

Humedales construidos para la remoción de antibióticos en agua residual de granjas porcícolas en Yucatán

Constructed wetlands for the removal of antibiotics in wastewater from pig farms in Yucatán

¹Karina Gabriela León Aguirre, ¹Avel Adolfo González Sánchez, ²Emanuel Hernández Núñez, ¹Roger Iván Méndez Novelo, ¹Germán Giácoman Vallejos.

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Av. Industrias No Contaminantes por Anillo Periférico Norte, Mérida, Yucatán, México.

²CINVESTAV-Unidad Mérida, Carretera Antigua a Progreso km. 6, Mérida, Yucatán, México

RESUMEN

Yucatán es un estado con una alta producción de ganado porcino, actividad que genera grandes cantidades de agua residual. Los humedales construidos son una opción de tratamiento para estas granjas, dada su facilidad de operación y altas tasas de remoción para los contaminantes provenientes de las actividades ganaderas. Los antibióticos utilizados en la ganadería han llamado la atención como contaminantes emergentes y han sido señalados como responsables del desarrollo de bacterias resistentes en el ambiente. Se probó el potencial de un sistema experimental de humedales construidos para la remoción de una mezcla de 3 antibióticos, analizando el efecto del soporte sólido, tipo de planta y tiempo de permanencia. Se obtuvieron eficiencias de remoción del 47 al 98%. Se utilizaron plantas y materiales de soporte disponibles en la región.

Palabras clave: Agua residual porcícola, humedales construidos, antibióticos

ABSTRACT

Yucatan is a state with high pork production, an activity that generates a large amount of wastewater. Constructed wetlands are a treatment option for farms in Yucatan, given their easy operation and high removal rates for pollutants from livestock activities. Antibiotics used in livestock have drawn attention as emerging pollutants and have been identified as responsible for the development of resistant bacteria in the environment. The potential of an experimental system of constructed wetlands for the removal of a mixture of 3 antibiotics was tested, analyzing the effect of the solid support, type of plant and residence time of the system. Removal efficiencies of 47 to 98% were obtained. Plants and support materials available in the region were used.

Key words: Swine wastewater, constructed wetlands, antibiotics

INTRODUCCIÓN

En los años setenta, a raíz de la crisis henequenera, se diversificaron las actividades

productivas, por lo que la crianza de cerdos se inició como negocio familiar, seguido de un esquema de producción de ejidatarios. La producción porcina en el estado se realiza en granjas de diversos tamaños clasificadas como pequeñas, medianas y grandes, las cuales operan de acuerdo con las tecnologías que manejan y se catalogan como sistema tecnificado, semitecnificado privado, semitecnificado ejidal y de producción familiar. Se tienen registradas alrededor de 470 granjas en todo el estado de Yucatán (SEDUMA, 2015) y tan solo en el municipio de Mérida existen 26 granjas porcícolas y en conjunto con las de los municipios cercanos, suman más de 100. La actividad porcícola figura entre los sectores del estado de Yucatán que más podrían contribuir a la contaminación del agua.

El principal objetivo de la producción porcina es obtener la mayor ganancia en peso de los animales, con el menor consumo de alimento y tiempo de engorda posible. Es entonces que se recurre a la administración de fármacos, sobre todo antibióticos, utilizados para el control y la prevención de enfermedades y como promotores de crecimiento (Tasho et al., 2016). El agua residual porcícola se caracteriza por su alta concentración en materia orgánica, y aunque muchas de las granjas en el estado cuentan con sistemas de tratamientos de tipo biológico, como lagunas de oxidación y biodigestores anaerobios, no se considera la variación de concentración de contaminantes de los efluentes (Garzón-Zúñiga y Buelna, 2013), ni están específicamente diseñados para la eliminación de antibióticos, por lo que la descarga de este tipo de sustancias podría volverse un serio problema, sobre todo en Yucatán, por la vulnerabilidad del acuífero. Las opciones de tratamiento típicamente consideradas para la remoción de contaminantes emergentes del agua potable y del agua residual son poco viables para utilizar como tratamiento en las granjas porcícolas de la región, debido al alto costo de operación y mantenimiento. En consecuencia, las aguas residuales porcícolas se descargan con o sin un tratamiento anaeróbico simple, por lo tanto, es de gran necesidad encontrar un método eficiente, pero de bajo costo.

Los humedales construidos han sido empleados debido al bajo consumo de energía, la fácil operación y el simple mantenimiento que requieren, y en combinación con procesos de digestión anaeróbica (Han et al., 2019), pueden ser excelente alternativa de tratamiento y aunque en general no son usados como único tratamiento, son la alternativa viable a las necesidades de tratamiento en las granjas porcícolas de Yucatán. Al evaluar el potencial de los humedales construidos como opción de tratamiento para los antibióticos de uso veterinario detectados en el agua residual proveniente de algunas de las granjas porcícolas pequeñas y medianas que operan con sistema semitecnificado en Yucatán, y de acuerdo con los resultados, se concluyó si este sistema de tratamiento es adecuado y viable para su instalación y operación en las granjas por parte de los porcicultores de la región.

METODOLOGÍA

Se diseñó un sistema a pequeña escala que consiste en 9 unidades de polipropileno de alta densidad con dimensiones de 37x27x20 cm. Se utilizaron dos tipos de plantas, *Typha latifolia* y *Cyperus papyrus*, lavando y desinfectando las raíces previamente y adaptándolas con agua residual porcícola del 10 al 60%, por un periodo de tres meses, monitoreando su crecimiento. Como soporte sólido, roca caliza sedimentaria, compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio, con trazas de carbonato de magnesio y otros carbonatos, minerales como arcilla, hematita, siderita y cuarzo; en tres tamaños de partícula: arenas de 1.19 mm (A), gravas de 4.76 mm (B) y la mezcla de ambas al 50% (C). Un diagrama del sistema de

humedales se muestra en la Figura 1.

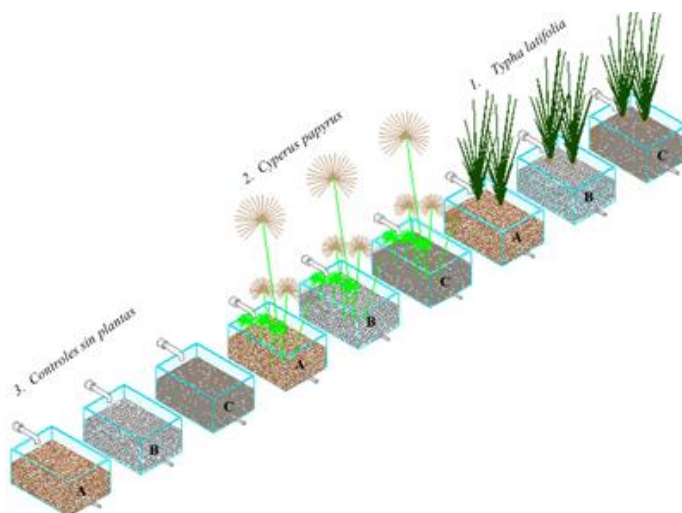


Figura 1. Diagrama del sistema experimental de humedales construidos y la distribución de plantas y soportes en cada una de las unidades.

Previamente se realizaron pruebas de granulometría, permeabilidad, porcentaje de absorción y porosidad, para determinar si cumple con las características para funcionar adecuadamente como soporte sólido de los humedales construidos. Además, se utilizaron tres unidades sin plantas como controles, cada una con su respectivo soporte sólido. Se manejaron cuatro tiempos de permanencia en el humedal de 24, 48, 72 y 96 h, en el cual se evaluaron las concentraciones iniciales y finales de una mezcla de antibióticos (oxitetraciclina, sulfametoxazol y enrofloxacina).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las pruebas al material utilizado como soporte sólido, en el ensayo para la grava, se obtuvo un coeficiente de permeabilidad $k=1.88E^{-02}$ cm/s, de acuerdo con los valores típicos del coeficiente de permeabilidad, el material analizado es considerado grava muy permeable. Para el caso de la arena, el coeficiente de permeabilidad $k=1.0E^{-02}$ cm/s, también considerado permeable, para ambos casos se obtuvo un porcentaje de absorción de 7.37% y porosidad $n= 16.18\%$. Estos valores indican que esta roca caliza no tiene un comportamiento favorable en cuestiones de construcción, debido a su falta de resistencia, pero cuenta con permeabilidad y porosidad necesarias para proporcionar un área superficial para la actividad microbiana y adsorción en los humedales.

En el monitoreo de las plantas, se observó que durante el periodo de adaptación con el agua residual porcícola hubo un crecimiento acelerado de *Typha latifolia* del 40% con arena y mezcla como soporte y del 50 % aproximadamente en las unidades con grava como soporte. Para el caso de *Cyperus papyrus*, el crecimiento fue del 45% y 58%, para grava y arena respectivamente.

Después de analizar la concentración de los antibióticos en el tiempo 0 h, se comparó

con la concentración final después de transcurrido el tiempo de permanencia para cada uno de los experimentos aleatorios, los porcentajes de remoción de los fármacos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Porcentajes de remoción para cada uno de los fármacos en los humedales construidos

Fármaco	Tiempo de permanencia			
	24 h	48 h	72 h	96 h
Oxitetraciclina	Papiro mezcla	Papiro mezcla	Papiro arena	Papiro arena
	85%	89%	88%	97%
Sulfametoxazol	Tifa arena	Tifa arena	Tifa mezcla	Tifa mezcla
	47%	58%	65%	75%
Enrofloxacina	Tifa arena	Tifa arena	Tifa arena	Tifa arena
	85%	86%	88%	90%

CONCLUSIONES

Las granjas porcícolas pequeñas y medianas de Yucatán tienen la desventaja de no poder implementar sistemas de tratamiento que aseguren una remoción considerable de contaminantes de sus aguas residuales, sobre todo aquellos que todavía no son considerados por las normas oficiales, como los son los antibióticos y sus metabolitos. Es importante diseñar sistemas que se puedan adaptar a los sistemas operando en dichas granjas, que sean fáciles de operar y mantener y viables económicamente. Junto con las acciones llevadas a cabo en la granja, instituciones del sector privado y público deben trabajar conjuntamente en actividades de análisis de la calidad del agua y programas de capacitación a los productores.

BIBLIOGRAFÍA

Garzón-Zúñiga, M., & Buelna, G. (2014). *Caracterización de aguas residuales porcinas y su tratamiento por diferentes procesos en México*. Rev. Int. de Contam. Ambient., 30(1), 65-79.

Han, Z., Dong, J., Shen, Z., Mou, R., Zhou, Y., Chen, X., Yang, C., et al. (2019). *Nitrogen removal of anaerobically digested swine wastewater by pilot-scale tidal flow constructed wetland based on in-situ biological regeneration of zeolite*. Chemosphere, 217, 364–373.

SEDUMA (2015). *Industrias y Agroindustrias. Desarrollo Urbano*. disponible en: http://www.seduma.yucatan.gob.mx/desarrollo-urbano/documentos/ZonaMetropolitana/2_8_Industria_Agroindustrias.pdf

Tasho, R. P., & Cho, J. Y. (2016). *Veterinary antibiotics in animal waste, its distribution in soil and uptake by plants: A review*. Scien of the Total Environ, 563–564(3), 366-376.