

Universidad
Autónoma
Metropolitana



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

DCB-21.

18 de octubre de 2021.

Dr. Jorge Luis Flores Moreno
Secretario Académico de la División
de Ciencias Básicas e Ingeniería
P r e s e n t e

Atendiendo a su oficio CBI.SA.179.21 de fecha octubre 08, le envío las modificaciones solicitadas por la “Comisión encargada de analizar los informes de proyectos de investigación y las propuestas de nuevos proyectos”, referente al proyecto de investigación: **Biotechnologies para el tratamiento de efluentes industriales y municipales.**

Sin más por el momento, le envío un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e
“Casa Abierta al Tiempo”

Dr. Rafael Pérez Flores
Jefe del Departamento de Ciencias Básicas

Ciudad de México, 11 de octubre de 2021

Doctor

Rafael Pérez Flores

Jefe del Departamento de Ciencias Básicas

P r e s e n t e

En atención al oficio CBI.SA.179.21, por este medio le hago entrega del informe final del proyecto divisional titulado "**Biotecnologías para el tratamiento de efluentes industriales y municipales**", del cual soy responsable.

Le solicito amablemente que por favor lo haga llegar al Consejo Divisional para su discusión y, en su caso, aprobación.

Quedo a su disposición ante cualquier duda o aclaración.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E



Dra. Mónica Liliana Salazar Peláez

Miembro del Área de Química y Fisicoquímica Ambiental

Ccp. Dra. Alejandra Montserrat Navarrete López. Jefa del Área de Química y Fisicoquímica Ambiental



Departamento de Ciencias Básicas

Área de Química y Físicoquímica Ambiental

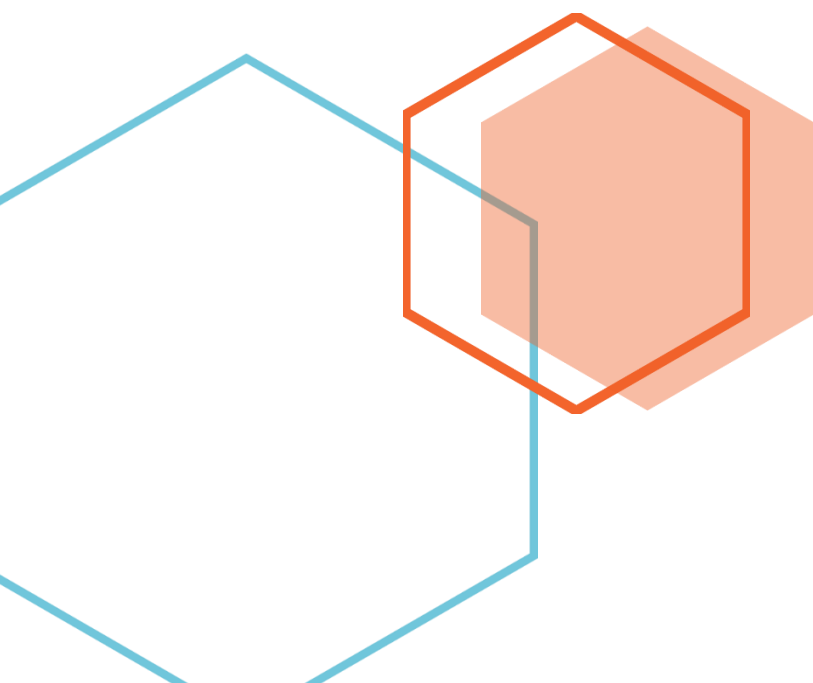
Informe Final del Proyecto:

Biotechnologías para el tratamiento de efluentes industriales y municipales

Responsable: Mónica Liliana Salazar Peláez

Periodo: Julio 2018 – Julio 2021

Fecha de presentación: 8 de septiembre de 2021



1. Contribuciones del Proyecto

1.1. Al estado del arte

A través de este proyecto se lograron describir a detalle los procesos de degradación de contaminantes que ocurren en las diferentes fases de la digestión anaerobia de las aguas de rastro, las cuales se caracterizan por su composición fisicoquímica altamente compleja, lo que dificulta su tratamiento. También, fue posible encontrar la relación sustrato/inóculo (S/X) adecuada para que la digestión anaerobia de las aguas de rastro se llevara a cabo de manera estable y eficiente, evaluando la producción y composición del biogás obtenido.

