

CONSIDERACIONES SOBRE LA ESTABILIDAD DE LOS NUTRIENTES EN LOS RESIDUALES LÍQUIDOS PROCEDENTES DE LAS PLANTAS DE BIOGÁS SEGÚN EL TIEMPO DE CONSERVACIÓN

Por M. Sc. Teresa Fraser Gálvez*, Dra. C. Clara García Ramos*, Inv. Aux. Francisco Martínez Rodríguez* y Dr. C. Roberto Sosa Cáceres**

* Instituto de Suelos (IS), La Habana, Cuba.

Email: teresa.fraser@isuelos.cu

<https://orcid.org/0000-0003-0358-1886>

Email: clara.garcia@isuelos.cu (autor independiente)

Email: fmartinez@isuelos.cu (autor independiente)

**Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (Cubaenergía), La Habana, Cuba.

Email: rsosa@cubaenergia.cu

<http://orcid.org/0000-0003-4856-2443>

Resumen

El efluente del biogás es un producto orgánico que se obtiene a partir de la biodigestión anaeróbica de sustratos orgánicos en condiciones de humedad, pH y temperatura controlada. En Cuba este proceso se realiza generalmente utilizando el tratamiento ecológico de los residuales sólidos orgánicos de los centros de acopio y excretas porcinas, con el fin de obtener electricidad y aplicar sus bondades en las prácticas agrícolas. Tomando en consideración la gran cantidad de efluentes líquidos que se generan como producto residual de las plantas de biogás porcino, se procedió durante un periodo de 12 meses al almacenamiento de los mismos a temperatura ambiente en pomos plásticos de 3 y 5 litros para determinar la estabilidad de los nutrientes. Se realizaron evaluaciones a las muestras conservadas del efluente líquido cada tres meses con un equipo portátil multiparamétrico modelo KPSD8, determinándose temperatura (°C), Conductividad Eléctrica (CE) (mg/cm), salinidad (g/l), Sales Soluble Totales (SST) (g/l), densidad (g/l), pH, oxígeno (mg/l), saturación de oxígeno (%). Los parámetros físico-químicos estudiados se comportaron de forma estable, sin embargo, a partir del sexto mes comenzaron a variar ligeramente estos parámetros lo que puede estar relacionado con el envejecimiento de la muestra. Este resultado puede indicar la posibilidad de almacenamiento de este producto al menos durante un periodo de 6 meses sin que pierda sus características, no obstante, se recomienda continuar estos estudios para determinar la estabilidad de los macro y micronutrientes.

Palabras clave: producto orgánico, biogás, estabilidad, periodo.

PRELIMINARY ASSESSMENT OF STORAGE AND CONSERVATION TIME OF LIQUID WASTE FROM BIOGAS PLANTS FOR SUBSEQUENT APPLICATION TO CROPS

Abstract

Biogas effluent is an organic product obtained from the anaerobic biodigestion of organic substrates under controlled humidity, pH and temperature conditions. In Cuba, this process is generally carried out using the ecological treatment of solid organic waste from collection centers and swine excreta, in order to

obtain electricity and apply its benefits in agricultural practices. Taking into consideration the large amount of liquid effluents generated as a residual product of the swine biogas plants, they were stored for a period of 12 months at room temperature in 3 and 5 liter plastic bottles to determine the stability of the nutrients. The preserved samples of the liquid effluent were evaluated every 3 months with a portable multiparametric equipment model KPSD8, determining temperature (°C), Electrical Conductivity (EC) (mg/cm), salinity (g/l), Total Soluble Salts (SST) (g/l), density (g/l), pH, oxygen (mg/l), oxygen saturation (%). The physicochemical parameters studied behaved in a stable manner; however, after the sixth month these parameters began to vary slightly, which may be related to the aging of the sample. This result may indicate the possibility of storing this product for at least 6 months without losing its characteristics; however, it is recommended to continue these studies to determine the stability of macro and micronutrients.

