

José Rafael Rodríguez

Evaluación de un biofiltro para la depuración de aguas residuales domésticas con fines de riego

Evaluation of a biofilter for the treatment of domestic wastewater for irrigation purposes

José Rafael Rodríguez
herbariocoro@gmail.com
Universidad Politécnica Territorial Alonso Gamero, Falcón,
Venezuela

Recibido: 02 de abril de 2020
Revisado: 20 de mayo de 2020
Aprobado: 15 de junio de 2020
Publicado: 01 de julio de 2020

José Rafael Rodríguez

RESUMEN

La presente investigación asumió como objetivo general evaluar el funcionamiento de un biofiltro para la depuración de aguas residuales domésticas con fines de riego. Este estudio se efectuó en un lapso de 12 semanas, comprendiendo las etapas muestreo y análisis respectivos. El sistema está compuesto por tres etapas importantes como lo son: la trampa, el biofiltro y la laguna, todas elaboradas con recursos de la zona, bloques de tierra comprimida, mezcla suelo-cemento, grava, piedra y arcillo de zonas circundantes. Se determinaron los parámetros físico-químicos, temperatura, conductividad eléctrica, color, turbidez, sólidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sulfatos, fosfato, nitrógeno orgánico). Se desarrolló en el occidente del Estado Falcón, en el sector denominado El Rosario entrada comunidad Barranco Blanco municipio Urumaco. Se pudo establecer que el sistema de biofiltro es eficaz para la remoción de materia orgánica y nutriente (nitrógeno y fósforo) en efluentes que tratan aguas residuales.

Palabras Clave: Depuración del agua; ingeniería ambiental; riego. (Tesoro UNESCO).

ABSTRACT

The general objective of this research was to evaluate the performance of a biofilter for the treatment of domestic wastewater for irrigation purposes. This study was carried out over a period of 12 weeks, including the respective sampling and analysis stages. The system is composed of three important stages: the trap, the biofilter and the lagoon, all made with local resources, compressed earth blocks, soil-cement mixture, gravel, stone and clay from surrounding areas. Physicochemical parameters (temperature, electrical conductivity, color, turbidity, total solids, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, sulfates, phosphate, organic nitrogen) were determined. It was carried out in the western part of Falcón State, in the sector called El Rosario, entrance to the Barranco Blanco community in the municipality of Urumaco. It was established that the biofilter system is effective for the removal of organic matter and nutrients (nitrogen and phosphorus) in effluents that treat wastewater.

Keywords: Water purification; environmental engineering; irrigation. (UNESCO Thesaurus).

José Rafael Rodríguez

INTRODUCCIÓN

La utilización de plantas acuáticas en la actualidad ha sido desarrollada como un tratamiento secundario o terciario alternativo de aguas residuales (Celis et al., 2005), este tipo de tratamiento ha demostrado ser eficiente en la remoción de una amplia gama de sustancias orgánicas, así como nutrientes y metales pesados. La depuración de aguas residuales es una necesidad imperiosa de la sociedad moderna debido al peligro de contaminación que representan. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad de depuración de un biofiltro domiciliario y determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica de este efluente ubicado en el sector el Rosario, del Municipio Urumaco del Estado Falcón, mediante la aplicación de métodos normalizados. Considerando que esta investigación es de tipo descriptiva, su misión fue observar y cuantificar la modificación de una o de más características en un grupo, sin establecer relaciones entre ellas, es decir cada característica o variable se analizaron de forma autónoma o independiente, en el cual se aplica una metodología cumpliendo con una serie de pasos, para el desarrollo de esta investigación se realizó una visita de campo al sitio de muestreo ubicado en el municipio Urumaco con el cual se determinó el número de muestras por medio de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.

