



EVALUACIÓN DEL USO POTENCIAL DE LOS RESIDUOS EN EL PROCESO DE BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS.

Evaluation of the potential use of waste in the anaerobic biodigestion process for the production of biogas.

*Cindy Carolina Gámez Ávila, Ingeniero Agrícola, Centro Agropecuario La Granja,
Regional Tolima Servicio Nacional de Aprendizaje, SENAGROTIC,
cgameza@sena.edu.co, 3203271467.*

*Sandra Milena Lozano Triana, MSc Gestión y Auditorías Ambientales, Centro
Agropecuario La Granja, Regional Tolima Servicio Nacional de Aprendizaje,
SENAGROTIC, slozanot@sena.edu.co.*

*Javier Andrés Quintero Jaramillo, MSc Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente,
Centro Agropecuario La Granja, Regional Tolima Servicio Nacional de Aprendizaje,
SENAGROTIC, jaquinteroj@sena.edu.co.*

Resumen

Investigaciones sobre la obtención de energías renovables se han orientado a la búsqueda de nuevas fuentes de materia prima, que permitan obtener energía de manera segura, eficiente y económica. De acuerdo a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar residuos para procesos de Biodigestión anaerobia en la producción de biogás. Se caracterizaron fisicoquímicamente tres sustratos, como posibles insumos en el proceso de digestión y co- digestión: Sustrato 1 estiércol porcino Sustrato 2 residuos de cocina y Sustrato 3: Mezcla de sustrato 1 y sustrato 2. Los resultados obtenidos demostraron que los sólidos totales para el estiércol se encuentran en el rango óptimo para procesos de Biodigestión (15% y 49%) con un valor de 33,22%, los residuos de cocina podrían presentar una mayor producción de metano y para sólidos volátiles se encontraron valores de 91,96%, 75,89% y 70.35%, en los sustratos de residuos de cocina, estiércol y mezcla respectivamente.



Palabras Clave: Biodigestión, Biogás, Caracterización, Residuos Orgánicos.

ABSTRACT

Research on the obtaining of renewable energies has been oriented to the search of new sources of raw material, that allow to obtain energy in a safe, efficient and economic way. According to the above, the objective of this work was to evaluate waste for anaerobic biodigestion processes in the production of biogas. Three substrates were physicochemically characterized as possible inputs in the digestion and co-digestion process: Substrate 1 porcine manure Substrate 2 kitchen waste and Substrate 3: Mixture of substrate 1 and substrate 2. The results obtained showed that the total solids for the manure are in the optimum range for Biodigestion processes (15% and 49%) with a value of 33.22%, kitchen waste could present a higher methane production and results of volatile solids, which are 91% , 96%, 75.89% and 70.35%, for the substrates of kitchen waste, manure and mixture respectively.

Key words: Biodigestion, Biogas, Characterization, Organic Waste.

1 Introducción.

El calentamiento global, es un fenómeno determinado por el aumento de la temperatura promedio de la atmosfera terrestre y de los océanos¹. Dicho calentamiento global, está motivado por el incremento en la concentración en el aire de ciertos gases, como el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso, gases generados por la acción humana, en su mayoría procedentes del consumo de petróleo y carbón (Rodríguez & Mance, 2009).

El cambio climático reciente ha tenido impacto generalizado en los sistemas humanos y naturales, en donde la

influencia humana en el sistema climático es evidente (Goel & Bhatt, 2012). Lo anterior lo ratifica la Organización Meteorológica Mundial (OMM), donde informa que la temperatura en el mundo en los últimos cinco años ha sido la más cálida de la historia, registrando el año 2017 con el promedio más alto de temperatura desde que se tienen registros². Según (Andrade-Castañeda, Arteaga-Céspedes, & Segura-Madrigal, 2016), Colombia parece ser uno de los países más perjudicados, aunque solo contribuya con un 0,37 % de las emisiones mundiales. El uso de energía en el país implica grandes emisiones de GEI, ocasionadas por el transporte de gas natural, la quema de combustible, las despresurizaciones y las

