

REACTOR AEROBIO CON MEDIO DE SOPORTE FIJO UTILIZANDO BOTELLAS DE PET

—

María Yesenia Mendoza Burguete ¹, José Alberto Rodríguez Morales ²

¹ Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Aeropuerto, Santiago de Querétaro, Querétaro, C. P. 76010, México 442.311.72.51. Correo electrónico men_bur@hotmail.com

² Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Aeropuerto, Santiago de Querétaro, Querétaro, C. P. 76010, México 442.237.69.16. Correo electrónico josealberto970@hotmail.com



Para citar este artículo:

Mendoza, M. y Rodríguez, J. (2016) Reactor aerobio con medio de soporte fijo utilizando botellas de pet. *Espacio I+D Innovación más Desarrollo* 5 (12) 104-115. doi: 10.31644/IMASD.12.2016.a07

RESUMEN

El tratamiento de aguas residuales, ha sido utilizado en muchas partes del mundo con diferentes sistemas de depuración de contaminantes. Sin embargo se ha comprobado que muchos de estos contaminantes representan un peligro para la salud del hombre y seres vivos. Debido a lo anterior el objetivo de esta investigación fue implementar un reactor biológico rec-tangular de 90 litros de capacidad, aireado y conteniendo en su interior botellas plásticas de PET (polietileno tereftalato) como medio de soporte para la producción de una biopelícula para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Durante el experimento se monitoreó el influente y efluente donde se obtuvo una remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) de 97.6% y Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 97.7%, como parámetros indicadores de la calidad del agua residual tratada con un tiempo promedio de tratamiento de 2.72 horas.

Palabras clave

Biopelícula, tratamiento de aguas domésticas, polietileno tereftalato.

AEROBIC REACTOR USING FIXED SUPPORT WITH PET BOTTLES

— *Abstract*—

The wastewater treatment is implemented worldwide using variety of systems to remove pollution because they are harmful to living beings. Therefore, the objective of this study was to construct and use a 90 liter rectangular biological reactor with aeration that contained PET (polyethylene terephthalate) plastic bottles. Inside the reactor the surface of these bottles were used as means for the production of a biofilm to be later used for treatment of domestic wastewater. During the experiment, influent and effluent water was monitored. In order to evaluate the quality of the mechanism, the removal of the Biochemical Demand of Oxygen (DBO_5) and Chemical Demand of Oxygen (DQO) were measured. The biochemical demand of oxygen was 97.7% and the chemical demand of oxygen was 97.6%. The average treatment time was 2.72 hours.

Keywords

Biofilm, domestic water treatment, polyethylene terephthalate.

La biopelícula ha sido utilizada con éxito en el tratamiento de aguas durante más de un siglo (Atkinson, 1975), sin embargo, las ventajas de este tipo de procesos se hicieron de interés para un número considerable de investigadores en la década de los 80s, no sólo en el ámbito de tratamiento de aguas residuales, sino también en muchas otras áreas relacionadas con la biotecnología (Adler, 1987; Yang *et al.*, 2013). Un gran número de proyectos de investigación actualmente se está llevando a cabo en reactores de biopelícula para la producción de sustancias bioactivas, para cultivos de plantas y células animales, producción de agua potable y tratamiento de aguas residuales (Castro *et al.*, 2016; McNaught & Wert, 2015; Hu *et al.*, 2013; Vendramel *et al.*, 2015, Gu *et al.*, 2014).