En el municipio Urumaco del Estado Falcón, específicamente en la población de Barranco Blanco, sector El Rosario las casas de sus pobladores se encuentran distantes unas de otras y la mayoría de ellas no poseen un adecuado sistema sanitario para las aguas servidas, unas cuentan con pozos sépticos, letrinas secas y otras ningún tipo de sistema para el tratamiento de las aguas residuales, es por ello que hoy en día resulta de vital importancia el control de calidad en este tipo de aguas porque estas pueden ser reutilizadas para el riego de áreas verdes tanto para ganadería caprina o aseo de sus instalaciones, así como también para la agricultura local.

En este sentido, los sistemas de humedales artificiales se han catalogado como sistemas efectivos para el tratamiento de aguas residuales, y estos a su vez pueden ser ampliamente usados en comunidades pequeñas e incluso aisladas debido a la sencillez

José Rafael Rodríguez

en su operación y mantenimiento y por ende a sus bajos costos operacionales (USEPA, 1998). En la mayoría de los casos, los humedales son construidos con materiales locales con el objeto de reducir significativamente sus costos de construcción (Zurita et al., 2009). Por otra parte, para conocer si un sistema de tratamiento es conveniente se debe estar al tanto de la caracterización de las aguas residuales domésticas, y para ello se suele expresar como la carga por habitante. Considerando la escasa experiencia en Venezuela en el uso de humedales artificiales o tecnologías de este tipo en el Estado Falcón para el tratamiento de aguas residuales, el desarrollo de la presente investigación estuvo orientado a evaluar el funcionamiento de esta tecnología bajo las condiciones ambientales propias de nuestra geografía, empleando especies vegetales locales, contribuyendo a la generación de conocimiento en el manejo y funcionamiento de estos sistemas de tratamiento así como su adaptación a nuestro contexto para su aplicación en aguas residuales.

En este sentido la presente investigación tiene como objetivo evaluar el funcionamiento de un biofiltro para la depuración de aguas residuales domésticas con fines de riego.

DESARROLLO

En la actualidad, uno de los mayores problemas en las zonas rurales es la disposición final de las aguas residuales producidas como consecuencia de la actividad humana cotidiana: baños, cocina, del lavado de ropa, entre otros. Considerando la escasa experiencia en Falcón en el uso de humedales artificiales o tecnologías de este tipo para el tratamiento de aguas residuales, el desarrollo de la presente investigación estuvo orientado a evaluar el funcionamiento de esta tecnología bajo las condiciones ambientales propias de nuestra geografía, empleando especies vegetales locales, usando Pato de agua, lirio de agua (*Eichornia crassipes*) y Enea (*Typha dominguensis*), contribuyendo a la generación de conocimiento en el manejo y gestión de estos sistemas de tratamiento así como su adaptación a nuestro contexto.

José Rafael Rodríguez

El sistema está compuesto por: la trampa, el biofiltro y la laguna, todas elaboradas con recursos de la zona, bloques de tierra comprimida, mezcla suelo-cemento, grava, piedra y arrocillo de zonas circundantes, y es alimentado por las aguas de la Casa de La Ciencia y familia Sánchez. La depuración de aguas residuales es una necesidad imperiosa de la sociedad moderna debido al peligro de contaminación que significa esta agua. Sin embargo, los métodos convencionales para su tratamiento son impracticables para los países menos desarrollados, debido a sus altos costos de operación y mantenimiento, de aquí surge la necesidad de buscar métodos de bajo costo y que las personas e instituciones se aboquen a escudriñar en las diferentes tecnologías

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de la investigación

Este estudio se efectuó en un lapso de 12 semanas, comprendiendo las etapas muestreo y análisis respectivos. El sistema está compuesto por tres etapas importantes como lo son: la trampa, el biofiltro y la laguna, todas elaboradas con recursos de la zona, bloques de tierra comprimida, mezcla suelo-cemento, grava, piedra y arrocillo de zonas circundantes.