¹ Tomado de https://previa.uclm.es/servicios/prevencion/CADS_Pub/doc/EL%20CALENTAMIENTO%20GLOBAL.pdf

² Tomado de <https://www.dw.com/es/omm-2017-fue-uno-de-los-tres-años-más-calurosos-jamás-registrados/a-42209988>



fugas en equipos. Para el 2011 Bogotá emitió entre 4,7 Tg y 4,8 Tg CO₂/año, lo que significa el 20% de lo emitido por toda la nación en este aspecto. Estas cifras pueden verse atribuidas a la gran producción de desechos en plazas de mercado y a la producción de carne para consumo humano, especialmente carne de cerdo.

En Colombia, para el año 2016 el consumo de carne de cerdo aumentó 9% pasando de 7,8 kg por persona en el 2015 a 8,6 kg por persona en el año 2016 (PORKCOLOMBIA, 2016). La producción de carne de cerdo se elevó un 4% respecto al 2016, alcanzando las 364.000 toneladas de carne. Para este 2018, el gremio espera un aumento de la producción en torno al 6%.

Los inconvenientes de generación y manejo de residuos no es solo un problema en países desarrollados, por ejemplo, en Colombia se produce diariamente 27300 toneladas de basura, de las cuales el 65% son residuos orgánicos y el 35% inorgánicos (Cardona Alzate, Sánchez Toro, Ramírez Arango, & Alzate Ramírez, 2004). Los componentes que constituyen la fracción orgánica de las basuras colombianas son residuos de alimentos, papel, cartón, madera y residuos de jardín y sólo el 40% de los residuos sólidos municipales tiene un manejo adecuado, el 50% es manejado de forma indebida y el 10% es recuperado gracias al reciclaje. La descomposición de estos residuos orgánicos generan GEI que en mayor proporción son metano, sin embargo no todos los gases generan el mismo efecto y

se debe tener en cuenta el potencial de calentamiento global (PCG), el cual está basado en los efectos de los gases de efecto invernadero en un horizonte temporal de 100 años como lo reportan (Boucher, Friedlingstein, Collins, & Shine, 2009). El metano producido mediante la descomposición del material biodegradable, tiene un PCG a 100 años de 25, es decir, la emisión de una tonelada de metano a la atmósfera es equivalente a emitir 25 toneladas de dióxido de carbono (Rojas, 2014)

Lo anterior nos permite concluir, que se deben evaluar estrategias que permitan la mitigación del calentamiento global. Por medio del presente trabajo de investigación, se realizó una caracterización físico-química de residuos biodegradables como residuos de cocina y estiércol de cerdo, para determinar su uso potencial en la producción de gas metano mediante biodigestión y codigestión anaerobia en el Centro Agropecuario La Granja

2 Materiales y Métodos:

2.1 Sustratos:

Se seleccionaron tres tipos de sustratos de muestras recolectadas del Centro Agropecuario La Granja, identificadas de la siguiente manera: Sustrato 1 Estiércol de Cerdo (E), Sustrato 2 Residuos de cocina (RC) y Sustrato 3 mezcla de estiércol cerdo y residuos de cocina (RC+E), en una proporción 80:20 (Matuszewska et al., 2016). Cada uno de estos sustratos serán utilizados para bioensayos a escala laboratorio para la



obtención de biogás y de biofertilizante, mediante digestión anaerobia y co-digestión.

Para realizar la caracterización se midió pH, humedad, sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), carbono orgánico (CO) y nitrógeno total (NT) (Codazzi, 2007). Con las dos últimas se definió la relación carbono nitrógeno (C/N), variable importante para la definición del potencial uso como productor de biogás (Liu, Li, Zhang, & Liu, 2016).