Una ventaja clave de procesos utilizando biopelícula es la influencia positiva de superficies sólidas sobre las bacterias. Esta actividad se observó hace más de 50 años, (ZoBell, 1943) y confirmada recientemente por otros investigadores (Bassin *et al.*, 2012; Mohan *et al.*, 2013; Dong *et al.*, 2014; Park *et al.*, 2010; Dvořák *et al.*, 2014). Existe un considerable debate sobre el mecanismo que induce una mayor actividad de la biomasa fija, (Rusten *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2006). Algunos autores (Zhan *et al.*, 2006; Hibiya *et al.*, 2004; Jorgensen *et al.*, 2004; Yan *et al.*, 2009) atribuyen este fenómeno a modificaciones fisiológicas de células unidas. Se ha demostrado que los procesos de biomasa con medios de soporte fijos están menos afectados que los lodos en suspensión por los cambios en las condiciones ambientales como temperatura, pH, concentraciones de nutrientes, metabólicos productos y sustancias tóxicas (Tansel *et al.*, 2006; Utgikar *et al.*, 2002).

La actividad de la biopelícula no es proporcional a la cantidad de biomasa, pero aumenta con el espesor de la biopelícula hasta un nivel determinado, conocido como el "espesor activo" (Remoundaki *et al.*, 2008). Por encima de este nivel, la difusión de nutrientes se convierte en un factor limitante, diferenciando así una biopelícula "activa" de una biopelícula "inactiva". Por consiguiente, una biopelícula estable, delgada y activa ofrece numerosas ventajas en el agua y en el tratamiento de aguas residuales. Con el fin de lograr este objetivo, es importante desarrollar métodos para la actividad de la biomasa fija, estimación que no sólo es simple y rápida, sino también sensible, precisa y representativa.

En la presente investigación se analizó y evaluó la eficiencia de un sistema biológico aerobio utilizando botellas de polietileno tereftalato (PET) como medio de soporte para facilitar la producción de biopelícula para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

MATERIALES Y METODOS

Construcción del sistema biológico aerobio y preparación del medio de soporte

Se construyó el reactor rectangular de vidrio de 50 cm de ancho, 61 cm de largo y 31 cm de alto, con adaptaciones de PVC para facilitar la aireación, alimentación y salida del agua tratada como se muestra en la Figura 1. En el interior contiene botellas de PET (Polietileno tereftalato) geoméricamente ordenadas con pequeñas incisiones en las paredes del medio de soporte para permitir el flujo del agua.

Figura 1. Reactor aerobio con botellas de PET como medio de soporte.



Aclimatación de la biomasa

Se vació dentro del reactor biológico aerobio, 50 litros de lodo activado procedente la planta de tratamiento aguas residuales, de la Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Aeropuerto ubicado en la Carretera a Chichimequillas, Ejido Bolaños, Querétaro, Qro. C.P. 76140, tal y como se muestra en la Figura 2 y se alimentó con 40 litros de agua residual proveniente de la Facultad de Lenguas y Letras y gastronomía de la misma universidad.

Figura 2. Inoculación de lodo activado al reactor aerobio para la producción de biopelícula.



Producción de biopelícula

Estos 90 litros de lodo activado y agua residual fueron vertidos dentro del reactor para la inoculación, producción y fijación de la biomasa, y comenzar el proceso de adhesión y formación de biopelícula el cual se obtuvo después de tres semanas. Después de este tiempo se realizaron diversos estudios fisicoquímicos a la entrada y salida del sistema para determinar la eficiencia del sistema, incrementando gradualmente la concentración de contaminantes del agua residual. Los análisis diarios indicativos arrojaron un remoción de entre el 70 y 85% en los primeros 25 días.

Análisis fisicoquímico

Diariamente durante 30 días después de haber producido biopelícula, se obtenían 60 litros de agua tratada y se le administraban 60 litros de agua residual; para el fortalecimiento genético de los microorganismos se alimentaron diferentes condiciones de agua residual, tal y como se muestra en la Tabla 1. En esta tabla se observan tres análisis de diferentes aguas de influente y a su vez es comparada con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

Tabla 1. Resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del influente del sistema biológico aerobio.