Se determinaron los parámetros físico-químicos (pH, temperatura, conductividad eléctrica (CE), color, turbidez, sólidos totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sulfatos, fosfato, nitrógeno orgánico), también fueron objetos de determinación los parámetros bacteriológicos (Coliformes totales y fecales) mediante el método de tubos múltiples de fermentación COVENIN 1104. Se analizaron las muestras siguiendo los métodos normalizados APHA, AWWA, WPCF, USEPA y COVENIN según el parámetro. En el sitio se determinó la temperatura, pH y CE y otros en el Laboratorio de Química, Suelo y Agua del Departamento de Académico de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Politécnica Territorial “Alonso Gamero” (UPTAG): sulfatos, color, sólidos totales. Los análisis bacteriológicos: coliformes totales y fecales se llevaron a cabo en el laboratorio de aguas de Hidrofalcón C.A.

José Rafael Rodríguez

Se procedió a calcular la concentración de los diferentes parámetros, además se realizó la validación empleando métodos estadísticos para determinar la media, desviación estándar y coeficiente de varianza, así como también el porcentaje de remoción. Realizándose la respectiva discusión entre ellos para presentar algunas recomendaciones y propuestas para llevar a cabo la consolidación de esta investigación, previo a la validación estadística de los resultados obtenidos en los análisis. Una vez validados los resultados se procedió a la comparación de los valores obtenidos con los establecidos en la Gaceta de la República de Venezuela Sección III Artículo 10 Decreto 883 del año 1995, y así verificar que estos se encontraban dentro de los límites planteados en esta normativa. Esta última etapa consistió en cotejar los resultados que se obtuvieron con valores estándares para dar las recomendaciones pertinentes.

Área Geográfica

Se ubica en el occidente del Estado Falcón a una hora de la capital Coro con coordenadas geográficas 11° 12' 40"N y 70°13'19"E en el sector denominado El Rosario entrada comunidad Barranco Blanco municipio Urumaco, a 129 msnm, y una temperatura promedio de 37 ° C, régimen xerico, árido y semiárido.

Técnica Diagnostica

Los sistemas naturales como mecanismos de depuración se han adaptado a condiciones adversas, tienen la capacidad de remover los excesos de nutrientes y contaminantes para crecer y establecerse, en este caso las plantas del biofiltro y laguna son componentes que contribuyen a la disminución de los excedentes. Para ello se utilizó la formula siguiente, para cada uno de los parámetros determinados: $\% R = (1 - \text{efluente/influente}) \times 100$

Donde R es el porcentaje de remoción.

José Rafael Rodríguez

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se reportaron cantidades por debajo del 40% para los parámetros estudiados, lo que implica la efectividad del biofiltro como sistema depurador de aguas residuales. En el caso de los cloruros se tiene una eficiencia positiva, aunque cumplen con los límites máximos establecidos para los usos en riego agrícola y urbano, los cuales son de 40 mg/l como promedio mensual y 60 mg/l como promedio diario, sin embargo, el porcentaje fue de 4,65 % y 2,78 mg/L el cual está por debajo de lo que indica la norma. La degradación del nitrógeno total alcanzó una remoción entre el 65 y 70%, y el valor obtenido fue del 26,02 % considerada aceptable para ser utilizada como riego. La eficiencia de remoción de sólidos totales disueltos STD, fue baja con un 1,70 %. El fósforo removido dio un valor de 33,33 % esperado, por lo cual la eficiencia obtenida se encuentra dentro del rango teórico. Los requerimientos de agua de los distintos sectores de la sociedad en cantidad, calidad, tiempo y espacio para propiciar el desarrollo económico y social, es una demanda cada vez mayor por parte de la misma. (Brito et al., 2016, p.502)

A continuación, se presenta algunos aportes teóricos que justifican la implementación de los biofiltros en las comunidades rurales.

Cuadro 1.
Aportes.