La caracterización de los sustratos, se realizó en las instalaciones del laboratorio de Suelos del Centro Agropecuario La Granja Sena Regional Tolima, el Laboratorio de Físico-Química del Centro Agroindustrial Sena Regional Quindío y en el Laboratorio de Agrosavia en el Centro de investigación Nataima. Las metodologías usadas son estandarizadas y se ajustaron a los procedimientos internos estándares de cada laboratorio y de cada metodología. Todas las mediciones de masa fueron realizadas en una balanza analítica de 4 cifras decimales Santorius BP22IS

A las muestras de residuos de cocina se les realizó separación, molienda y homogenización. Posteriormente se realizó la caracterización de cada uno de los sustratos en los laboratorios mencionados.

Las mediciones de pH se tomaron directamente en cada uno de los sustratos con un multiparámetro Consort C5020 usando la metodología reportada por el

Standard Methods (APHA, AWWA, & WEF, 2012).

2.2 Determinación de parámetros físicos:

Para la medición de Humedad y sólidos totales se realizó secado en Horno Memmert a una temperatura de 105° C durante 24 horas. Pasado este tiempo se realizó el desecado y pesaje, hasta encontrar peso constante. Con los datos recolectados se pudo determinar la humedad y los sólidos totales. Una vez realizado este proceso, las muestras se llevaron a mufla a una temperatura de 550°C durante dos horas. Con el peso al final de este proceso se determinaron los sólidos volátiles (Codazzi, 2007).

2.3 Determinación de parámetros químicos

Para la determinación de Carbono orgánico se usó el método de Walkley and Black reportado en (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2004). La adición de los reactivos necesarios para los análisis se midió con una pipeta automática Brand. La titulación para la determinación de la relación estequiométrica se realizó con una bureta automática Brand. Con los mililitros gastados en cada muestra y los mililitros usados en el blanco se calculó el carbono orgánico.

2.3 Medición de Nitrógeno Total:

Para la determinación de NT se usó la metodología del Ideam (C. H. Rodriguez, 2007). Se realizó la digestión durante dos horas. Posteriormente se realizó la



destilación en el equipo para Nitrógeno Kjeldahl Büchy B-324. Después de separada la muestra se realizó la titulación hasta punto estequiométrico con indicador buffer. La adición de reactivos y la titulación se realizaron con material volumétrico clase A

3 Resultados y Discusión:

Los resultados del presente estudio, corresponden a la caracterización de tres sustratos para la evacuación del potencial en la producción de biogás. Se realizaron las determinaciones de %ST, %SV, pH, %C, %N y C/N

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos en la determinación de contenido de humedad y solidos totales, para los tres sustratos evaluados

Tabla 1 Contenido de Humedad y Solidos Totales

Sustrato	%Humedad	%ST
E	67.25	33.22
RC	86.65	13.35
RC + E	61.38	38.62

De acuerdo a lo reportado por (Varnero, 2011) el porcentaje de sólidos totales contenidos en la mezcla, guarda especial importancia para que el proceso de biodigestión funcione adecuadamente, encontrándose que el valor obtenido para estiércol de cerdo, se encuentra en el rango óptimo en el intervalo de 15%-49%. (Berrelleza, Armendariz, Monge, Certucha, & Perez, 2016) reporta un valor de solidos totales para residuos de alimentos de 21.20% siendo un valor superior al encontrado para los residuos de cocina.

Para el estiércol de cerdo y la mezcla de los sustratos, se encuentra una relación entre el porcentaje de contenido de humedad y solidos totales de 2:1, en contraste para los residuos de cocina la relación es 6:1

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en la determinación del porcentaje de cenizas y solidos volátiles, para los tres sustratos evaluados. (D. Rodriguez & Garcia, 2017) mencionan que los sólidos volátiles que contiene una mezcla orgánica, en el proceso de biodigestión, teóricamente se convierten en metano.

Tabla 2 Porcentaje de cenizas y Solidos Volátiles

Sustrato	%Ceniza	%SV
E	25.19	75.89
RC	12.28	91.96
RC + E	27.17	70.35

(MOJICA, VIDAL, RUEDA, & ACOSTA, 2016; Olaya & González, 2009) reportan valores de solidos volátiles para estiércol de cerdo de 85% y 79.68% respectivamente. Para el presente trabajo se obtuvo un valor de 75.89% siendo ligeramente inferior a lo reportado.

