

# Evaluación de la capacidad predictiva de indicadores de alerta para la detección de fallas en la producción de biogás

Artículo corto



Luis Ramiro Miramontes-Martínez<sup>1</sup>; Santiago Rodríguez-Valderrama<sup>1</sup>  
Pedro Misael Alvarado-Reina<sup>2</sup>; Carlos Escamilla-Alvarado<sup>2</sup>; Alonso Albalate-Ramírez<sup>2</sup>  
Ever Efraín García-Balandrán<sup>2</sup>; Pasiano Rivas-García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

\*luis.miramontesmr@uanl.edu.mx

## Resumen

Este trabajo evaluó la capacidad de los indicadores de alerta temprana (IAT) para la detección de una falla programada en un proceso de producción de biogás. La falla consistió en una variación gradual en la composición del sustrato. Los IAT evaluados fueron ácidos grasos volátiles (AGV), alcalinidad total (AT), parcial (AP) e intermedia (AI), las relaciones de AGV/AT y AI/AP y el contenido de metano en el biogás. Los resultados muestran que el contenido de metano, la AT, AGV y el AGV/AT fueron incapaces de predecir el día de falla del proceso. A diferencia de AI/AP que logro predecir la falla con 5 y 2 d de anticipación y el CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> que presento un tiempo de alarma de 14 d, lo que otorga un tiempo considerable para la toma de decisiones en los procesos de producción de biogás.

### Palabras clave:

Indicadores de alerta temprana;  
Acidificación;  
Alcalinidad.

## Evaluation of the predictive capacity of alert indicators for the detection of failures in biogas production

### Abstract

This work evaluated the capacity of early warning indicators (EW) for the detection of a programmed failure in a biogas production process. The failure consisted of a gradual variation in the composition of the substrate. The EW evaluated were volatile acid degrees (VFA), total alkalinity (TA), partial (PA), and intermediate (IA), the ratios of VFA/TA and IA/PA, and the methane content in the biogas. The results show that methane content, TA, VFA, and VFA/TA could not predict the day of process failure. Unlike IA/PA, which managed to predict the failure 5 and 2 days in advance, and CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>, which had an alarm time of 14 days, which provides considerable time for decision-making in biogas production processes.

### Keywords:

Early warning indicators;  
Acidification;  
Alkalinity.

**Forma de citar:** Miramontes-Martínez, L. R., Rodríguez-Valderrama, S., Alvarado-Reina, P. M., Escamilla-Alvarado, C., Albalate-Ramírez, A., García-Balandrán, E. E., Rivas-García, P. (2023). Evaluación de la capacidad predictiva de indicadores de alerta para la detección de fallas en la producción de biogás. *RedBioLAC*, 7, 58-60.

## Introducción

En América Latina la digestión anaerobia (DA) se usa comúnmente para producir biogás mediante la gestión de estiércol en granjas lecheras y porcinas. Por lo general, estas instalaciones no son monitoreadas debido a los problemas tecnológicos y económicos de la región. En consecuencia, la producción de biogás es limitada e inestable. La inestabilidad puede tener graves consecuencias económicas si no es detectada a tiempo, en literatura se recomienda monitorear los indicadores de alerta temprana (IAT) para prevenir la inestabilidad (Wu *et al.*, 2019), sin embargo aún no hay un consenso sobre la efectividad de estos indicadores. El objetivo de este trabajo es la evaluación de la capacidad de los IAT para la detección oportuna de fallas en procesos de DA.

## Metodología

El proceso de DA en semicontinuo se llevó a cabo en dos reactores Aplikkon® de 6,5 L (R1) y 3 L (R2). Se utilizaron como inóculo los lodos de un digester CSTR que gestiona efluentes líquidos de la industria de producción de chocolate en Nuevo León, México (25°11'13,99" N, 99°49'36,01" W).

Se empleó un sustrato propuesto por Astals *et al.* (2014), compuesto por celulosa, caseína y aceite de oliva como fuente de carbohidratos, proteínas y lípidos. El esquema de alimentación consiste en tres etapas mostradas en la Figura 1. Para determinar el día de falla del proceso se utilizó como criterio un valor de pH < 6,4 (Liu *et al.*, 2008). Se considero como estado estacionario una producción diaria de biogás menor al 10 % de variación en su desviación estándar relativa (RSD) respecto al día anterior, durante al menos 6 d consecutivos (De Francisci *et al.*, 2015). Los IAT evaluados fueron AGV, AT, AP, AI, las relaciones de AGV/AT y AI/AP y el contenido de metano. La capacidad de predicción se realizó mediante la RSD y se consideró como señal de alerta una variación del 20 % respecto al día anterior (Wu *et al.*, 2019).

## Resultados y conclusiones

La productividad y el pH de R1 (rojo) y R2 (azul) se muestran en la Figura 2. El día de falla del proceso (pH < 6,4) es 57 (R1) y 55 (R2). El periodo de estabilidad (RSD < 10 %) corresponde a los días 25 a 47 (R1) y 22 a 61 (R2), en dichos periodos la productividad promedio fue 2,20 y 2,27 m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>.

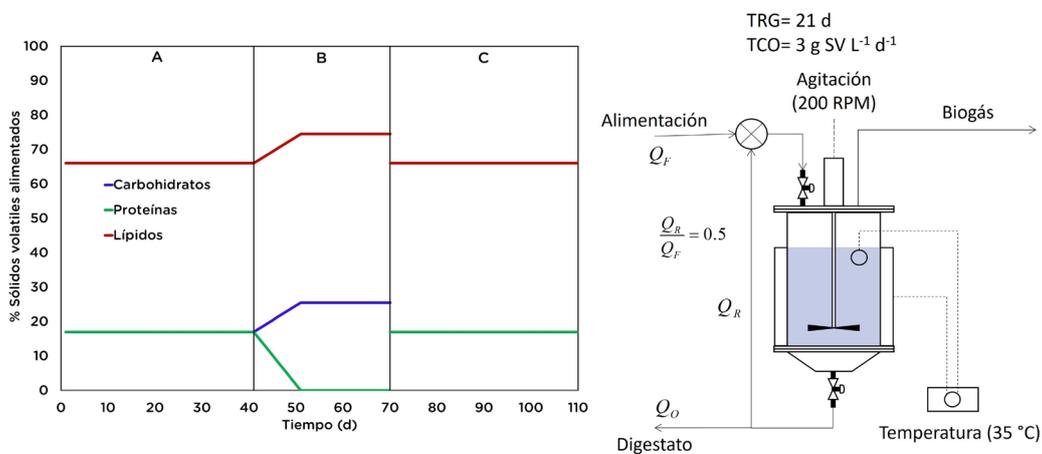


Figura 1 | Esquema de alimentación del proceso de digestión anaerobia.

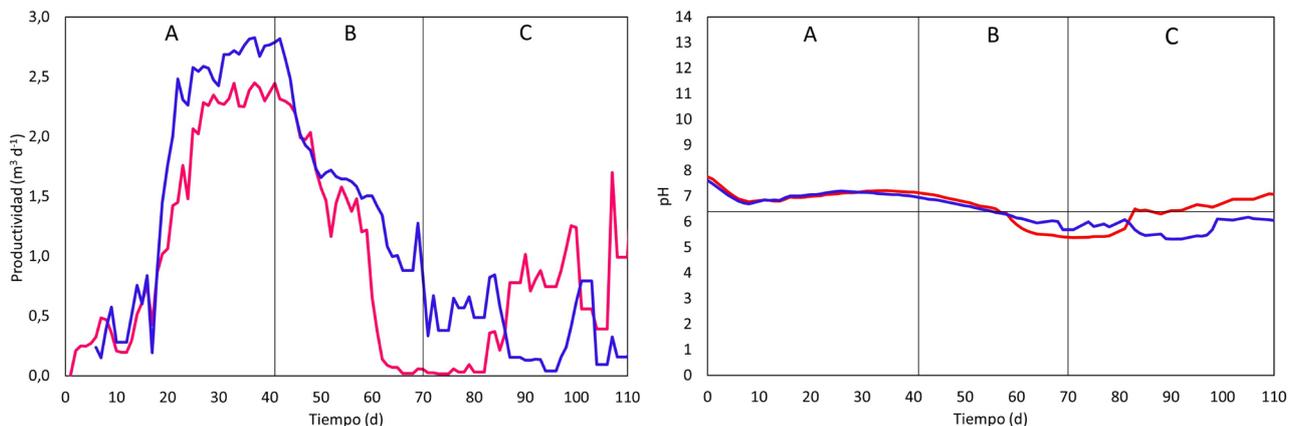


Figura 2 | Productividad y pH de los digestores.

El tiempo de alarma de los IAT se muestran en la **Tabla 1**. El contenido de metano, la AT, AGV y el AGV/AT fueron incapaces de predecir el día de falla del proceso. La AI/AP logró predecir el día de falla con 5 y 2 d de anticipación, esta limitada respuesta indica que este IAT debe ser usado como indicador auxiliar. El CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> muestra una alta sensibilidad al día cambio de alimentación, presentando un tiempo de alarma de 14 d, lo que otorga un tiempo considerable

para la toma de decisiones en los procesos de DA cuando ocurren cambios repentinos en la alimentación (**Figura 1**). La eficacia del CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub> como indicador se puede deber al efecto de superposición, ya que en un proceso de AD que se acidifica paulatinamente, el contenido de CH<sub>4</sub> disminuirá mientras que el contenido de CO<sub>2</sub> aumentara (Li *et al.*, 2017; Zou *et al.*, 2022).

**Tabla 1** | Indicadores de alerta temprana y tiempo de alarma.

IAT	Unidades	Día de inicio de etapa B	Día de falla		Día de cambio significativo		Tiempo de alerta (d)	
			R1	R2	R1	R2	R1	R2
CH <sub>4</sub>	%	41	57	55	79	—	—	—
CH <sub>4</sub> /CO <sub>2</sub>		41	57	55	43	41	14	14
AT	mg L <sup>-1</sup>	41	57	55	—	64	—	—
AGV	mg L <sup>-1</sup>	41	57	55	57	58	0	—
AGV/AT		41	57	55	57	58	0	—
AI/AP		41	57	55	52	53	5	2

En este trabajo, los resultados experimentales nos permiten determinar al IAT más adecuado para detectar oportunamente una falla relacionada con un cambio en la composición del sustrato. Este estudio aporta una metodología para una adecuada selección de IAT basados en criterios estadísticos y experimentales.

## Referencias

- Astals, S., Batstone, D. J., Mata-Alvarez, J., Jensen, P. D. (2014). Identification of synergistic impacts during anaerobic co-digestion of organic wastes. *Bioresource Technology*, 169, 421–427. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.07.024>
- De Francisci, D., Kougias, P. G., Treu, L., Campanaro, S., Angelidaki, I. (2015). Microbial diversity and dynamicity of biogas reactors due to radical changes of feedstock composition. *Bioresource Technology*, 176, 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.10.126>
- Li, D., Chen, L., Liu, X., Mei, Z., Ren, H., Cao, Q., Yan, Z. (2017). Instability mechanisms and early warning indicators for mesophilic anaerobic digestion of vegetable waste. *Bioresource Technology*, 245(13), 90–97. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.098>
- Liu, Y., Whitman, W. B. (2008). Metabolic, phylogenetic, and ecological diversity of the methanogenic archaea. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1125, 171–189. <https://doi.org/10.1196/annals.1419.019>
- Wu, D., Li, L., Zhao, X., Peng, Y., Yang, P., Peng, X. (2019). Anaerobic digestion: A review on process monitoring. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 103, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.039>
- Wu, Y., Kovalovszki, A., Pan, J., Lin, C., Liu, H., Duan, N., Angelidaki, I. (2019). Early warning indicators for mesophilic anaerobic digestion of corn stalk: A combined experimental and simulation approach. *Biotechnology for Biofuels*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1442-7>
- Zou, J., Nie, E., Lü, F., Peng, W., Zhang, H., He, P. (2022). Screening of early warning indicators for full-scale dry anaerobic digestion of household kitchen waste. *Environmental Research*, 214(4), 114136. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114136>