Determinación		Influentes		Max. Perm	Unidades
Demanda Química de Oxígeno	332	409.2	782	N.E.	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	204	219.96	600	20	mg/L
Sólidos Suspendidos Totales	168	298	500	20	mg/L
Grasas y aceites	3	3.2	25	15	mg/L
Coliformes Fecales	23	≥2400000	≥2400000	240	NMP/100 mL
Huevos de Helminetos	Ausente	Ausente	Ausente	≤1	Organismos/L

Máx. Perm. de acuerdo a la NOM-003-SEMARNAT-97.
 Resultados según Centro de Servicios Químicos, No. Acreditación: AG-160-027/12
 N. E.: No especificado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

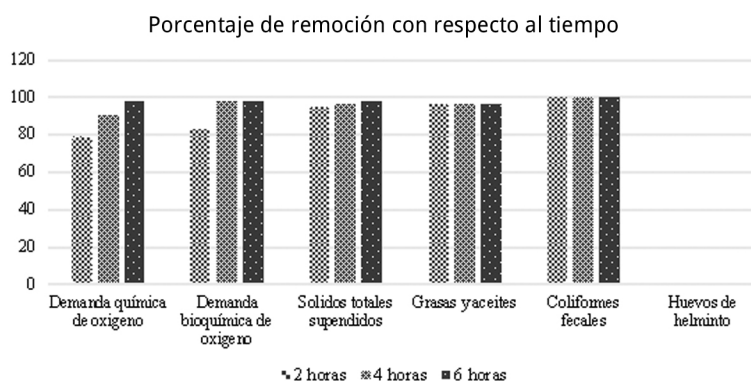
Los medios de soporte sumergidos han demostrado ser altamente eficientes en la eliminación de DQO y DBO₅ en aguas residuales (Osorio y Hontoria, 2001) y los resultados de este estudio lo comprueban. Este sistema puede ser adaptado a plantas construidas o con poca disposición de terreno (Bassin et al., 2012), incluso aumentar el caudal tratado puesto que se mantiene una concentración alta de sólidos dentro del reactor, y que para este estudio el área de contacto superficial de la biopelícula dentro del reactor fue de 5.74 m². Uno de los problemas principales de las plantas de tratamiento convencionales es la variación de caudal y calidad del influente y una solución es la implementación de reactores biológicos aerobios por biopelícula (Tóth & Szilágyi, 2013). En la Tabla 2 y Figura 3 se muestran los resultados del análisis fisicoquímico del agua residual en el cual, pasadas 4 horas de tratamiento se logró cumplir con la NOM-003-SEMARNAT-1997, sin embargo pasados 2 horas superaba el 80% de remoción de estos contaminantes.

Tabla 2. Resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del influente y efluente a diferentes tiempos.

Determinación	0 horas	2 horas	4 horas	6 horas	Unidades
Demanda química de oxígeno	782	169.5	74	18	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	600	101.37	15.83	14.66	mg/L
Sólidos suspendidos totales	500	26	20	12	mg/L
Grasas y aceites	25	<1.0	<1.0	<1.0	mg/L
Coliformes fecales	≥2400000	<3	<3	<3	NMP/100 mL
Huevos del Helminto	0	0	0	0	Organisms/L

Máx. Perm. de acuerdo a la NOM-003-SEMARNAT-97.
Resultados según Centro de Servicios Químicos, No. Acreditación: AG-160-027/12
N. E. No especificado.

Figura 3. Análisis y comparación de porcentaje de remoción de algunos parámetros a diferentes tiempos, (pH = 7.1 ±1, T = entre 23 y 25°C).



El material de soporte con plástico PET utilizado en este estudio, fue exitoso para el desarrollo de los microorganismos y fijación de biomasa. En general la biopelícula se fija difícilmente (Battin et al., 2007; Mongenroth y Milferstedt, 2009) a pesar de que existen evidencias científicas sobre la adhesión de biopelícula al Polietileno Tereftalato en las aguas marinas, en las que se

obtuvieron resultados satisfactorios y experimentación como medio de soporte para otros tipos de estudios (Hayden et al., 2008; Kishu et al., 2009).