En la Tabla 3 se presentan los valores obtenidos para la medición del pH

Tabla 3 Valores de pH

Sustrato	pH
E	5.84
RC	4.74
RC + E	5.48



Para el estiércol de cerdo, se obtuvo un pH de 5.84, para los residuos de cocina 4.74 y para la mezcla entre los dos sustratos se obtuvo un valor de 5.48. Trabajos realizados por (Olaya & González, 2009; Yadvika, Santosh, Sreekrishnan, Kohli, & Rana, 2004) reportan un pH óptimo entre 6.8 – 7.2 mencionado que valores inferiores a este rango pueden causar desequilibrio en el proceso y disminución en la producción de metano.

(Guevara Vera, 1996) menciona que el rango óptimo de pH en la etapa de acidogénesis para el proceso de biodigestión está entre 4.1 – 6.8, encontrándose los valores medidos en ese rango. (Berrelleza et al., 2016) reportaron un pH en la caracterización inicial de residuos de alimentos de 5.15, siendo un valor superior al encontrado en el presente trabajo de investigación.

En lo que respecta a los porcentajes de N, C y la relación C/N de cada uno de los sustratos, se presentan los resultados en la

Tabla 4, encontrando que la relación C/N más alta corresponde a los residuos de cocina con una valor de 36.11, siendo este valor óptimo según lo reportado por (BOLÍVAR & RAMÍREZ, 2012; Li, Park, & Zhu, 2011) los cuales mencionan un rango entre 20 y 30.

Tabla 4 Porcentaje de N, C y relación C/N

Sustrato	%N	%C	C/N
E	3.11	34.94	11.25
RC	1.01	36.56	36.11
RC + E	3.09	36.07	11.69

Por otra parte (Varnero, 2011), menciona que valores inferiores a 8 para para la relación C/N inhiben la actividad bacteriana. Las relaciones encontradas para el estiércol y la mezcla en el presente trabajo de investigación, no presentarán problemas de inhibición de actividad bacteriana, debido a que son superiores al valor reportado.

4 Conclusiones:

Los sólidos totales para el estiércol de cerdo corresponden a un valor de 33,22%, valor que se encuentra dentro del intervalo reportado como óptimo para procesos de biodigestión anaerobia, los cuales están entre 15% y 49%.

Los residuos de cocina podrían presentar una mayor producción de metano, de acuerdo a los resultados encontrados de sólidos volátiles, los cuales son de 91,96%, 75,89% y 70.35%, para los sustratos de residuos de cocina, estiércol y mezcla respectivamente.

El rango óptimo de pH para producción de metano es de 6,8 a 7,2. El estiércol de cerdo obtuvo un pH de 5,84 siendo el valor más cercano a lo establecido en la literatura, seguido de la mezcla con un valor de 5,48 y 4,74 para los residuos de cocina, por lo que se hace necesario un ajuste de pH como pretratamiento.

Los sustratos analizados durante la presente investigación, se encuentran dentro de los valores óptimos en la relación C/N. El valor más alto corresponde a los residuos de cocina con



36.11, seguido por la mezcla con 11,69 y estiércol con 11,25. Es decir, que los tres sustratos presentan una composición de biomasa adecuada para la biodigestión.

5 Referencias

- Andrade-Castañeda, H. J., Arteaga-Céspedes, C. C., & Segura-Madriral, M. A. (2016). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 103. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:561
- APHA, A. P. H. A., AWWA, A. W. W. A., & WEF, W. E. F. (2012). *Standard Methods. For the examination of water and wastewater*. 22. (A. W. W. A. (AWWA) & W. E. F. (WEF American Public Health Association (APHA), Ed.).
- Berrelleza, L., Armendariz, F., Monge, O., Certucha, M., & Perez, S. (2016). GENERACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL COMEDOR DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA. *Universidad de Sonora*, 9.
- BOLÍVAR, H. E., & RAMÍREZ, E. Y. (2012). *Propuesta para el diseño de un Biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en los frigoríficos de Bogotá*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Boucher, O., Friedlingstein, P., Collins, B., & Shine, K. P. (2009). The indirect global warming potential and global temperature change potential due to methane oxidation. *Environmental Research Letters*, 4(4), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/4/4/044007>
- Cardona Alzate, C. A., Sánchez Toro, O. J., Ramírez Arango, J. A., & Alzate Ramírez, L. E. (2004). Biodegradación de residuos orgánicos de plazas de mercado. *Revista Colombiana de Biotecnología*, VI(2), 78–89. Retrieved from <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/529>
- Codazzi, I. G. . (2007). *Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos* (Segunda). Colombia.
- Goel, A., & Bhatt, R. (2012). Causes and consequences of Global Warming. *International Journal Of Life Science Biotechnology and Pharma Research*, 1(44), 91–118. Retrieved from http://www.ijlbpr.com/papers/ijlbpr_03.pdf
- Guevara Vera, A. (1996). Fundamentos básicos para el diseño de biodigestores anaeróbicos rurales: producción de gas y saneamiento de efluentes.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2004). Norma Técnica Colombiana [NTC] 5167: Productos Para La Industria Agrícola. Productos Orgánicos Usados Como Abonos O Fertilizantes Y Enmiendas O Acondicionadores De Suelo. *Icontec Internacional*, (571), 1–10. Retrieved from www.icontec.org
- Li, Y., Park, S. Y., & Zhu, J. (2011). Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 821–826. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2010.07.042>
- Liu, C., Li, H., Zhang, Y., & Liu, C. (2016). Improve biogas production from low-organic-content sludge through high-solids anaerobic co-digestion with food waste. *Bioresource Technology*, 219, 252–260. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.130>
- Matuszewska, A., Owczuk, M., Zamojska-Jaroszewicz, A., Jakubiak-Lasocka, J., Lasocki, J., & Orliński, P. (2016). Evaluation of the biological methane potential of various feedstock for the production of biogas to supply agricultural tractors. *Energy Conversion and Management*, 125, 309–319.



**1ER. SIMPOSIO REGIONAL:
INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN
EN LOS LLANOS ORIENTALES DE
COLOMBIA.**



SENNOVA
Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.072>

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.02.010>

- MOJICA, C., VIDAL, E., RUEDA, B., & ACOSTA, D. (2016). Estudio de las características físico-químicas de residuos orgánicos para su uso potencial en la producción de biogás. *Artículo Revista de Energía Química y Física Marzo*, 3(6), 15–22.
- Olaya, Y., & González, L. (2009). *FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE BIODIGESTORES Módulo para la asignatura de Construcciones Agrícolas. Facultad de Ingeniería* (Vol. 51). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- PORKCOLOMBIA. (2016). *Análisis de coyuntura del sector porcicultor del año 2016 y perspectivas 2017. Asociación porkcolombia FONDO NACIONAL DE LA PORCICULTURA*. Colombia. Retrieved from https://asociados.porkcolombia.co/porcicultores/images/porcicultores/informes/2016/Inf_Economico_2016.pdf
- Rodríguez, C. H. (2007). Nitrogeno Total En Agua Por El Metodo Semi-Micro Kjeldhl – Electrodo De Amoniac, 9. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/>
- Rodríguez, D., & Garcia, A. (2017). *Diseño Y Construcción De Un Biodigestor Para La Producción De Biogás a Partir De Heces Caninas*.
- Rodríguez, M., & Mance, H. (2009). *Cambio climático: lo que está en juego. Cambio climático: lo que está en juego*. <https://doi.org/Foro Nacional Ambiental>
- Rojas, J. P. (2014). Residuos sólidos y calentamiento global – Parte 1. *Cegesti*, (254), 1–3. Retrieved from http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_254_310314_es.pdf
- Varnero, M. T. (2011). *Manual de Biogas* (Proyecto C). Chile.
- Yadvika, Santosh, Sreekrishnan, T., Kohli, S., & Rana, V. (2004). Enhancement of biogas production from solid substrates using different techniques-a review. *Bioresource Technology*, 95, 10.