Autor	Desarrollo
Vera et al. (2010).	Destaca la importancia de la siguiente manera: Los humedales construidos son sistemas de depuración cuyos componentes principales son el sustrato, la vegetación y el agua, que se caracterizan por su simplicidad de operación, un bajo o nulo consumo energético, una baja producción de residuos, un bajo impacto ambiental auditivo y una buena integración al medio

José Rafael Rodríguez

	<p>ambiente. El empleo de esta tecnología ha sido muy difundido en gran parte de Latinoamérica países como México, Chile, Colombia y Brasil la han implementado en el tratamiento de Aguas residuales urbanas. (p.2)</p>
<p>Garzón Zúñiga, González Zurita y García Barrios (2016).</p>	<p>La biofiltración es un proceso de filtración biológica lenta por percolación sobre materiales orgánicos (por ejemplo, residuos de poda) que actúan como un carbón activado que retiene contaminantes por adsorción, pero además, sobre este medio orgánico crece una biopelícula que permite la biodegradación (p.200).</p>
<p>Sierra Mesa (2006).</p>	<p>Los humedales artificiales, empezaron a ser utilizados como herramientas para el tratamiento de aguas residuales, una vez se encontró que estos podían ser construidos siguiendo el mismo principio de funcionamiento de los humedales naturales. (p.6)</p>
<p>Tapia F., y Villavicencio P. (2007).</p>	<p>Una alternativa conducente a disminuir el ingreso de contaminantes hacia los cursos de agua son los denominados biofiltros ecológicos o “buffer”, que corresponden a una asociación vegetal, conformada por especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, solas o en combinación. Las plantas se ubican en forma perpendicular al avance del agua de escorrentía y paralela al curso de agua donde se recibe el escurrimiento superficial de las áreas de cultivo. Un biofiltro también puede tener otros objetivos; por ejemplo, para la protección de riberas, para defender zonas susceptibles de inundación, establecer corredores de vida silvestre, reducir la temperatura de los cursos de agua y favorecer la proliferación de peces, aumentar la diversidad vegetal y</p>

José Rafael Rodríguez

	<p>embellecer el paisaje del área. Como se señaló, es posible utilizar árboles, arbustos o pastos, que tienen la propiedad de filtrar contaminantes difusos generados por la actividad agrícola, tales como nutrientes (nitrógeno y fósforo), sedimentos, residuos de plaguicidas y material orgánico, entre otros, que son arrastrados por la escorrentía superficial en los campos de cultivo. (p.18)</p>
Martelo y Lara Borrero (2012).	<p>Los tratamientos de aguas residuales que involucran macrofitas flotantes han demostrado ser eficientes en la remediación de aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias tóxicas como arsénico, zinc, cadmio, cobre, plomo, cromo, y mercurio. Su importancia radica en su aptitud para ser empleados en núcleos rurales debido a su bajo consumo de energía convencional y la practicidad en el montaje y operación de los sistemas de tratamiento. Existe evidencia de que las macrofitas pueden incluso, absorber sustancias radioactivas, como es el caso de la <i>Eleocharis dulcis</i>, en la cual se encontró que acumula grandes cantidades de uranio en sus raíces. (p.223)</p>

Elaboración: El autor.

La depuración de aguas residuales es una necesidad imperiosa de la sociedad moderna debido al peligro de contaminación que significa esta agua. Sin embargo, los métodos convencionales para su tratamiento son impracticables para los países menos desarrollados, debido a sus altos costos de operación y mantenimiento, de aquí surge la necesidad de buscar métodos de bajo costo y que las personas e instituciones se aboquen a escudriñar en las diferentes tecnologías.

José Rafael Rodríguez

CONCLUSIONES

Una vez obtenidos los resultados se concluye que los valores de concentración de los parámetros estudiados se encuentran dentro de los límites permisibles por la Gaceta Oficial N° 5021 de la República de Venezuela Decreto N° 883 del año 1995 las cuales no deben exceder la normativa legal vigente para aguas residuales. No se encontró la presencia de coliformes totales y fecales fue bajo las condiciones de operación impuestas durante el estudio, es apto para alcanzar remociones en carga superiores, sin embargo las obtenidas fueron bajas por debajo del 40%.