CONCLUSIONES

El sistema biológico aerobio por biopelícula con medio de soporte de botellas de Polietileno Tereftalato, es un sistema simple, fácil de operar, y no necesita grandes espacios para su construcción, el microambiente de la biopelícula ofrece cobijo a muy variadas especies de microorganismos, promoviendo la utilización de una amplia gama de sustratos, soportan variaciones de caudal, entre otras ventajas. Los resultados fisicoquímicos de este sistema en comparación con los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997 cumplen en un tiempo promedio de 2.75 horas con un porcentaje de remoción para DQO: 88.86%, BOD₅: 92.69%, SST: 96.13%, Grasas y aceites: 96%, Coliformes fecales: 99.99%, de esto se concluye que el sistema es viable, económico y eficiente para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Agradecimientos

El primer autor agradece el apoyo al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para desarrollar este estudio, a la Universidad Autónoma de Querétaro por su participación y apoyo al prestar sus instalaciones y equipos y a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas por el apoyo para concluir esta investigación y aportar ideas para mejoras en el sistema.

REFERENCIAS

- Adler I.** (1987) Proc. Int Eur. Congr. on *Biotechnology*, Vol. 1, p. 1. Amsterdam. The Netherlands.
- Atkinson B.** (1975). *Biochemical Reactors*. Pion Press, London.
- Bassin JP, KleerebezemR, Rosado AS, Van Loosdrecht MCM, Dezotti M** (2012). *Effect of different operational conditions on biofilm development, nitrification, and nitrifying microbial population in moving bed biofilm reactors*. *Environ Sci Technol* 46:1546–1555.
- Battin TJ, Sloan WT, Kjelleberg S, Daims H, Head IM, Curtis TP, Eberl L.** (2007). Microbial landscapes: new paths to biofilm research. *Nat Rev Microbiol* 5:76–81.
- Castro, F. D., Bassin, J. P., & Dezotti, M.** (2016). Treatment of a simulated textile wastewater containing the Reactive Orange 16 azo dye by a combination of ozonation and moving-bed biofilm reactor: evaluating the performance, toxicity, and oxidation by-products. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-10.
- Dong B, Chen H, Yang Y, He Q, Dai X** (2014). Treatment of printing and dyeing wastewater using MBBR followed by membrane separation process. *Desalin Water Treat* 52:4562–4567.
- Dvořák L, Lederer T, Jirků V, Masák J, Novák L** (2014). Removal of aniline, cyanides and diphenylguanidine from industrial wastewater using a full-scale moving bed biofilm reactor. *Process Biochem* 49: 102–109.
- Gu, Q., Sun, T., Wu, G., Li, M., & Qiu, W.** (2014). Influence of carrier filling ratio on the performance of moving bed biofilm reactor in treating coking wastewater. *Bioresource technology*, 166, 72-78.
- Hayden K. Webb, Russell J. Crawford, Tomoo Sawabe, and Elena P. Ivanova.** (2008). Poly (ethylene terephthalate) Polymer Surfaces as a Substrate for Bacterial Attachment and Biofilm Formation. *Microbes and Environmental*, 24, 40-42.
- Hibiya K, Nagai J, Tsuneda S, Hirata, A.** (2004). Simple prediction of oxygen penetration depth in biofilms for wastewater treatment. *Biochem Eng J* 19:61–68.
- Hu, X. B., Xu, K., Wang, Z., Ding, L. L., & Ren, H. Q.** (2013). Characteristics of biofilm attaching to carriers in moving bed biofilm reactor used to treat vitamin C wastewater. 35(5), 283-291.
- Jorgensen H, Morkeberg A, Krogh KBR, Olsson L.** (2004). Growth and enzyme production by three *Penicillium* species on monosaccharides. *J Biotechnol* 109:295–299.
- Kishu Phaugat, Manu Bhambi, Renu, C.S. Pundir.** (2009). Polyethylene terephthalate membrane as a support for covalent immobilization of