Keywords: *organic product, biogas, stability, period.*

I. Introducción

El uso de abonos orgánicos constituye una práctica común en la agricultura de Cuba y de varios países, debido fundamentalmente al papel crucial que estos cumplen en la nutrición de los cultivos agrícolas y en la actividad fisiológica de las plantas Castro *et al.* (2017).

Las excretas de animales, vistas por muchos como un contaminante ambiental, pueden generar recursos valiosos mediante su procesamiento anaeróbico en biodigestores, de forma que al reciclarse, parte de la energía y de sus nutrientes favorezcan la sustentabilidad de la producción animal y al mismo tiempo se aprovechen los desechos orgánicos, Sosa (2015).

La utilización del biol es uno de los beneficios que presentan los biodigestores. Este líquido contiene nutrientes que estimulan el crecimiento de las plantas y ayudan a las propiedades del suelo, por lo que provoca cambios positivos en la calidad de la producción agrícola. Algunas de las familias han aplicado el biol como abono orgánico en sus cultivos y han probado algunas alternativas para su almacenamiento, Fabiola (2018).

En el almacenamiento del biol uno de los aspectos más importantes es que se debe mantener tapado y en la sombra. López & Moncada (2017) señalan que al estar expuesto podría sufrir cambios por las condiciones climáticas, y Andino & Martínez (2015) indican que el biol debe almacenarse en tanques tapados por un periodo no mayor a 4 semanas, para evitar grandes pérdidas de nitrógeno.

En este artículo se exponen los resultados obtenidos con este residual en su almacenamiento durante un periodo de 12 meses.

II. Materiales y métodos

Se realizó un muestreo del efluente en biodigestores ubicados en las cercanías del Instituto de Investigaciones Porcinas (IIP) derivado de cerdos nuevos debido a la reconstrucción y remodelamiento del biodigestor, lo que dio la posibilidad de verificar con más veracidad y exactitud la estabilidad de los nutrientes en el tiempo del efluente que será utilizado como abono líquido a los cultivos (Anexo 1).

Para determinar la estabilidad físico-química del efluente líquido se procedió durante un periodo de 12 meses a su almacenamiento a temperatura ambiente en pomos plásticos de 3 y 5 litros (Anexo 2).

Se realizaron evaluaciones a las muestras conservadas del efluente líquido al inicio y cada 3 meses, con un equipo portátil multiparamétrico modelo KPSD8, en las que se determinó: temperatura (°C), Conductividad Eléctrica (CE) (mg/cm), salinidad (g/l), Sales Soluble Totales (SST) (g/l), densidad (g/l), pH, oxígeno (mg/l), saturación de oxígeno (%), que son los que lee el equipo (Anexo 3).

Se empleó un diseño de bloque al azar con tres repeticiones y se analizaron estadísticamente todas las variantes con el programa estadístico MSTAT-C, así como la comparación de medias mediante la prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 % de significación (Duncan, 1954).

Para una mejor compresión de las tablas 1 y 2, se identifican:

| | |
|----------------|--|
| Letras a, b, c | Análisis estadístico sobre el grado de significación entre los tratamientos (<i>a</i> es superior a <i>b</i> , <i>b</i> es superior a <i>c</i> , <i>ab</i> significa <i>poca diferencia</i>) |
| CE | Conductividad eléctrica |
| CV | Coefficiente de variación |
| Esx | Error estándar de la media |
| ns | No significativo |
| SST | Sales Solubles Totales |
| * | Letras iguales, no difieren significativamente |

III. Resultados y discusión

Las evaluaciones de las muestras conservadas del efluente líquido mostraron resultados importantes que se presentan en la Tabla 1.

Consideraciones sobre la estabilidad de los nutrientes en los residuales líquidos procedentes de las plantas...

