

OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE AGUA RESIDUAL URBANA TRATADA EN UN BIOFILTRO.

Ovin, Eloísa Catalina

Cátedra de Tratamiento de Efluentes, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas-UNL

Directora: Pizarro, Ana

Área: Ciencias Naturales

Palabras claves: humedal electrogénico, bioenergía, cloacal.

INTRODUCCION

El estudio de tecnologías que aseguren los recursos indispensables para la supervivencia y perpetuación de las especies en el planeta tierra, es un desafío en la investigación científica. Hoy en día, la calidad del agua está disminuyendo por las actividades humanas. Una de las principales causas de contaminación lo constituye el vertido de aguas residuales urbanas sin depurar a mares, ríos y lagos y la infiltración de excretas provenientes de pozos negros y redes cloacales con poco o nulo mantenimiento. Una alternativa interesante para el tratamiento de aguas residuales son los humedales construidos (HC) que aprovechan los procesos fisicoquímicos y biológicos que ocurren por la interacción entre las plantas, el sustrato y los microorganismos para remover materia orgánica y nutrientes (Vymazal, 2010; Arias *et al.*, 2010). Los HC constituyen una tecnología bien establecida y de bajo costo, pero presentan algunas desventajas como mayor tiempo de tratamiento y el requisito de una gran huella de tierra (Srivastava *et al.*, 2015).

Desde el año 2012, ha surgido un creciente interés en explorar la posibilidad de combinar sistemas bioelectroquímicos (SBEs) con HCs. Los SBEs se basan en la capacidad de bacterias electroactivas para convertir la energía química almacenada en compuestos biodegradables en energía eléctrica y otros productos de valor agregado (Wang & Ren, 2013, Chen *et al.*, 2015). Las celdas de combustible microbiano (CCM) son uno de los SBEs más estudiados con diferentes propósitos como la eliminación de materia orgánica, recuperación de nutrientes, remediación de sitios contaminados con residuos tóxicos y/o peligrosos y el tratamiento de aguas subterráneas (Osset-Alvarez *et al.*, 2019). La integración de una CCM con un HC (HC-CCM) podría mejorar significativamente la eficiencia de ambos sistemas independientes, tanto para eliminar contaminantes como generar energía eléctrica (Zhang *et al.*, 2019). De esta manera se logra obtener energía a partir de la materia orgánica que se encuentra en el agua residual.

OBJETIVO

Evaluar la eficiencia de un humedal electrogénico para depurar agua residual urbana y generar energía eléctrica.

Título del proyecto: Sistemas de tratamiento bioelectroquímicos para remediación de agua residual urbana y producción de energía renovable.

Instrumento: CAI+D

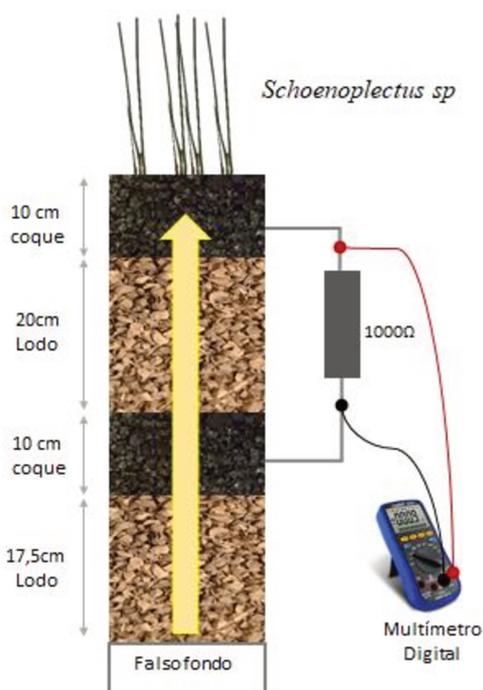
Año de convocatoria: 2020

Organismo financiador: UNL

Director/a: Modini, Laura B.

METODOLOGÍA

Construcción del HC-CCM.