Se pudo establecer que el sistema de biofiltro es eficaz para la remoción de materia orgánica y nutrientes (nitrógeno y fósforo) en efluentes que tratan aguas residuales domésticas; sin embargo, el sistema experimental es ineficiente en lo que compete a remoción de contaminación fecal, ya que la concentración de coliformes totales y fecales permaneció igual al paso de los días, causado por la no utilización de las unidades sanitarias.

Se requiere un constante seguimiento porque son sistemas flexibles y susceptibles al caudal de agua que ingrese y las condiciones climáticas, la biomasa vegetal actúa como aislante de sedimentos lo que asegura el intercambio microbiano y la formación de nutrientes para las plantas.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTOS

Al sector el Rosario, del Municipio Urumaco del Estado Falcón; por el apoyo en el desarrollo de la investigación.

José Rafael Rodríguez

REFERENCIAS

- Brito, D., Rivero, J., Guevara, M., Vásquez, F., Díaz, B., y Gil, J. (2016). Análisis físico-químico y microbiológico de la Laguna Grande, parroquia La Pica, Maturín - estado Monagas, Venezuela. [Physical-chemical and microbiological analysis of Laguna Grande, Parroquia La Pica, Maturín - Monagas state, Venezuela] *Saber*, 28(3), 502-510. Recuperado de: <https://n9.cl/swwhf>
- Celis J., Junod J, Sandoval M. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. [Recent applications of wastewater treatment with aquatic plants] *Theoría*. Recuperado de: <https://n9.cl/w6gnx>
- Garzón Zúñiga, M., González Zurita, J., y García Barrios, R. (2016). Evaluación de un sistema de tratamiento doméstico para reúso de agua residual. [Evaluation of a domestic treatment system for wastewater reuse] *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(2), 199-211. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.02.06>
- Martelo J., y Lara B. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. [Floating macrophytes in wastewater treatment; a review of the state of the art] *Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221–243. Recuperado de: <https://n9.cl/4zvhe>
- Presidente de la República (1995) Decreto N° 883. Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. [Decree No. 883. Standards for the Classification and Quality Control of Water Bodies and Liquid Discharges or Effluents] Gaceta Oficial N° 5.021 Extraordinario del 18 de Diciembre de 1995. Recuperado de: <https://n9.cl/9i4pw>
- Sierra Mesa, J. (2006). Tratamiento y reutilización de aguas grises en proyectos de viviendas de interés social a partir de humedales artificiales. [Treatment and reuse of grey water in social housing projects from artificial wetlands.] Tesis de grado Magíster en Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de los Andes, Bogotá Colombia. Recuperado de: <https://n9.cl/hen84>
- Tapia F., Francisco y Villavicencio P., Abelardo (2007) Uso de biofiltros para mejorar la calidad del agua de riego. [Use of biofilters to improve irrigation water quality]. Santiago: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 170. Recuperado de: <https://n9.cl/qvh9m>

José Rafael Rodríguez

USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1998). Design Manual: Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment. EPA 625/1-88/022, 83 pp.

Vera, A., Andrade, C., Flores, E., Núñez, M., Cárdenas, C., y Morales, E. (2010). Remoción de nutrientes y materia orgánica en un humedal construido en función del desarrollo de la macrófita *Typha dominguensis* Pers. [Removal of nutrients and organic matter in a wetland built based on the development of the macrophyte *Typha dominguensis* Pers] Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, 33(2), 153-163. Recuperado de: <https://n9.cl/8qmu7>

Zurita, F.; De Anda, J. y Belmont, M. (2009). Treatment of domestic wastewater and production of commercial flowers in vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetlands. Ecological Engineering, 35 (5):861–869. Recuperado de: <https://n9.cl/31peg>