Tabla 1. Evaluación de algunos parámetros de calidad del efluente líquido durante 12 meses de almacenamiento

| Efluente | Temperatura (oC) | CE (mg/cm) | Salinidad (g/l) | SST (g/l) | Densidad (g/l) | pH | Oxígeno (mg/l) | Saturación de oxígeno (%) |
|------------------|------------------|------------|-----------------|-----------|----------------|--------|----------------|---------------------------|
| 1 (abril inicio) | 26,7 | 6,62 | 3,498 | 4,442 | 299,3 | 7,7 | 5,12 | 75,70 |
| 2 (abril inicio) | 25,8 | 6,56 | 3,498 | 4,442 | 299,3 | 7,6 | 5,14 | 76,00 |
| 3 (abril inicio) | 25,8 | 6,50 | 3,495 | 4,441 | 299,3 | 7,6 | 4,49 | 67,18 |
| Media | 26,10c | 6,53ns | 3,50ns | 4,44ns | 299,30b | 7,63a | 4,92ns | 73,83ab |
| 1 (julio) | 30,8 | 7,06 | 3,76 | 4,73 | 998,2 | 8,55 | 4,41 | 65,99 |
| 2 (julio) | 30,2 | 5,33 | 2,79 | 3,55 | 997,6 | 7,18 | 5,12 | 75,71 |
| 3 (julio) | 30,8 | 6,61 | 3,51 | 4,43 | 998,1 | 8,27 | 3,65 | 54,25 |
| Media (3 meses) | 30,6 a | 6,33 ns | 3,35 ns | 4,24 ns | 997,97a | 8,03 a | 4,39 ns | 65,32 b |
| 1(octubre) | 30,1 | 5,35 | 2,80 | 3,58 | 997,7 | 8,16 | 4,32 | 64,04 |
| 2 (octubre) | 30,5 | 5,04 | 2,63 | 3,38 | 997,5 | 6,91 | 6,38 | 95,11 |
| 3 (octubre) | 30,1 | 7,02 | 3,74 | 4,71 | 998,4 | 8,69 | 5,19 | 77,17 |
| Media (6 meses) | 30,23a | 5,80 ns | 3,06 ns | 3,89 ns | 997,87a | 7,93 a | 5,30 ns | 78,77 a |
| 1(enero) | 26,9 | 5,25 | 2,74 | 3,52 | 998,6 | 6,02 | 7,94 | 11,05 |
| 2(enero) | 26,7 | 5,23 | 2,76 | 3,53 | 998,5 | 6,00 | 7,93 | 11,05 |
| 3(enero) | 26,9 | 5,21 | 2,73 | 3,50 | 998,3 | 6,04 | 7,90 | 11,04 |
| Media (9 meses) | 26,87b | 5,23 ns | 2,74 ns | 3,52 ns | 998,47a | 6,02b | 7,92 ns | 11,05 c |
| 1(abril final) | 27,0 | 5,20 | 2,71 | 3,49 | 998,5 | 6,03 | 7,92 | 11,02 |
| 2(abril final) | 26,9 | 5,21 | 2,72 | 3,56 | 997,5 | 6,05 | 7,93 | 11,05 |
| 3(abril final) | 27,5 | 5,20 | 2,70 | 3,48 | 998,3 | 6,07 | 7,94 | 11,07 |
| Media (12 meses) | 27,13b | 5,20 | 2,71 | 3,51ns | 998,10 a | 6,05b | 7,93ns | 11,05 c |
| Media general | 28,19 * | 5,83 ns | 3,073 ns | 3,92 ns | 858,34 * | 7,13* | 6,09ns | 48,01* |
| CV (%) | | 10,238 | 10,913 | 10,428 | | | 380,407 | |
| ESx | | 0,344 | 0,194 | 0,236 | | | 746,480 | |

