

# Evaluación de la geometría del reactor anaeróbico UASB para aprovechamiento energético de residuos pecuarios de ganado vacuno

Edda Vélez-Meza<sup>1</sup>, Jorge Granja-Ruales<sup>2</sup>, Néstor Vélez-Meza<sup>3</sup>, Ana Vélez-Meza<sup>4</sup>  
 Institución: Universidad Técnica del Norte  
 Autor para correspondencia: Edda Vélez-Meza<sup>1</sup>, emvelezm@utn.edu.ec

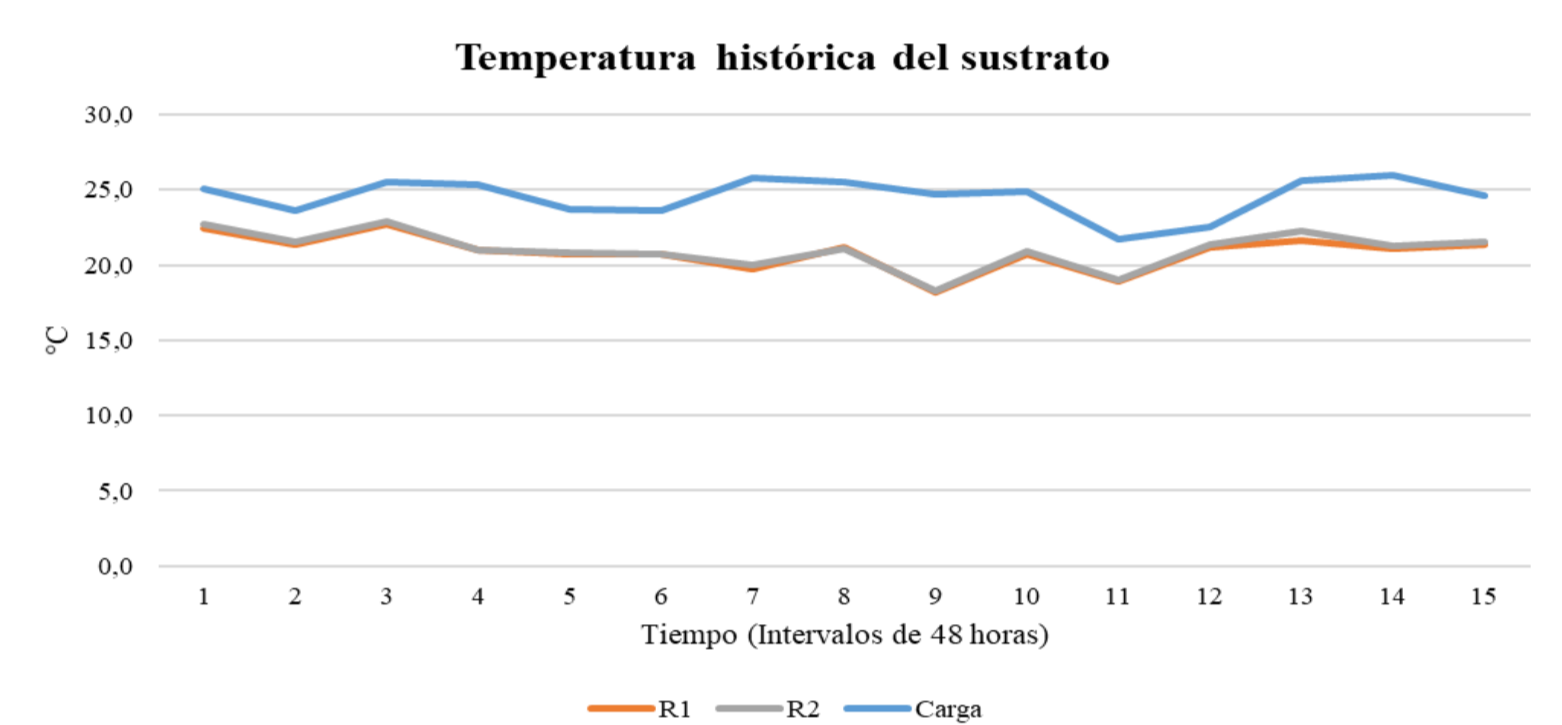
## INTRODUCCIÓN

Ecuador posee un enorme potencial de recursos naturales con fuentes de energía limpia y renovable, debido a su naturaleza agrícola, la biomasa residual constituye una fuente renovable de energía con un alto potencial de aprovechamiento (INER, 2014). No obstante, la sostenibilidad en la mayoría de los casos no es una práctica vigente (Cajamarca et al., 2018), ello se evidencia en sistemas ineficientes de manejo de residuos agroresiduales por ausencia o inadecuado uso de tecnologías de aprovechamiento (Paredes, 2018). Uno de los procesos claves, es el manejo de residuos pecuarios y agroresiduales, que debe llevarse adecuadamente para mitigar esta problemática. Por otra parte, Ecuador ha incrementado la explotación animal de manera industrial, que genera producción de deyecciones en grandes cantidades y que si no son tratadas adecuadamente puede causar efectos negativos en la salud y ambiente. El objetivo de fue analizar la geometría del reactor anaeróbico de flujo ascendente (UASB) para aprovechamiento energético en pequeñas unidades agro productivas en Imbabura.

