

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

## REDUCTION OF BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND IN WASTEWATER THROUGH LUMBIFILTRACIÓN

## REDUCCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO EN LAS AGUAS RESIDUALES MEDIANTE LUMBIFILTRACIÓN

Russel A. Lozada-Vilca<sup>1,2</sup>; Edson Ramos-Ninaja<sup>1</sup>; Rony M. Choqueneira-Ccama<sup>1</sup>;  
George Argota-Pérez <sup>2</sup> & José Iannacone<sup>3,4</sup>

- 
- 1 Universidad Peruana Unión (UPeU). Juliaca-Puno, Perú. lessurlv2@yahoo.es
  - 2 Centro de Investigaciones Avanzadas y formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI", Puno-Perú. george.argota@gmail.com
  - 3 Laboratorio de Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima-Perú.
  - 4 Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Lima-Perú; joseiannacone@gmail.com
- Author for correspondence: george.argota@gmail.com

### ABSTRACT

The purpose of study was to evaluate the reduction of biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) in wastewater through lumbifiltration. Under experimental conditions a lumbifiltration system with four strata was designed: sawdust, gravel, sand, and coal. BOD<sub>5</sub> was measured in a collector (320.3 mg·L<sup>-1</sup>) and lumbifiltration (121.8 mg·L<sup>-1</sup>) where the concentrations exceeded the limit established by the regulatory norm (D.S 004-2017-MINAM). According to the Student t-test, there were statistically significant differences (p<0.05) between the concentrations. It was concluded that the lumbrifiltration as unconventional treatment reduced the biodegradable organic matter in wastewater samples and where it is necessary to continue the optimization of the conditions in the vermicompost system to recognize its greater efficiency.

**Keywords:** BOD<sub>5</sub> – lumbrifiltration – removal – wastewater

## RESUMEN

El propósito del estudio fue evaluar la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en las aguas residuales mediante lombrifiltración. En condiciones experimentales se diseñó un sistema lombrifiltro con cuatro estratos: aserrín, grava, arena y carbón. Se midió la DBO<sub>5</sub> en un colector (320,3 mg·L<sup>-1</sup>) y en un lombrifiltro (121,8 mg·L<sup>-1</sup>) donde las concentraciones superaron el límite establecido por la norma reguladora peruana. Según la prueba t-Student existió diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre las concentraciones. Aunque no se cumplió lo recomendado, hubo una reducción aproximada del 40% bajo las condiciones experimentadas. Se concluyó que, la lombrifiltración como tratamiento no convencional redujo la materia orgánica biodegradable en las muestras de aguas residuales y donde requiere continuar la optimización de las condiciones en el sistema lombrifiltro para reconocer su mayor eficiencia.

**Palabras clave:** aguas residuales - DBO<sub>5</sub> - lombrifiltración - remoción

## INTRODUCCIÓN

La clasificación del agua puede ser consuntiva y no consuntiva. La primera refiere que, luego de ser utilizada, no regresa de forma inmediata a la corriente superficial o subterránea (ej.: las utilizadas en la agricultura y agropecuaria). En el caso de la segunda clasificación, se regresa el agua a los cuerpos hídricos con carácter obligatorio donde, no debe modificarse de forma significativa la calidad ambiental (Iza & Rovere, 2006). Diversos métodos son aplicados para eliminar agentes no deseados (cargas contaminantes) de los efluentes los cuales varían en tiempo ante sus flujos (Wu *et al.*, 2014; Ali *et al.*, 2016) siendo una de las mayores preocupaciones la presencia de partículas (Gaspéri *et al.*, 2009; Huber *et al.*, 2016), la formación que establece de complejos (Vymazal, 2005; Tuncsiper, 2007), los procesos de eutrofización que conducen a la disminución de oxígeno disuelto,

desaparición de la biota acuática (Meng *et al.*, 2014) y la presencia de agentes patógenos (Tuncsiper *et al.*, 2014). Sin embargo, entre los actuales desafíos está la eliminación de la materia orgánica biodegradable (Masrur, 2014; Geerdink *et al.*, 2017; Jie *et al.*, 2018) y para ello, el sistema de tratamiento debe mostrar su eficiencia (Zeng *et al.*, 2016; Romero, 2018), pudiendo compararse la calidad del agua, antes y después de su tratamiento (Kudlak *et al.*, 2016).

Entre los sistemas utilizados para el tratamiento de lodos, aguas residuales domésticas e industriales está la lombrifiltración (vermifiltración) el cual consiste en la introducción de lombrices en materiales adecuados para descomponer la materia orgánica (Tomar & Suthar, 2011; Arora *et al.*, 2016).