Tabla 2. Resumen de algunos parámetros de calidad del efluente líquido durante los 12 meses de conservación

| Efluente | Temperatura (oC) | CE (mg/cm) | Salinidad (g/l) | SST (g/l) | Densidad (g/l) | pH | Oxígeno (mg/l) | Saturación de oxígeno (%) |
|---------------|------------------|------------|-----------------|-----------|----------------|--------|----------------|---------------------------|
| Inicio | 26, 10 c | 6, 53 ns | 3, 50 ns | 4, 44 ns | 299, 30 b | 7, 63a | 4, 92 b | 73, 83 ab |
| 3 meses | 30, 6 a | 6, 33 ns | 3, 35 ns | 4, 24 ns | 997, 97a | 8, 03a | 4, 39 b | 65, 32 b |
| 6 meses | 30, 23 a | 5, 80 ns | 3, 06 ns | 3, 89 ns | 997, 87a | 7, 93a | 5, 30 b | 78, 77 a |
| 9 meses | 26, 87 b | 5, 23 ns | 2, 74 ns | 3, 52 ns | 998, 47a | 6, 02b | 7, 92 a | 11, 05 c |
| 12 meses | 27, 13 b | 5, 20 ns | 2, 71 ns | 3, 51 ns | 998, 10 a | 6, 05b | 7, 93 a | 11, 05 c |
| Media general | 28, 19 * | 5, 83 ns | 3, 073 ns | 3, 92 ns | 858, 34 * | 7, 13* | 6, 09* | 48, 01* |
| CV (%) | | 10, 238 | 10, 913 | 10, 428 | | | | |
| ESx | | 0, 344 | 0, 194 | 0, 236 | | | | |

Como se puede observar en la Tabla 2, hubo diferencias significativas en algunos de los parámetros estudiados, se comportaron de forma estable, sin embargo a partir del cuarto mes comenzaron a variar ligeramente lo que pudo deberse a que se destaparon ligeramente los envases para que se liberaran los gases que se pudieran acumular y evitar una explosión en los mismos.

Este resultado nos puede indicar la posibilidad de almacenamiento de este producto al menos durante un periodo de seis meses sin que pierda las características físico-químicas presentadas en este estudio.

El pH mostró variaciones en sus valores desde el inicio hasta los 12 meses, observándose que a los 9 y 12 meses comenzó a disminuir ligeramente, lo que puede estar asociado a las SST, salinidad y la conductividad eléctrica que tuvieron comportamiento similar.

Estos valores de pH, presentes en las muestras almacenadas entre los 6 y 9 meses, pueden propiciar que cuando se aplique al suelo actúe como corrector de este parámetro, en los casos en que sus magnitudes estén por debajo o por encima del neutro reportado Francesena (2016). Por otra parte, Hinojosa (2017) informa que en valores de pH cercanos a la neutralidad, los macronutrientes tienen alta movilidad en el suelo y su mayor tasa de asimilación por las plantas, evitando de manera que las plantas absorban niveles de elementos extremadamente excesivos o tóxicos, fenómeno que suele ocurrir en plantas desarrolladas en sustratos con pH ácido.

La conductividad eléctrica se mantuvo en los niveles aceptados para este tipo de residuo, aun estando conservado durante los primeros 6 meses, por lo que su incorporación al suelo, no debe influir en el poder de infiltración de las sales ni obstaculizará la absorción, tanto del agua como de otros iones presentes en el suelo, que incidirán directamente en las plantas o cultivos, Herrmann *et al.* (2017).

En el almacenamiento del biol uno de los aspectos más importantes es el que se debe mantener tapado y en la sombra. López & Moncada (2017) señalan que al estar expuesto podría sufrir cambios por las condiciones climáticas, dándose

volatilización del nitrógeno o que agua de lluvia se mezcle con el biol provocando cambios en sus propiedades físicas y químicas. Andino & Martínez (2015) ratifican lo mencionado anteriormente y a su vez indican que el biol debe almacenarse en tanques tapados por un periodo no mayor a cuatro semanas para evitar grandes pérdidas de nitrógeno.

El 50 % de las personas que están almacenando el biol realizan la práctica recomendada de mantenerlo tapado, mientras que los que no lo hacen de esta forma, podrían estar alterando las características del biol previo a su uso.