- uricase and its application in serum urate determination. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymati*, 62, 28-30.
- McNaught**, H., & Wert, E. C. (2015). Evaluation of Chemical and Environmental Methods to Optimize Performance of Fixed Bed Biofilm Reactors to Remove Ozonation By-Products. *Ozone: Science & Engineering*, 37(3), 227-239.
- Mohan** SV, Reddy CN, Kumar AN, Modestra JA (2013). Relative performance of biofilm configuration over suspended growth operation on azo dye based wastewater treatment in periodic discontinuous batch mode operation. *Bioresour Technol* 147:424–433.
- Morgenroth** E, Milferstedt K. (2009). Biofilm engineering: linking biofilm development at different length and time scales. *Rev Environ Sci Biotechnol* 21:3203–3208.
- Osorio**, F., Hontoria, E., (2001). Optimization of bed material height in a submerged biological aerated filter. *J. Environ. Eng.* 127, 974–978.
- Park** HO, Oh S, Bade R, Shin WS (2010). Application of A2O moving bed biofilm reactors for textile dyeing wastewater treatment. *Korean J Chem Eng* 27:893–899.
- Remoundaki** E, Kousi P, Jouliau C, Brunet FB, Hatzikioseyan A, Tsezos M. (2008). Characterization, morphology and composition of biofilm and precipitates from a sulphate-reducing fixed-bed reactor. *J Hazard Mater* 153:514–524.
- Rusten** B, Eikebrokk BJ, Ulgenes Y, Lygren E. (2006). Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors. *Aquacult Eng* 34:322–331.
- Tansel** B, Sager J, Garland J, Xu SH, Levine L, Bisbee P. (2006). Deposition of extracellular polymeric substances (EPS) and microtopographical changes on membrane surfaces during intermittent filtration conditions. *J Membr Sci* 285:225–231.
- Tóthy** Szilágyi, (2013). “Full scale application of an FBAS technology –a case study”. 9th International Conference on Biofilm Reactors. Paris, Francia.
- Utgikar** VP, Harmon SM, Chaudhary N, Tabak HH, Govind R, Haines JR. (2002). Inhibition of sulfate-reducing bacteria by metal sulfide formation in bioremediation of acid mine drainage. *Environ Toxicol* 17:40–48.
- Vendramel**, S., Bassin, J. P., Dezotti, M., & Sant'Anna Jr, G. L. (2015). Treatment of petroleum refinery wastewater containing heavily polluting substances in an aerobic submerged fixed-bed reactor. *Environmental technology*, 36(16), 2052-2059.

- Wang XJ**, Xia SQ, Chen L, Zhao JF, Renault NJ, Chovelon JM. (2006). Nutrients removal from municipal wastewater by chemical precipitation in a moving bed biofilm reactor. *Process Biochem* 41:824–828.
- Yan DZ**, Bai ZH, Gu R, Mike LK, Ren SM, Yang PL. (2009). Biofilm structure and its influence on clogging in drip irrigation emitters distributing reclaimed wastewater. *J Environ Sci* 21:834–841.
- Yang, Z. Z.**, Yang, Z. M., Cao, J. G., Jia, Y. Y., & Xu, J. X. (2013). Study on the Combination of Fixed Bed and Moving Bed Biofilm Reactor for Papermaking Terminal Wastewater Treatment. In *Advanced Materials Research* (Vol. 777, pp. 309-313). Trans Tech Publications.
- Zhan XM**, Michael R, O'Reilly Edmond. (2006). Biofilm growth and characteristics in an alternating pumped sequencing batch biofilm reactor (APSBBR). *Water Res* 40:817– 825.
- ZoBell C. E.** (1943). The effect of solid surfaces upon bacterial activity. *J. Bact.* 46, 39 56.