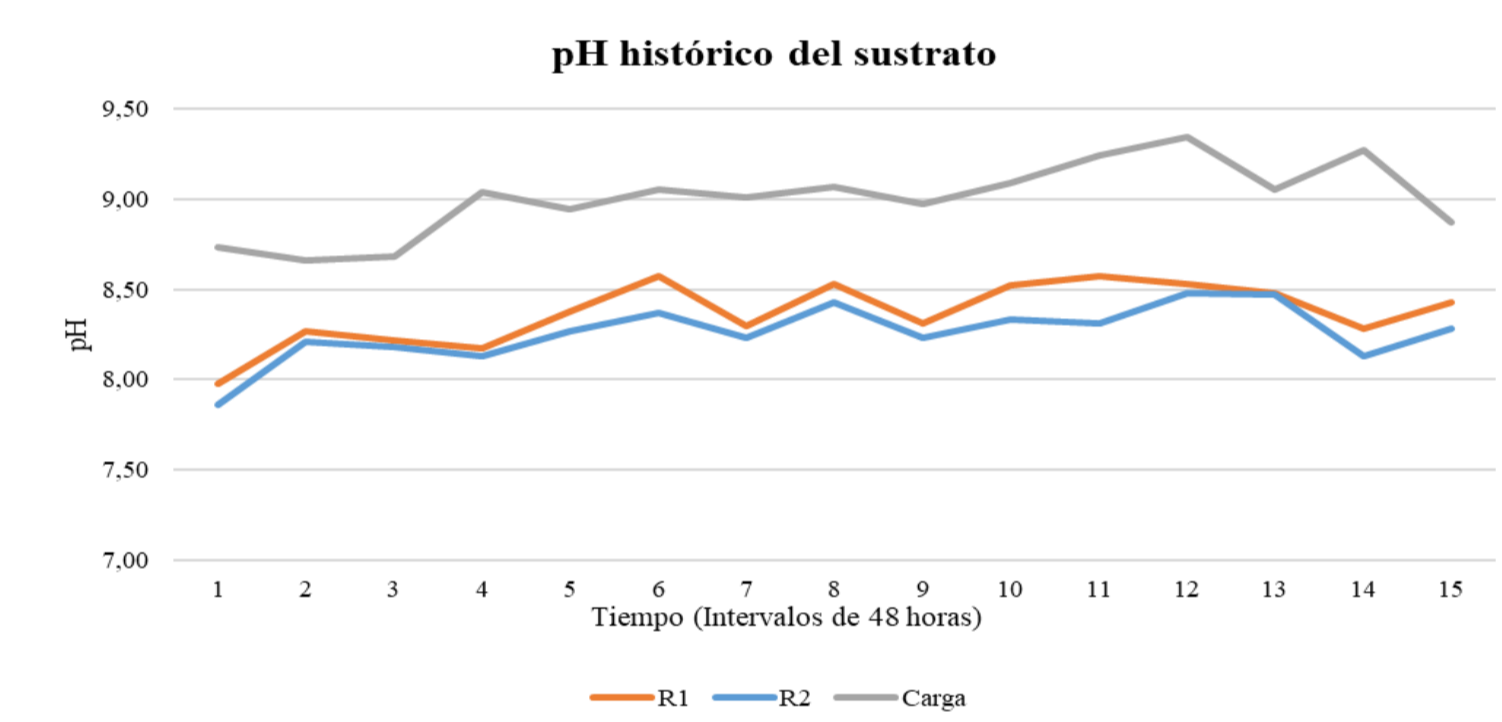


## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

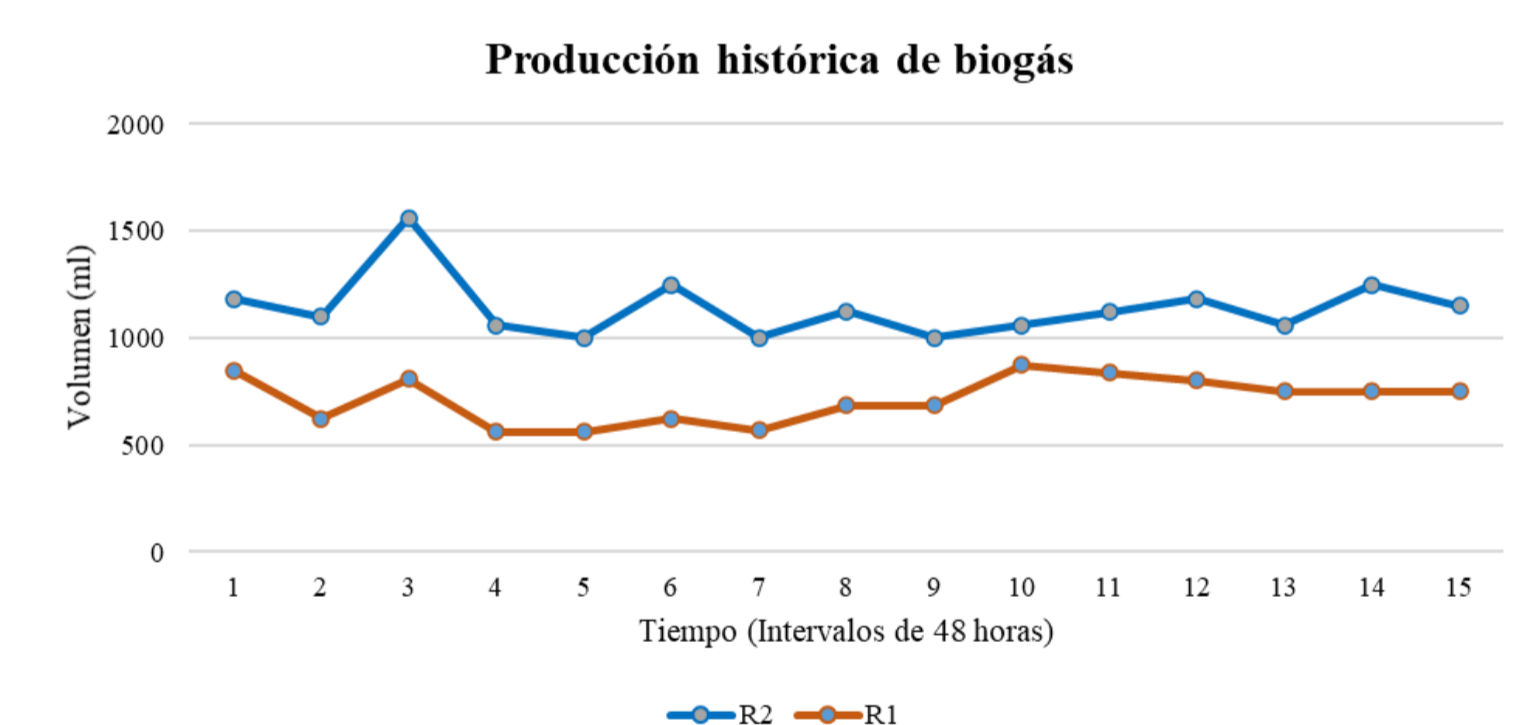
Los resultados fueron: reactor con diseño de columna cilíndrica de vidrio acrílico para los dos reactores R1 y R2. Las condiciones experimentales fueron las mismas: pH, temperatura, sustrato, tiempo de retención. Para el análisis de desempeño del proceso anaeróbico se compararon el pH, temperatura y producción de biogás en los dos modelos. La media de temperaturas registrada para R1 es de 20,9 °C y para R2 es de 21,0 °C, obteniéndose un proceso más estable en el segundo reactor. FAO (2011), Martínez et al. (2016), Criollo et al. (2014) y Nuntón (2019) señalan que el rango de temperatura para favorecer el proceso de digestión anaeróbica es el mesofílico (> 20°C).