El propósito del estudio fue evaluar la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno en las aguas residuales mediante lombrifiltración.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la ciudad de Juliaca, Provincia de San Román – Departamento de Puno (UTM 381595

Este y 8288377 Norte) durante el 2018. Se diseñó un lombrifiltro con cuatro estratos a diferentes volúmenes (tabla 1).

**Tabla 1.** Estratos y volumen / lombrifiltro.

Orden	Estratos	Volumen (cm <sup>3</sup> )
1	Aserrín	27,170
2	Grava	12540
3	Arena	12540
4	Carbón	16720

Cada lombrifiltro fue recubierto por material de vidrio (18 x 18 x 55 cm) donde la separación fue a 50 cm (Fig. 1). Cada cubierta presentó seis orificios en su base con un diámetro de 1,5cm donde la distancia de separación fue de 12,5.



**Figura 1.** Recubierto de vidrio / lombrifiltro.

Se diseñó un sistema de goteo (52 x 32 cm.) donde presentó 12 agujeros separados a 3 cm. De distancia donde permitieran la circulación del agua (160ml/min) (Fi. 2).



**Figura 2.** Sistema de goteo / lombrifiltro.

Para la remoción de la materia orgánica biodegradable (DBO<sub>5,20</sub>) se utilizó en el sistema lombrifiltro a la especie *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) la cual se colocó en la parte superior para degradar la materia orgánica que sirve como fuente de alimento (Arango, 2004). En el Laboratorio B&C S.A.C. (Juliaca, Puno) se realizó el análisis por triplicado de la determinación de la DBO<sub>5,20</sub> (APHA, 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test). Para la comparación de los resultados se utilizó el Decreto Supremo Peruano 004-2017-MINAM (Categoría 3. Riego de vegetales y bebidas de animales,

subcategoría D1. Riesgo para vegetales, en su condición de agua para riesgo no restringido) (MINAM, 2017).

El análisis de los datos fue mediante el programa estadístico profesional Statgraphics Centurion versión XVIII donde determinaron estadígrafos de tendencia central (promedio), dispersión (varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, rango) y forma (sesgo estandarizado). Se aplicó la prueba t-Student para comparar la demanda bioquímica de oxígeno entre el colector y lombrifiltro considerándose significativos

los resultados cuando  $p < 0,05$ .

**Aspectos éticos:** Los autores declaran que se cumplió con toda la normatividad ética nacional e internacional.

## RESULTADOS

La tabla 2 muestra la concentración promedio de la  $DBO_{5,20}$  en el colector y lombrifiltro donde se encontró según la prueba t-Student, diferencias estadísticamente significativas ( $t = 103,82$ ;  $P = 5,1595E-8$ ) con un nivel de confianza del 95,0%

**Tabla 2.** Resumen estadísticos / concentración de la  $DBO_{5,20}$  ( $mg.L^{-1}$ ).

Estadígrafos	Colector	Lombrifiltro	Referencia	Remoción (%)
Réplica	3	3		
Promedio	320,3	128,1		
Varianza	9,37	0,91		
Desviación Estándar	3,06	0,95		
Coefficiente de Variación (%)	0,95	0,74		
Rango	6,1	1,9	15	40
Sesgo Estandarizado	0,31	0,33		

## DISCUSIÓN

No existe duda que, la medición sobre la  $DBO_{5,20}$  posibilita de forma inmediata valorar la calidad ambiental de las aguas (Zimin *et al.*, 2014; Jouanneau *et al.*, 2014). A pesar, que se observó un 40% de remoción en el sistema lombrifiltro, la concentración de la  $DBO_{5,20}$  aún, superó el valor permisible por la referencia ambiental utilizada lo cual indicó, permanencia de carga orgánica que pudo estar en forma biodegradable.

Treviño & Cortés (2016) indican

que, entre las principales limitaciones para la remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se encuentra el diseño del sistema de tratamiento y por ende; la operatividad. Ante los resultados hallados habría que valorar, mayor tiempo de retención del efluente, aumentar la biomasa de lombriz o considerar la presencia de agentes biológicos que actúen en sinergia para reducir la  $DBO_{5,20}$ . Romero (2018) señala que son importantes las mediciones sistemáticas sobre cualquier sistema de

tratamiento para valorar su rendimiento conjuntamente con el cumplimiento normativo regulatorio. La principal limitación del estudio fue inexistencia de tratamientos y réplicas para la comparación de los resultados permitiendo reconocer la optimización del sistema en la remoción de la materia orgánica biodegradable (Soto & Tohá, 1998).

