principales métodos aplicados para el tratamiento de las aguas grises destacan los siguientes (TGT):

- 1) *Asentamiento y flotación*: se basa en el uso de un tanque de sedimentación para separar mediante la acción de la gravedad los sólidos con mayor densidad que el agua. La grasa, aceites y otras partículas pequeñas flotan formando una capa superficial. Otra ventaja de un tanque de sedimentación es que permite que el agua caliente se enfríe antes de reutilizarla.

- 2) *Tratamiento por filtración:* Implica el paso del agua gris a través de filtros lentos de arena, o filtros multimedia, empacados con una amplia variedad de medios que aumentan el tamaño de partícula filtrante, de arriba a abajo.
- 3) *Tratamiento por desinfección:* este método sólo se debe aplicar cuando se ha realizado previamente un tratamiento biológico. La desinfección puede realizarse mediante la adición de cloro, rayos ultravioleta u ozono. De los tres métodos, el más común es la cloración mediante el uso de tabletas de cloro.

Metodología de Investigación

a) Selección del sistema de tratamiento

En forma posterior a la revisión bibliográfica relativa a los prototipos de tratamiento de aguas grises existentes, se seleccionaron los siguientes componentes:

- trampa de grasas
- sistema de dosificación
- medio de soporte para material filtrante
- material filtrante
- sistema de drenado de líquido tratado

b) Descripción del sistema de tratamiento

Para la primera etapa del proceso se utilizó un depósito de 200 litros implementado con una rejilla para remover partículas mayores a 2 mm y las grasas suspendidas en el mismo. Se instaló una tubería de descarga con la finalidad de conducir a la red de drenaje municipal los excedentes de agua gris. (Ver figura 1).

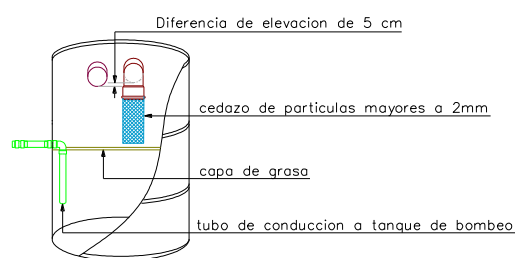


Figura 1 Tanque de captación y trampa de grasas

El depósito fue equipado con un electronivel y una bomba dosificadora que se activa cada vez que se acumulan 60 litros de agua gris del afluente, mismos que son enviados al sistema de filtración. Éste consiste en 6 celdas construidas con ladrillo rojo impermeabilizado con una capa de plástico para evitar infiltraciones en el subsuelo. El material filtrante empacado consta de granulometría variable entre 1" y tamaño de malla No. 40 (figuras 2 y 3).

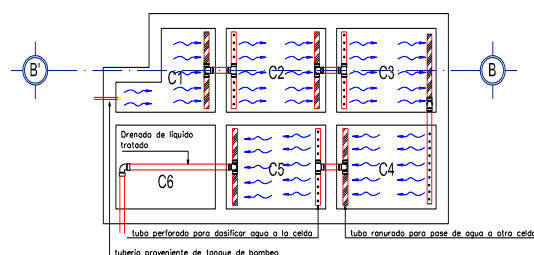


Figura 2 Vista de planta del sistema de filtración

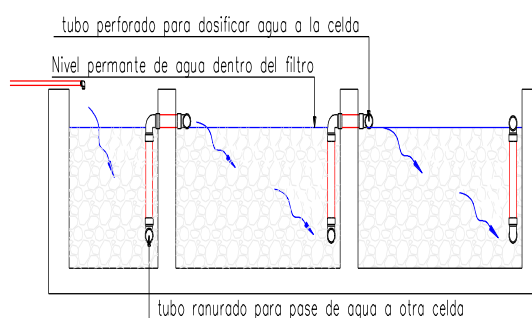


Figura 3 Vista de perfil (corte B-B') del sistema de filtración

c) Procedimiento experimental

La metodología empleada para el desarrollo del estudio se dividió en las siguientes etapas:

- Puesta en marcha del sistema de tratamiento: se efectuó una vez realizadas las conexiones requeridas, activando el sistema de bombeo para el llenado de las celdas del filtro. El proceso transcurrió en un lapso de 2 días.
- Operación en etapa de estabilización: se efectuó durante 10 días consecutivos al cabo de los cuales se comprobó la regularidad en los valores de los parámetros de control empleados.

- Operación en estado estacionario: se trabajó en la colección de muestras diarias durante todo el mes de junio, efectuando mediciones de caudal de entrada y análisis de pH, temperatura, turbiedad y conductividad eléctrica tanto en el afluente como en el efluente del sistema.