La media de pH registrada para R1 es de 8,37 y para R2 es de 8,26, obteniéndose un proceso más estable en el segundo reactor con relación al aprovechamiento energético. R2 tiene una media más cercana al rango óptimo de trabajo de las bacterias metanogénicas indicado por FAO (2011) y Martí (2019) de 7,8 a 8,2.



La producción de biogás total en los 30 días de experimentación para los reactores R1 y R2 fue de 11 L y 17 L respectivamente



Se interpreta que existe una diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) en la producción de biogás entre los dos reactores, siendo el reactor 2 el que da mejores resultados de producción de biogás con base en su media. Quinchía et al. (2019) afirma que la variación de la temperatura afecta significativamente la digestión anaerobia y la cantidad de biogás producido. Bedoya y Chaparro (2016) manifiestan que la mayor producción de biogás está influenciada por el pH.

La propuesta de criterios de diseño del reactor consideró: configuración geométrica del reactor, homogenización hidráulica, desempeño del proceso anaeróbico, uso en pequeñas unidades agroproductivas y beneficios técnicos, económicos y ambientales.

Tabla 1. Propuestas de criterio: características geométricas

Características geométricas	Criterio propuesto
Forma	Cilíndrica
Relación L/D	7,5
Altura sustrato	70 – 80% de altura total

Tabla 2. Propuestas de criterio: características de operación

Características	Criterio propuesto
<b>Sustrato de operación</b>	
Materia orgánica	Estiércol vacuno
Relación estiércol: agua	1:3
Frecuencia de carga (h)	48 a 72
<b>Homogenización de mezcla</b>	
Sistema de agitación	Recirculación del contenido
Frecuencia de bombeo (h)	24
Tiempo de bombeo (min)	10
Total, de bombeos en 10 min	230
<b>Cuantificación de biogás</b>	
Método	Desplazamiento de fluidos
Frecuencia de medición (h)	24

Tabla 3. Propuestas de criterio: desempeño del proceso anaeróbico

Características	Criterio propuesto
Rango de temperatura	Mesofílico (20°C a 40°C)
pH	7,8 a 8,2

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en tres fases:

Fase 1: Construcción de dos reactores UASB con distintas dimensiones

La construcción de los dos modelos de reactores UASB (R1 y R2) se realizó a escala laboratorio, tomando en cuenta los principios de funcionamiento del reactor seleccionado. Para ello, se escogió la forma del reactor y se ensayó en dos modelos con igual diámetro y diferente altura, para elegir el mejor criterio de reactor en función de la relación L/D.

Fase 2: Análisis de desempeño del proceso anaeróbico en los dos modelos de reactor

En esta fase se analizan las variables importantes de desempeño para el proceso anaeróbico en los dos modelos de reactor en los 30 días de operación, en relación con la producción de biogás. Se consideró el pH y temperatura del sustrato, la producción diaria (24 horas) y en 48 horas. Adicionalmente se registró la temperatura y humedad relativa del lugar al inicio y final del ensayo.