Se concluyó que, la lumbrifiltración aplicado como sistema de tratamiento no convencional redujo la materia orgánica biodegradable en las muestras de aguas residuales y donde se requiere continuar la optimización de las condiciones en el sistema lombrifiltro para reconocer su mayor eficiencia.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Ali, M.M.; Ali, M.L.; Islam, M.S. & Rahman, M.Z. 2016. Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 5: 27–35.
- APHA (American Public Health Association). 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22nd ed. edited by Rice, E.W.; Baird, R.B.; Eaton, A.D. & Clesceri, L.S. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Environment Federation (WEF), Washington, D.C., USA.
- Arango, A. 2004. La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua. *Revista Lasallista de Investigación*, 1: 61–66.
- Arora, S.; Rajpal, A. & Kazmi, A. A. 2016. Antimicrobial activity of bacterial community for removal of pathogens during vermifiltration. *Journal of Environmental Engineering*, 142: 1–12.
- Gaspéri, J.,; Garnaud, S.; Rocher, V. & Moilleron, R. 2009. Priority pollutants in surface waters and settleable particles within a densely urbanised area: case study of Paris (France). *Science of the Total Environment*, 407: 2900–2908.
- Geerdink, R.B.; Sebastiaan, V.R. & Epema, O.J. 2017. Chemical oxygen demand: Historical perspectives and future challenges. *Analytica Chimica Acta*, 961: 1-11.
- Huber, M.; Welker, A. & Helmreich, B. 2016. Critical review of heavy metal pollution of traffic area runoff: occurrence, influencing factors, and partitioning. *Science of the Total Environment*, 541: 895–919.
- Iza, A.O. & Rovere, M. B. 2006. Gobernanza del agua en América del Sur: dimensión ambiental. *IUCN*, 53: 1–461.
- Jie, Z.J.; Kang, L. & Anderson, P.R. 2018. Predicting influent biochemical oxygen demand: Balancing energy demand and risk management. *Water Research*, 128: 304-313.
- Jouanneau, S.; Recoules, L.; Durand, M.J.; Boukabache, A.; Picot, V. Primault, Y.; Lakel, A.; Sengelin, M.; Barillon, B. & Thouand, G. 2014. Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD): A review. *Water research*, 49: 62–82.
- Kudłak, B.; Wiczerzak, M.; Yotova, G.; Tsakovski, S.; Simeonov, V. & Namiesnik,

- J. 2016. Environmental risk assessment of Polish wastewater treatment plant activity. *Chemosphere*, 160: 181–188.
- Masrur, A.A.A. 2014. Prediction of dissolved oxygen in Surma River 5 influenced by biochemical oxygen demand and chemical oxygen demand using the artificial neural networks (ANNs). *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 29: 1-8.
- Meng, P.; Pei, H.; Hu, W.; Shao, Y. & Li, Z. 2014. How to increase microbial degradation in constructed wetlands: influencing factors and improvement measures. *Bioresources Technology*, 157: 316-326.
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2017. Decreto Supremo Peruano 004. 2017. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Categoría 3. Riego de vegetales y bebidas de animales, subcategoría D1. Riesgo para vegetales, en su condición de agua para riesgo no restringido. Ministerio del Ambiente. República del Perú, 1-10.
- Romero, L.T.J. 2018. Actualización del estado de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39: 72–85.
- Soto, M.A. & Tohá, J. 1998. *Ecological Wastewater Treatment*. In: Congreso Internacional: WT98-Advanced Wastewater treatment. Recycling and Reuse Milano, Italia, 14: 1091 – 1094.
- Tomar, P. & Suthar, S. 2011. Urban wastewater treatment using vermibiofiltration system, *Desalination*, 282: 95–103.
- Treviño, C.A. & Cortés, M.F. 2016. Método de diseño reducido para lagunas de estabilización. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7: 729–742.
- Tuncsiper, B. 2007. Removal of nutrient and bacteria in pilot-scale constructed wetlands. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 42: 1117-1124.
- Tunçsiper, B.; Ayaz, S.Ç. & Akça, L. 2012. Coliform bacteria removal from septic wastewater in a pilot-scale combined constructed wetland system. *Environmental Engineering and Management*, 11: 1873–1879.
- Vymazal, J. 2005. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. *Ecological Engineering*, 25: 478-490.
- Wu, S.; Kuschik, P.; Brix, H.; Vymazal, J. & Dong, R. 2014. Development of constructed wetlands in performance intensifications for wastewater. A nitrogen and organic matter targeted review. *Water Research*, 57: 40-55.
- Zeng, S.; Chena, X.; Donga, X. & Liu, Y. 2016. Efficiency assessment of urban wastewater treatment plants in China: Considering greenhouse gas emissions. *Resources, Conservation and Recycling*, 120: 157–165.
- Wei, Z.; Zhang, X.; Wei, Y.; Wen, X.; Shi, J.; Wu, J.; Zhao, Y. & Xi, B. 2014. Fractions and biodegradability of dissolved organic matter derived from different composts. *Bioresource Technology*, 161: 179–185.

Received March 25, 2019.

Accepted May 21, 2019.