Adicionalmente, se aplicó un tratamiento físico y biológico para lograr la estabilización de este efluente, que consistió en un tratamiento térmico a 120 °C durante 1 hora y un proceso subsecuente de digestión anaerobia en un reactor híbrido UASB. Esta combinación de tratamientos demostró una alta capacidad de remoción de contaminantes y de producción de biogás.

En cuanto a los sistemas de tratamiento de aguas residuales descentralizados, específicamente el caso de las fosas sépticas modificadas empacadas con zeolita, este proyecto contribuyó a mejorar la comprensión de su funcionamiento, así como a demostrar su potencial como sistema de tratamiento robusto y confiable. En este sentido, se profundizó en el entendimiento de su desempeño hidráulico a través del modelado matemático y en la remoción de contaminantes a través de análisis cinéticos. Vale la pena destacar que los estudios realizados demostraron que con este sistema se alcanzan remociones de contaminantes superiores al 70%, con una operación estable por periodos prolongados de tiempo.

Finalmente, se demostró que es posible obtener polihidroxialcanoatos (PHA) en reactores aerobios tanto con biomasa floculenta como granular, a partir de lixiviados obtenidos a partir del proceso de digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. Así, se evaluaron distintas condiciones operacionales para identificar aquellas que indujeron la formación de biomasa granular y la mayor capacidad de acumulación de PHA.

1. Contribuciones del Proyecto

1.2. A la solución de problemas

Las aguas de rastro son conocidas por su alto potencial contaminante, así como por el peligro que representan para la salud y los ecosistemas debido a la alta concentración de materia orgánica, nutrientes y organismos patógenos que contienen. Por esta razón, es necesario generar estrategias de tratamiento efectivas que aseguren su estabilización y, con ello, la minimización de los impactos derivados de su inadecuada disposición en los cuerpos de agua.

Así, en este proyecto se propuso un sistema de tratamiento altamente efectivo que consistió en la combinación de un tratamiento térmico en autoclave durante una hora a 120 °C (el cual permitió disminuir la carga de organismos patógenos y mejorar la solubilidad de los compuestos contaminantes) y un tratamiento biológico en un reactor UASB híbrido empacado con zeolita que, a su vez, disminuyó la contaminación de origen orgánico y la concentración de nutrientes, como el nitrógeno.

De esta manera, se encontró una opción de tratamiento viable para el tratamiento de las aguas de rastro, que además produce energía en forma de metano, valorizando este residuo.

Este proyecto también permitió encontrar una opción de tratamiento robusta, confiable y de bajo precio para las aguas residuales domésticas. En este sentido, las fosas sépticas modificadas y empacadas con zeolita mostraron una operación estable, permitiendo eficiencias de remoción de materia orgánica, sólidos y nitrógeno superiores al 70%. Se considera que estos sistemas son ideales como unidades de saneamiento descentralizado debido a su facilidad de construcción y operación, por lo que son una excelente opción para el tratamiento de aguas residuales domésticas en zonas donde no hay cobertura de alcantarillado o saneamiento básico, como por ejemplo zonas rurales o zonas urbanas que no tienen conexión a la red de alcantarillado.

Finalmente, los lixiviados son considerados un residuo altamente contaminante y difícil de tratar. Además, la problemática generada por el exceso de plásticos en el ambiente es ampliamente conocida. Por esta razón, la obtención de PHA a partir de lixiviados orgánicos es una contribución importante que muestra que a partir de procesos sustentables es posible producir bioplásticos, los cuales tienen la ventaja de tener tasas de degradación considerablemente mayores que los plásticos convencionales, reduciendo su impacto ambiental.