Fase 3: Propuesta de criterios de diseño del reactor UASB para aprovechamiento energético

Luego del análisis de resultados de desempeño del proceso anaeróbico en los dos modelos de reactor anaeróbico de flujo ascendente (UASB), se procedió en función de los parámetros de control y producción de biogás, proponer el diseño geométrico óptimo en función de la relación diámetro-altura (L/D) del reactor que presente las condiciones anaeróbicas más favorables, para usarse en pequeñas unidades agroproductivas con fines energéticos en la provincia de Imbabura.



## CONCLUSIONES

En la construcción de los dos modelos de reactores UASB, se obtuvo la mejor configuración geométrica cilíndrica para R2 con una relación L/D:7,5 y altura del sustrato del 70% de la altura total, que facilitó la homogenización de mezcla, estabilización de las variables críticas y mayor producción de biogás.

El análisis de desempeño muestra condiciones anaeróbicas favorables en R2 que presentó pH (8,2) y T equilibrado (21°C). Estas variables afectaron significativamente la producción de biogás. El T-test presentó diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) en la producción de biogás entre los dos reactores, siendo R2 el que da mejores resultados de producción de biogás con base en su media.

La propuesta de criterios de diseño de los reactores UASB considera tres aspectos de R2: características de diseño (forma, relación L/D y altura del sustrato), características de operación (sustrato de operación, homogenización de la mezcla y cuantificación de biogás) y el desempeño anaeróbico del reactor (pH y temperatura).

## REFERENCIAS

- Bedoya, E. y Chaparro, E. (2016). Uso del estiércol de animales para la producción de biogás en Moquegua. *Revista ciencia y tecnología para el desarrollo-UJCM*, 2(4), 39-44. Recuperado de: <https://bit.ly/2Urb0Z0>
- Caicedo, F. (2006). *Diseño, construcción y arranque de un reactor U.A.S.B. piloto para el tratamiento de lixiviados*. (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Colombia, Manizales-Colombia
- Cajamarca, D, Paredes, M, Guananga, M. y Guevara, L. (2018). *Sostenibilidad económica de un compost elaborado a partir de los residuos de la agroindustria cañera ecuatoriana*. Recuperado de: <https://bit.ly/2wugoMU>
- Criollo, B., Alvarado, J. y Numpaque, H. (2014). Control PID de temperatura y dosificación de pH para la producción de gas metano a partir de la digestión anaeróbica de residuos sólidos orgánicos. *Revista colombiana de tecnologías de avanzada (RCTA)*, 2(24), 134-141. Recuperado de: <https://bit.ly/2J5nbpt>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura). (2011). *Manual de biogás*. Recuperado de: <https://bit.ly/39P0i4B>
- INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía Renovable). (2014). *Línea de investigación: Biomasa*. Recuperado de: <https://www.iner.gob.ec/biomasa/>
- Martí, J. (2019). *Biodigestores tubulares. Guía de diseño y manual de instalación*. Ecuador Redbiolac.
- Martínez, S., Numpaque, H. y Alvarado, J. (2016). Efecto de la Temperatura en la Producción de Biogás en un biorreactor tipo Bacht a través de la Descomposición Anaeróbica de Residuos Sólidos Orgánicos. *ENGI Revista Electrónica de la Facultad de Ingeniería*, 3(1), 16-19. Recuperado de: <https://bit.ly/2vMckT2>
- Nuntón, S. (2019). Influencia de la temperatura y pH en el rendimiento de obtención de biogás a partir de bagazo de caña y estiércol de equino mediante un digestor Batch. (tesis de pregrado). Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", Lambayeque, Perú.
- Paredes, D. (2018). *Sostenibilidad económica financiera de las estrategias para el manejo de residuos en sistemas de producción ganaderos en las provincias de Napo, Manabí e Imbabura*. (Tesis de posgrado). Universidad de las Fuerzas Armadas. Recuperado de: <https://bit.ly/2yLDaXb>
- Quinchía, Y., Pérez, J., Doria, G. y Sánchez, Y. (2019). Parámetros de calidad de producción de biogás a partir de pulpa de café. *Agricultae & Habitat*, 2(1). Recuperado de: <https://bit.ly/2U9D051>

Con el aval de:



Con el auspicio de:

