XVIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería
León, Guanajuato 23 al 28 de junio 2019
Resumen de Trabajos Libres

MINIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO SULFHÍDRICO EN LA DIGESTIÓN ANAEROBIA DE ESTIÉRCOL DE VACA

Natalia Salazar Uribe, Luisa Martina Ramírez Mears, Andrea López Romo, José Antonio Martínez Villalba, Juan Manuel Oliveros Muñoz, Universidad Iberoamerica Torreón, Departamento de Ingenierías, Arquitectura y Diseño, Ingeniería Ambiental, Torreón, Coahuila, C.P.: 27000, correo electrónico: juanmanuel.oliveros@iberotorreon.edu.mx

Palabras clave: Modelo ADM1, Microaereación, Optimización numérica

Introducción. La contaminación ambiental y la escasez de energía son dos de los principales problemas a los que la humanidad hace frente en la actualidad (Zhu *et al.*, 2015). En este contexto, las llamadas energías renovables (específicamente las bioenergías), que recuperan energía a partir de residuos orgánicos se han visto incrementadas. Una de estas tecnologías es el proceso de digestión anaerobia (DA) cuyo producto principal es el biogás, compuesto principalmente de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2); así como también de gases traza como el hidrógeno (H_2) y el ácido sulfhídrico (H_2S) (Ramírez-Rivas, 2013). En el caso de la DA del estiércol de vacuno, donde hay un gran contenido de sulfatos (SO_4^{2-}), es prácticamente inevitable la producción de ácido sulfhídrico (Flores-Alsina *et al*., 2016), compuesto altamente corrosivo para los motogeneradores que queman el biogás para producir energía eléctrica y altamente tóxico para el ser humano. Una forma de reducir la producción de este ácido es romper las condiciones de anaerobiosis estricta que existen en el sistema de digestión; sin embargo, el oxígeno debe mantenerse en cantidades a penas detectables, ya que eliminar por completo la anaerobiosis podría desencadenar la oxidación total del metano a CO_2 al desviar las rutas metabólicas y modificar las dinámicas poblacionales de los grupos microbianos implicados (Botheju, *et al*., 2010). Una forma de conciliar estos objetivos aparentemente opuestos es calcular la cantidad optima de oxigeno que ha de suministrarse al sistema de DA empleando el modelo matemático ADM1 (Modelo de DA No. 1, por sus siglas en inglés) combinado con alguna estrategia numérica como el método de Luus-Jaakola, que produce valores aleatorios para evaluar la respuesta de una función (ADM1) y obtener el mejor conjunto de parámetros.

Metodología. En el presente trabajo se emplea la extensión del modelo ADM1-O/S de Pokorna-Krayzelova *et al.* (2018) para predecir la curva de producción de metano y ácido sulfhídrico en reactores por lotes de 1 L, la cantidad total de ácido producido (integración de la curva) es empleada como función objetivo (minimización) para el método de Luus-Jaakola (Praveen *et al.,* 2006) que varía la concentración de oxígeno y el momento en que inicia su inserción en la corriente de entrada al reactor. Los métodos fueron programados en FORTRAN 90/77®, se emplearon casos benchmark reportados en literatura como medios de validación. Todos los cálculos fueron realizados en una computadora personal DELL Vostro 3268, con procesador i7 de 7ª generación, y 8 Gb Ram. Se probaron 40,000 vectores solución.

Los resultados del método de optimización fueron verificados empleando reactores de laboratorio de plástico. Para determinar las cantidades de H_2S experimentalmente se empleó una modificación del método descrito en la norma oficial mexicana NOM-AA-69-1980 para titular la cantidad de H_2S oxidado al burbujear el biogás en una solución oxidante (H_2SO_4).

Resultados. En la Figura 1 se muestran el momento óptimo (calculado) de inserción de aire en el sistema, así como la concentración de oxígeno y su efecto sobre la producción de metano y ácido sulfhídrico. Puede observarse que en las concentraciones graficadas el metano prácticamente no cambia, y una concentración de 10 ppm de oxígeno produce concentraciones prácticamente imperceptibles de H_2S hasta los 200 días de operación. Al comparar los resultados experimentales con los numéricos (para 0, 6 y 10 ppm, se obtuvo un error relativo de 3.5%).

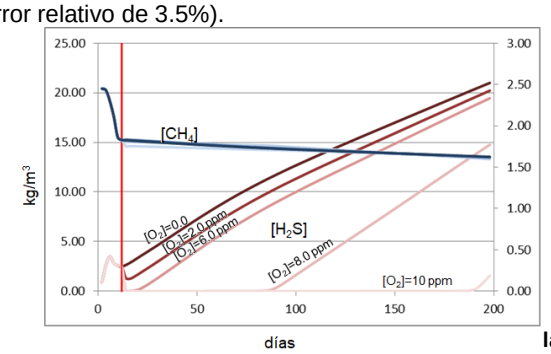

Figura 1. Efecto de la inserción de aire en la producción de H_2S: Resultados de la simulación empleando códigos FORTRAN®. En rojolinserción de aire en el sistema.

Conclusiones. Con la aplicación del método de optimización de Luus-Jaakola sobre el modelo mecanístico ADM1-S/O es posible calcular la cantidad optima de oxígeno que se puede ingresar en un sistema de DA de residuos con alto contenido de sulfatos para reducir prácticamente a cero la cantidad de ácido sulfhídrico producido. Los resultados son verificables experimentalmente y podrían ser empleados en el diseño y escalamiento de sistemas de minimización de este compuesto en sistemas industriales de DA. Cabe resaltar que se cuido que la reducción de producción de H_2S no afectara negativamente a la producción de metano, por lo que el biogás obtenido sigue teniendo alto valor agregado.

Agradecimientos. Agradecemos a la Universidad Iberoamericana Torreón por las facilidades otorgadas a estudiantes y profesores para realizar este trabajo.

Bibliografía.

1. Zhu, G., *et al*. (2015). *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 45(12), 1243–1276.
2. Ramírez-Rivas, I. D. (2013). *Tecno Lógicas*, 0(31), 181–201.
3. Flores-Alsina, X., *et al*. (2016*). Water Research*, 95(1), 370–382.
4. Botheju, D., Lie, B., & Bakke, R. (2010). *Modeling, Identification and Control,* 31(2), 55–65.
5. Praveen L., Nayef A.S, Englezos P. (2006). Ind. Eng. Chem. Res., 45, 4716-4725.
6. Pokorna-Krayzelova *et al.* (2018). Environmental Science: Water Research & Technology, 4(8), 1190–1200.