1. Contribuciones del Proyecto

1.3. A la formación de recursos humanos

Dado que este proyecto contó con la participación de profesores-investigadores de la UAM-Iztapalapa, se consiguió la formación de recursos humanos a nivel licenciatura y posgrado en ambas unidades, como se detalla a continuación.

Nivel Licenciatura:

1. Alumno: Aldo Daniel Farías Hernández
Matrícula: 2133035820
Proyecto terminal: Cinética de la degradación anaerobia para aguas residuales de rastro pretratadas
Licenciatura: Ingeniería Ambiental. UAM-Azcapotzalco
2. Alumno: Yeraldo Arriola Plascencia
Matrícula: 2152001755
Proyecto terminal: Remoción de materia orgánica carbonada y nitrogenada de agua residual de rastro pretratada térmicamente utilizando un reactor UASB híbrido.
Licenciatura: Ingeniería Ambiental. UAM-Azcapotzalco

Nivel Posgrado:

1. Alumno: Wendolin Tavera Mejía
Matrícula: 2183801703
Tesis: Producción de polihidroxialcanoatos (PHA) por biomasa granular aerobia a partir de lixiviados de residuos orgánicos
Posgrado: Maestría en Biotecnología. UAM-Iztapalapa
2. Alumno: Vianka Celina Hernández Fydrych
Matrícula: 2163805590
Tesis: Aplicación de pretratamientos físicos y tratamientos biológicos al agua residual de rastro como estrategia para mejorar el rendimiento de metano
Posgrado: Doctorado en Biotecnología. UAM-Iztapalapa
3. Alumno: Angel Iván Sánchez Valencia
Matrícula: 2163807843
Tesis: estudio de la maximización de la producción de polihidroxialcanoatos (PHA) a partir de lixiviados de desechos orgánicos mediante un cultivo aerobio mixto
Posgrado: Doctorado en Biotecnología. UAM-Iztapalapa
Esta tesis es la única que todavía está proceso pues el estudiante se encuentra en su último trimestre.

...

2. Congruencia entre los resultados obtenidos y comprometidos

Producto	Comprometidos	Obtenidos	Observaciones*
Artículos	3	6	
Presentaciones en congreso	3	6	
Tesis de licenciatura	5	2	Debido a la huelga y a la pandemia, no fue posible reclutar suficientes estudiantes para realizar sus PT
Tesis de maestría	0	1	
Tesis de doctorado	2	2	

3. Relación de productos vinculados al Proyecto

3.1. Artículos

1. Hernández-Fydrych, V. C., Benítez-Olivares, G., Fajardo-Ortíz, M. C., Rojas-Zamora, U., & Salazar-Peláez, M. L. (2021). Analysis of the transient inhibited steady-state in anaerobic digestion of a semisolid from pretreated bovine slaughterhouse wastewater. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 20(2), 541–553. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62029966013>
2. Hernández-Fydrych, V. C., Benítez-Olivares, G., Meraz-Rodríguez, M. A., Salazar-Peláez, M. L., & Fajardo-Ortiz, M. C. (2019). Methane production kinetics of pretreated slaughterhouse wastewater. *Biomass and Bioenergy*. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105385>
3. Sánchez Valencia, A. I., Rojas Zamora, U., Meraz Rodríguez, M., Álvarez Ramírez, J., Salazar Peláez, M. L., & Fajardo Ortiz, C. (2021). Effect of C/N ratio on the PHA accumulation capability of microbial mixed culture fed with leachates from the organic fraction of municipal solid waste (OFMSW). *Journal of Water Process Engineering*, 40(December 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.101975>
4. Santiago-Díaz, Á. L., García-Albortante, J., & Salazar-Peláez, M. L. (2018). UASB-septic tank as an alternative for decentralized wastewater treatment in Mexico. *Environmental Technology*, 40(14), 1780–1792. <https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1430170>
5. Santiago-Díaz, Á. L., Benítez-Olivares, G., Salazar-Peláez, M. L., de los Cobos Vasconcelos, D., & Mugica-Álvarez, V. (2021). Comprehensive analysis of a zeolite-packed upflow baffled septic tank using tracer tests and mathematical modelling. *Water and Environment Journal*, (November 2020), 1–11. <https://doi.org/10.1111/wej.12740>
6. Santiago-Díaz, Á. L., Mugica-Álvarez, V., de los Cobos-Vasconcelos, D., Vaca-Mier, M., & Salazar-Peláez, M. L. (2021). Performance evaluation and kinetic modeling of an upflow anaerobic sludge blanket septic tank for domestic wastewater treatment. *Environmental Science and Pollution Research* 2021, 1–15. <https://doi.org/10.1007/S11356-021-15141-5>

3. Relación de productos vinculados al Proyecto

3.2. Presentaciones

7. Hernández-Fydrych, V. C., Meraz-Rodríguez, M., Salazar-Peláez, M. L., & Fajardo-Ortíz, M. C. (2018). Upgrading biogas production from slaughterhouse wastewater through thermal and mechanical pretreatments. *XIII Latin American Workshop and Symposium on Anaerobic Digestion*. Medellín, Colombia: IWA.
8. Hernández-Fydrych, V. C., Meraz-Rodríguez, M., Salazar-Peláez, M. L., & Fajardo-Ortíz, M. C. (2018). Kinetic coefficients from the anaerobic digestion of thermic pre-treated slaughterhouse wastewater. *6th International Symposium on Environmental technology and Engineering & IV Congreso Nacional de Tecnologías y Ciencias Ambientales*. Ciudad Obregón, México: ISEBE.
9. Hernández-Fydrych, V. C., Meraz-Rodríguez, M., Salazar-Peláez, M. L., Ramírez-Quiróz, Y., & Fajardo-Ortíz, M. C. (2019). Anaerobic biodegradation kinetics of pre-treated slaughterhouse wastewater. *16th IWA World Conference on Anaerobic Digestion*. Delft, Países Bajos: IWA.
10. Sánchez Valencia, A. I., Meraz Rodríguez, M., Salazar Peláez, M. L., & Fajardo Ortiz, C. (2021). Polyhydroxyalkanoates production from compost leachates in a SBR using an enriched activated sludge. *1th Latin American & caribbean Ypung water Professionals Conference*. Querétaro, México: IWA.
11. Santiago-Díaz, Á. L., Salazar-Peláez, M. L., de los Cobos-Vasconcelos, D., V., & Mugica-Álvarez, V. (2018). Características hidráulicas de un tanque séptico de flujo ascendente: efecto de la configuración y el tiempo de residencia hidráulico. *XI Congreso Internacional de Docencia e Investigación en Química*. Ciudad de México, México: UAM-Azcapotzalco.
12. Santiago-Díaz, Á. L., Salazar-Peláez, M. L., de los Cobos-Vasconcelos, D., V., & Mugica-Álvarez, V. (2019) COD and ammonium removal during the start-up phase of two modified septic tanks. *16th IWA World Conference on Anaerobic Digestion*. Delft, Países Bajos: IWA.

3. Relación de productos vinculados al Proyecto

3.3. Proyectos terminales y Tesis

Nivel Licenciatura:

13. Alumno: Aldo Daniel Farías Hernández
Matrícula: 2133035820
Proyecto terminal: Cinética de la degradación anaerobia para aguas residuales de rastro pretratadas
Licenciatura: Ingeniería Ambiental. UAM-Azcapotzalco
14. Alumno: Yeraldo Arriola Plascencia
Matrícula: 2152001755
Proyecto terminal: Remoción de materia orgánica carbonada y nitrogenada de agua residual de rastro pretratada térmicamente utilizando un reactor UASB híbrido.
Licenciatura: Ingeniería Ambiental. UAM-Azcapotzalco

Nivel Posgrado:

15. Alumno: Wendolin Tavera Mejía
Matrícula: 2183801703
Tesis: Producción de polihidroxialcanoatos (PHA) por biomasa granular aerobia a partir de lixiviados de residuos orgánicos
Posgrado: Maestría en Biotecnología. UAM-Iztapalapa
16. Alumno: Vianka Celina Hernández Fydrych
Matrícula: 2163805590
Tesis: Aplicación de pretratamientos físicos y tratamientos biológicos al agua residual de rastro como estrategia para mejorar el rendimiento de metano
Posgrado: Doctorado en Biotecnología. UAM-Iztapalapa
17. Alumno: Angel Iván Sánchez Valencia
Matrícula: 2163807843
Tesis: estudio de la maximización de la producción de polihidroxialcanoatos (PHA) a partir de lixiviados de desechos orgánicos mediante un cultivo aerobio mixto
Posgrado: Doctorado en Biotecnología. UAM-Iztapalapa
Esta tesis es la única que todavía está proceso pues el estudiante se encuentra en su último trimestre.

4. Impacto de los Productos de Trabajo

4.1. En el área de investigación

A través de este proyecto se logró mejorar la infraestructura del área con la compra de reactivos, vidriería y equipos. Además, el desarrollo de un trabajo colaborativo intenso entre los participantes permitió la generación de diversos productos, tales como artículos en revistas indizadas en el JCR y la participación en congresos internacionales, lo cual abundará en la producción del Cuerpo Académico en Consolidación del PRODEP UAM-A-CA-84 Química y física aplicadas al medio ambiente.

Este proyecto también mejoró la vinculación con otras áreas de investigación de la UAM-Iztapalapa y el Instituto de Ingeniería de la UNAM. En el campo de la formación de sus participantes, este proyecto propició el pensamiento crítico y creativo, reflejado en sus competencias profesionales y sociales, así como en los productos obtenidos.

4.2. En el departamento

A través de este proyecto se publicaron seis artículos indizados en el JCR y se presentaron otros seis trabajos en eventos internacionales especializados, por lo que se contribuyó a mejorar la visibilidad del Departamento de Ciencias Básicas en el campo del tratamiento de las aguas residuales y a incrementar su producción científica de alto nivel. También contribuyó a la docencia, con la formación de recursos humanos a nivel licenciatura.

4.3. En la división

A través de este proyecto se contribuyó a las funciones sustantivas de la universidad, con la formación de recursos humanos en correspondencia con las necesidades actuales de la sociedad, desarrollando actividades de investigación científica y generando conocimientos relevantes en atención al problema nacional de escasez de agua.

5. Contribución de los Participantes en los Productos de Trabajo

5.1. Lista de participantes

Nombre	Adscripción	Correo
a) Yara Ramírez Quirós	UAM- Azcapotzalco	yararq@correo.azc.uam.mx
b) Julisa García Albortante	UAM- Azcapotzalco	jga@correo.azc.uam.mx
c) Mónica Meraz Rodríguez	UAM-Iztapalapa	meraz@xanum.uam.mx
d) Ma. Carmen Fajardo Ortiz	UAM-Iztapalapa	cfaj@xanum.uam.mx
e) Daniel de los Cobos Vasconcellos	Instituto Ingeniería – UNAM	ddeloscobosv@iingen.unam.mx

5.2. Correlación de productos y participantes

Producto	Participante				
	a)	b)	c)	d)	e)
1				X	
2			X	X	
3			X	X	
4		X			
5					X
6					X
7				X	
8	X		X	X	
9	X		X	X	
10			X	X	
11		X			X
12*	X	X			X
15				X	
16				X	
17			X	X	

*Los PT, correspondientes a los productos 13 y 14, fueron co-dirigidos por la estudiante que obtuvo su grado de doctora en este proyecto