Resultados

En la Tabla 1 se muestran los resultados de los parámetros representativos de la calidad de agua de la entrada y salida del sistema.

En la tabla se observan valores de pH en el efluente similares o en el mismo intervalo que para el afluente, como ocurre en los procesos biológicos de tratamiento. De hecho se observa el cambio del carácter ligeramente alcalino del afluente debido a los detergentes, a valores cercanos a la neutralidad en el efluente.

Parámetro	AFLUENTE (agua gris)	EFLUENTE	% de remoción
pH	8.28	7.9	- ²
Color verdadero (U. Pt-Co)	140	6.25	95.5
Turbiedad (UTN)	130.5	2.66	98
Conductividad Eléctrica (mmhos/cm)	594.5	571	-
Demanda Química de Oxígeno (mg/l)	464.75 ²	72.5	84.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	261.25 ²	20.8	92
Grasas y Aceites (mg/l)	30 ²	8	73.3
Detergentes (mg/l)	10.61 ²	2.11	80.1
Nitratos (mg/l)	31.98 ²	7.37 ²	77
Nitrógeno Orgánico (mg/l)	7.28 ²	3.64 ²	50
Nitrógeno Amoniacal (mg/l)	12.88 ²	5.88 ²	54.3
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	73.33 ²	14.67 ²	80

Tabla 1 Resultados finales del sistema de tratamiento *in situ* de aguas grises

Por otro lado se corroboran los valores bajos de turbiedad obtenidos diariamente en el efluente durante el mes de junio. A este respecto se observa la drástica disminución de los parámetros color y turbiedad desde valores de 140 y 130 respectivamente hasta menos de 10 en las unidades correspondientes (más de 95 % en la remoción), indicando con esto una alta eficiencia en la disminución de los sólidos suspendidos, mismos que en promedio se redujeron de 73 a 15 mg/l (80 % de remoción).

Las Demandas Química y Bioquímica de Oxígeno, así como las grasas y aceites, detergentes y sólidos suspendidos se presentan en valores comparables con los obtenidos mediante tratamientos primarios y primarios avanzados e incluso en algunos procesos biológicos secundarios de sistemas convencionales de tratamientos de aguas residuales. A este respecto, se deduce la posible formación de una película biológica en la superficie del medio filtrante, misma que se supone está formada por una comunidad heterogénea de microorganismos degradadores cuyo metabolismo se lleva a cabo en un ambiente de bajos niveles de oxígeno disuelto.

Las concentraciones de nitrógeno orgánico y amoniacal del afluente se reducen en un porcentaje aproximado del 50% indicando el aprovechamiento de este elemento como nutriente esencial en el proceso degradativo de materia orgánica observado en las reducciones de DQO y DBO comentadas anteriormente. En el caso de los nitratos, el descenso de 32 mg/l a 7 mg/l nos indica la posible presencia de bacterias desnitrificantes que en ausencia de oxígeno, y con bajas concentraciones de carbono orgánico, reducen el nitrato a nitrógeno gaseoso. En cuanto a los detergentes, la reducción de 11 mg/l a 2 mg/l, aproximadamente, confirma la existencia de microorganismos que utilizan también estos compuestos como fuente de carbono y energía en el metabolismo degradativo de la materia orgánica.

Conclusiones

- Los resultados obtenidos en el sistema de tratamiento *in situ* de las aguas grises de una casa habitación demuestran la obtención de un tipo de agua con el que se pueden realizar tareas que no demandan calidad potable, como puede ser el riego de áreas verdes.
- La disminución en la materia orgánica, nitrógeno y detergentes mediante el sistema de tratamiento probado se explica en relación a la formación de una película biológica en la superficie del medio filtrante, integrada por una población heterogénea de microorganismos degradadores que utilizan una variedad de compuestos orgánicos presentes como fuente de carbono y energía para su crecimiento y supervivencia.

- El tema del manejo sustentable de las aguas grises está ganando cada vez más importancia, especialmente en los países en desarrollo, donde la gestión inadecuada de las aguas residuales es una de las causas más importantes de contaminación ambiental y producción de enfermedades.

Referencias

GA. About Greywater Reuse. *Greywater action for a sustainable water culture*. <https://greywateraction.org/greywater-reuse/>

Chávez, R., F. Lara y R. Sención (2006). “El agua subterránea en México: condición actual y retos para un manejo sostenible”, *Boletín Geológico y Minero*, 117 (1): 115-126

CNA. (2008). Comisión Nacional del Agua. *Estadísticas del Agua en México*. México, D.F. www.gob.mx/conagua ; smn.cna.gob.mx

Jiménez, B., Torregrosa, M. L. Aboites, L (2011). *El agua en México: cauces y encauces*. Los retos del agua. www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/.../elaguaenmexico-caucesyencauces.pdf