Se construyó un HC-CCM, a escala micropiloto, de tipo subsuperficial vertical, utilizando un tubo de PVC de 20 cm de diámetro y 70 cm de alto, con un falso fondo (placa perforada) y un conducto de salida en el borde superior (Figura 1). Desde la base hacia arriba se colocaron 4 capas: 17,5 cm de lodo de alúmina deshidratado (tamaño de partícula: 1 - 3 mm), 10 cm de coque en una malla de acero inoxidable (ánodo); 20 cm de lodo y el cátodo formado por 10 cm de coque contenido en una malla de acero inoxidable. Los electrodos se conectaron con cables de acero inoxidable a una resistencia externa de 1000 ohm. Se plantaron ejemplares de *Schoenoplectus sp*, macrófita autóctona de la ciudad de Santa Fe. El sistema construido se situó en un ambiente semiprotectado, con luz y ventilación natural.

Figura 1: Esquema HC-CCM subsuperficial vertical

Obtención de agua residual

El agua residual cruda (cloacal) fue suministrada por la planta de Tratamiento de líquidos cloacales de la ciudad de Santo Tomé (Santa Fe, Argentina).

Puesta a punto y operación

El HC-CCM se alimentó con líquido cloacal, previamente sedimentado durante 2 h, en forma continua ascendente con una bomba peristáltica. El sistema se aclimató durante 2 meses previo a comenzar los ensayos. El tiempo de residencia hidráulica fue de 40 horas.

Evaluación del tratamiento de agua residual y producción de electricidad

Semanalmente, se tomaron muestras del líquido cloacal a la entrada y a la salida del sistema y se analizó: pH, color, turbiedad, sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO), amonio, fósforo reactivo total (FRT) y soluble (FRS), nitrato, nitrito, sólidos suspendidos totales coliformes totales (CT) y *E coli*. Todas las técnicas se llevaron a cabo de

RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestra la densidad de bacterias CT y *E. coli* presentes en el líquido cloacal (entrada al HC-CCM) y el efluente tratado (salida de HC-CCM). Los valores se expresan como media geométrica (mínimo y máximo). El sistema logró 1,9 log de remoción de CT y *E. coli*.

Tabla 1: Caracterización bacteriológica del efluente cloacal y del agua residual tratada por HC-CCM.

	Cloacal (n=12)		HC-CCM (n=12)	
	Media Geom.	Min-Max	Media Geom.	Min-Max
CT (NMP/100mL)	1,2x10 ⁷	2,4x10 ⁶ - 4,6x10 ⁷	1,6x10 ⁵	4,3x10 ⁴ - 1,1x10 ⁶
<i>E. coli</i> (NMP/100mL)	4x10 ⁶	9,3x10 ⁵ - 2,4x10 ⁷	5,5x10 ⁴	9,3x10 ³ - 2,3x10 ⁵

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del líquido cloacal y el agua tratada en el sistema, se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Caracterización fisicoquímica del efluente cloacal y del agua residual tratada por HC-CCM.

	Cloacal (n=12)		HC-CCM (n=12)	
	Promedio	Min-Max	Promedio	Min-Max
pH	7,36	7,14-7,54	6,52	6,36 – 6,78
Turbiedad (UNT)	73,8	44,6- 149	3,28	2,13-4,94
Color (UCV)	37,7	30-50	12,9	7,5 -30
DQO (mg O ₂ /L)	209,12	158,4 – 312	45,04	12,1 -91,08
Amonio (mgNH ₄ ⁺ /L)	62	46,1-83	49,8	43,9-57,9
PRT (mgP/L)	4,94	4,26-5,61	<0,1	-
PRS (mgP/L)	4,52	3,76 -5,13	<0,1	-
NO ₂ ⁻ (mg/L)	<0,03	<0,03	<0,03	-
NO ₃ ⁻ (mg/L)	2,22 ⁽ⁿ⁼⁴⁾	2-2,63	7,09	3,3-12,9
SST (mg/L)	55,83	30 – 100	13,1	2 -64

Los valores DQO y SST a la salida de HC-CCM fueron inferiores a los exigidos por la Ley 11220 que regula los servicios sanitarios de la provincia de Santa Fe. Además, se logró una remoción mayor a 96,8% de fósforo reactivo total y soluble.

El rendimiento eléctrico del sistema se muestra en la Tabla 3. Los valores de voltaje y NER son similares a los presentados en otros trabajos (Doherty *et al.*, 2015) donde se utilizaron electrodos contruidos con materiales más caros.