Valoración económica y ambiental

La valoración económica está basada en el hecho de que en ocasiones se rebosa la laguna de oxidación y hay que liberarlo, provocando un desperdicio del efluente lo cual se fundamenta con lo planteado por Francesena (2016) refiriendo que algunos de los impactos ambientales de esta producción son: contaminación del aire, pérdida de la biodiversidad de especies y contaminación del agua (por vertimiento directo al medio sin tratamiento adecuado hacia cuerpos receptores de cuencas de ríos y presas que son utilizadas para regadíos o el consumo). Otra valoración económica está dada por la posibilidad que tiene el productor de almacenar este efluente y tenerlo al alcance en el momento que lo necesite, lo cual abarataría el costo de traslado en una o varias campañas.

IV. Conclusiones

Los efluentes pueden ser conservados al menos durante 6 meses sin que pierdan la estabilidad físico-química. Su conservación influye positivamente en la economía del productor abaratando los costos de transportación, así como en el medioambiente, evitando el vertimiento innecesario por el rebosamiento de las lagunas de oxidación y por tanto la contaminación de las aguas subterráneas. Se recomienda seguir los estudios de conservación en cuanto a la estabilidad de los nutrientes en el efluente.

V. Referencias bibliográficas

- Andino, R. I. y Martínez, K. A. (2015). Biodigestor: Una Alternativa de Innovación Socio –Económica Amigable con el Medio Ambiente. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. <http://www.biblioteca.unan.edu.ni:9090/bases/trucfa/pdf/8007.pdf>
- Castro, L., Escalante, H., Jaimes Estévez, J., Díaz, L. J., Vecino, K., Rojas, G., y Duncan, D. (1954). Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, volumen 11, no. 1.
- Francesena, Y. (2016). *Impacto ambiental provocado por efluentes de instalaciones de biogás de pequeña y mediana escala en las provincias de la región central de Cuba* [Tesis Ingeniería Agrícola]. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Villa Clara.
- Herrmann, A., Kage, H., Taube, F., y Sieling, K. (2017). Effect of biogas digestate, animal manure and mineral fertilizer application on nitrogen flows in biogas feedstock production. *European Journal of Agronomy*, volumen 91, 63-73.
- Hinojosa, Y. (2017). *Evaluación de la viabilidad de la biodigestión como sistema de tratamiento de los residuos de la granja porcina Galo Porcino Cantón Echeandía, Provincia de Bolívar, año 2016* [Tesis pregrado]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo.
- Jiménez Arias F. M. (2018). *Impactos de la implementación de biodigestores en asentamientos rurales, caso El Porvenir de Limón* [Tesis Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio Institucional – Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- López Velásquez, N. A. y Olivera Moncada, G. (2017). *Diagnóstico del uso y manejo del biol en fincas ganaderas de la zona seca de Nicaragua, julio 2015-enero 2016* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional Agraria, Managua.
- Mantilla, L. (2017). Low cost digester monitoring under realistic conditions: Rural use of biogas and digestate quality. *Biore-source Technology*, volumen 239, 311-317.
- Sosa, C. M. (2015). *Parámetros de control y monitoreo del proceso en digestores anaerobios a pequeña escala y diferentes tecnologías* (Tesis Ingeniero Agrícola). [Tesis Ingeniería Agrícola]. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Villa Clara.
- Conflicto de intereses:** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.
- Contribución de los autores:** Teresa Fraser Gálvez, conceptualización, curación de datos, investigación, supervisión y edición; Clara García Ramos, análisis formal, supervisión y redacción-borrador original; Francisco Martínez Rodríguez, curación de datos, análisis formal e investigación; y Roberto Sosa Cáceres, análisis formal, investigación y redacción-revisión.
- Recibido: 12 de agosto de 2022
Aceptado: 22 de septiembre de 2022

Anexo 1. Toma de las muestras a la salida del biodigestor para su conservación, acompañado de investigadores del Instituto de Investigaciones Porcinas ubicado en Punta Brava, municipio La Lisa.



Anexo 2. Almacenamiento experimental del efluente líquido.



Anexo 3. Análisis del efluente conservado con el equipo portátil multiparamétrico modelo KPSD8.