Tabla 3. Rendimiento eléctrico del HC-CCM

	V promedio (548 mV) (n=2255)	V máximo (627 mV) (n=2255)
NER (Wh/kgDQO)	14,5	18,9
DP (W/m ²)	0,0096	0,0125
DI (A/m ²)	0,017	0,020

NER: cantidad de energía producida por Kg de DQO removida, DP: densidad de potencia, DI: densidad de corriente.

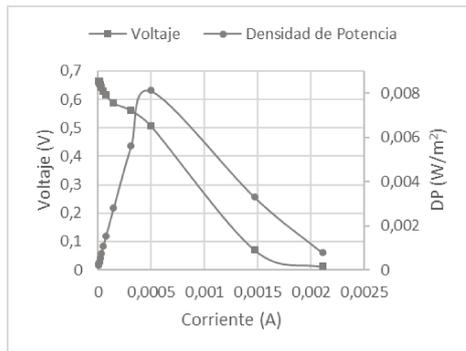


Figura 2: Curva de polarización y Curva de Densidad de Potencia del HC-CCM

Las curvas de polarización (voltaje en función de corriente) y de densidad de potencia en función de la corriente se presentan en la Figura 2. La resistencia interna del sistema se obtuvo de la curva de polarización y fue de 284,5 ohm. La máxima densidad de potencia que se puede alcanzar con este sistema es de 8 mW/m².

CONCLUSIONES

Además de minimizar el carácter contaminante, se demostró la capacidad del HC-CCM para producir energía eléctrica en forma continua. En relación al rendimiento eléctrico, se podrían explorar nuevas estrategias que permitan mejorar la generación de energía eléctrica a través de modificaciones en el tipo de sustrato, material de electrodos y modos de operación del sistema. En el futuro, esta tecnología con capacidad de producir energía de manera respetuosa con el ambiente, podría convertirse en un complemento para los sistemas bioenergéticos convencionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA, AWWA, WEF (2012).** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22 ed. American Public Health Association, Washington.
- Arias, S.; Bentancur, F.; Rojas, G.; Giraldo, J.; Hernández, J. (2010).** Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Rev. Inf. Tec.* 74:12-22.
- Chen, G.; Zhao, L.; Qi, Y. (2015).** Enhancing the productivity of microalgae cultivated in wastewater toward biofuel production: A critical review. *Applied Energy*, 137, 282–291.
- Doherty, L., Zhao, Y., Zhao, X., Hu, Y., Hao, X., Xu, L., & Liu, R. (2015).** A review of a recently emerged technology: constructed wetland–microbial fuel cells. *Water research*, 85, 38-45.
- Ge, Z.; Li, J.; Xiao, L.; Tong, Y.; He, Z. (2014).** Recovery of electrical energy in microbial fuel cell: brief review. *Environmental Science and Technology Letter*, 1: 137-141.
- Logan, B. (2008).** Microbial fuel cells. Ed. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, EEUU.
- Osset-Alvarez, M., Rovira-Alsina, L., Pous, N., Blasco-Gomez, R., Colprim, J., Balaguer, M. D., & Puig, S. (2019).** Niches for bioelectrochemical systems on the recovery of water, carbon and nitrogen in wastewater treatment plants. *Biomass and Bioenergy*, 130, 105380.
- Srivastava, P., Yadav, A., Mishra, B. (2015).** The effects of microbial fuel cell integration into constructed wetland on the performance of constructed wetland. *Bioresource Technology*, 195, 223-230.
- Vymazal, J. (2010).** Constructed wetlands for wastewater treatment: five decades of experience, *Environ. Sci. Technol.*, 45: 61–69.
- Wang, H.; Ren, J. (2013).** A comprehensive review of microbial electrochemical systems as a platform technology. *Biotechnology Advances*, 31: 1796–1807.
- Zhang, W., Almgren, A., Beckner, V., Bell, J., Blaschke, J., Chan, C., y Zingale, M. (2019).** AMReX: un marco para el refinamiento de malla adaptativa estructurada en bloques. *Revista de software de código abierto*, 4 (37), 1370-1370.