

# Biodigestor de Cúpula móvil: Empleo del biogás y de los efluentes sólidos y líquidos en el Patio agroecológico familiar “La Luz”

Estudio de caso



Luis Cepero Casas\*; Mildrey Soca Pérez; Lorena Gutiérrez Martínez;  
Alejandro Pedroso Reynaldo; Anobel Aguilar Hernández; Yudit Lugo Morales

Estacion Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Perico, Matanzas, Cuba.

\*cepero@ihatuey.cu

## Resumen

El patio agroecológico familiar “La Luz” de la comunidad Indio Hatuey en Cuba, tiene un biodigestor de cúpula móvil con una capacidad de biodigestión de 3,5 m<sup>3</sup> y produce 2,5 m<sup>3</sup> de biogás/día. Los efluentes sólidos y líquidos del biodigestor y otros abonos orgánicos son usados en los cultivos agrícolas, lo que permitió obtener rendimiento en los cultivos superiores al 25 % y alimentos libres de productos químicos. La composición del biogás después del filtro presentó valores promedio de 63,2 % de CH<sub>4</sub>; 32,7 % de CO<sub>2</sub>; 0 % de O<sub>2</sub> y 83 ppm de H<sub>2</sub>S, permitiendo su empleo para la cocción, alumbrado y conservación de alimentos, además de una disminución en el consumo de electricidad de aproximadamente un 50 % en la vivienda. El manejo eficiente del biodigestor contribuyó a la protección del medio ambiente al dar tratamiento adecuado a los residuales y una contribución al bienestar económico y social de la familia.

### Palabras clave:

Biodigestor; Cúpula móvil; Biogás; Efluentes sólidos y líquidos.

## Mobile Dome Biodigester: Use of biogas and solid and liquid effluents in the “La Luz” family agroecological patio

### Abstract

The “La Luz” family agroecological yard in the Indio Hatuey community in Cuba has a mobile dome biodigester with a biodigestion capacity of 3.5 m<sup>3</sup> and produces 2.5 m<sup>3</sup> of biogas/day. The solid and liquid effluents from the biodigester and other organic fertilizers are used in agricultural crops, which made it possible to obtain crop yields greater than 25 % and food free of chemical products. The composition of the biogas after the filter presented average values of 63.2 % of CH<sub>4</sub>; 32.7 % CO<sub>2</sub>; 0 % O<sub>2</sub> and 83 ppm H<sub>2</sub>S, allowing its use for cooking, lighting and food preservation and a reduction in electricity consumption of approximately 50 % in the home. The efficient management of the biodigester contributed to the protection of the environment by giving adequate treatment to the waste and a contribution to the economic and social well-being of the family.

### Keywords:

Biodigester; Moving dome; Biogas; Solid and liquid effluents.

**Forma de citar:** Cepero Casas, L., Soca Pérez, M., Gutiérrez Martínez, L., Pedroso Reynaldo, A., Aguilar Hernández, A., y Lugo Morales, Y. Biodigestor de Cúpula móvil: Empleo del biogás y de los efluentes sólidos y líquidos en el Patio agroecológico familiar "La Luz". RedBioLAC, 5, 15-19.

## Introducción

Desde el punto de vista energético y ambiental, el mundo actual se enfrenta a una situación desfavorable, se hace necesario el trabajo encaminado al desarrollo de tecnologías para el empleo de fuentes renovables de energía que sean capaces de sustituir de forma paulatina las fuentes tradicionales. En este tema se viene trabajando desde hace varios años en el uso de diferentes fuentes energéticas, entre las que se pueden citar la energía de la biomasa, entre otras. A partir de la biomasa se puede obtener energía de varias formas, entre las que se destaca su empleo para la producción de biogás (Huerga *et al.*, 2017; Campelo, *et al.*, 2020). Para esto la biomasa debe ser procesada en biodigestores en los que se transforma mediante un proceso anaeróbico, por la acción de bacterias en una mezcla de gases formada fundamentalmente por metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) denominada biogás y lodos finales en los cuales se estabiliza la materia orgánica y se origina un abono orgánico de alta calidad (Barlóg *et al.*, 2020; Trejo *et al.*, 2020).

Con el empleo de los biodigestores los patios familiares y las comunidades rurales han aprendido a transformar los residuales de comidas, de cosechas y agropecuarios, de una fuente de contaminación ambiental considerable, en una solución a varios problemas de vital importancia para su labor y supervivencia, ya que a través del proceso de digestión anaerobia estos se transforman en biogás, que puede ser utilizado para la cocción de los alimentos en el hogar, así como la comida de los animales, en el alumbrado, la refrigeración mediante absorción o generar electricidad (Cepero *et al.*, 2012).

Existen diversos sistemas y tecnologías de plantas de biogás apropiadas y adaptadas a las condiciones locales y familiares. Dentro de los modelos más difundidos en el contexto familiar y en el medio rural cubano se encuentran los biodigestores de cúpula fija y flotante (modelos chino e hindú) transformados de forma innovativa a los recursos locales.

A través del proyecto Biomas-Cuba, financiado por la Agencia Suiza para la Colaboración y el desarrollo (COSUDE) se logra impulsar la construcción de biodigestores e introducción de nuevas tecnologías para la utilización del Biogás y los efluentes en el contexto de las fincas agro-energéticas, en las cuales se produce, de forma integrada, alimentos y energía con el objetivo de cerrar ciclos productivos, ambientales y económicos en el medio rural (Suárez *et al.*, 2011; Suárez *et al.*, 2018). El patio agroecológico familiar “La Luz”, constituye un escenario que responde a estos procesos y que forma parte del presente estudio de caso.

## Descripción del caso

El patio agroecológico La Luz, está ubicado en una comunidad compuesta por 12 viviendas, enclavadas en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, en el Central España Republicana, Perico, provincia de Matanzas en Cuba. Forma parte del programa de Agricultura Urbana y Sub-urbana del municipio y pertenece al Movimiento Usuarios del Biogás (MUB). Posee un área total de 2266 m<sup>2</sup>, el suelo es Ferralítico Rojo de topografía llana (Hernández *et al.*, 2015). Constituye un sistema de producción diversificada, para el abastecimiento familiar y tiene un biodigestor de cúpula móvil, que fue construido hace más de 20 años; es de mampostería o estructura de concreto y tiene un depósito de gas móvil de acero laminado en forma de campana, la cual puede flotar directamente en la masa de fermentación, dependiendo de la producción de biogás (**Figura 1**). Presenta una capacidad total de biodigestión de 3,5 m<sup>3</sup>/día, se alimenta con 40 kg de estiércol de cerdo fresco/día proveniente de la cría porcina familiar, diluido aproximadamente en tres partes de agua y una de excreta fresca. Produce como promedio 2,5 m<sup>3</sup> de biogás/día el cual pasa a través de dos filtros que contienen limalla de hierro como material filtrante y se emplea para la cocción de alimentos, la refrigeración y en ocasiones para el alumbrado de la vivienda.

Dentro de las características del régimen de trabajo del biodigestor se tiene que: la temperatura promedio de funcionamiento fue de 26 °C, el pH en dependencia de la alimentación estuvo entre 7,2 y 7,8 fundamentalmente. El pH de los efluentes se mantuvo entre 7,2 y 7,7, asociado a la composición y al tiempo que demora la carga orgánica dentro del digestor, pues el tiempo de retención hidráulica del mismo estuvo en unos 28 días aproximadamente.

En el caso de los efluentes líquidos durante el proceso de digestión y estabilización se monitoreó el pH y la temperatura. Estos se condujeron por gravedad a un estanque de 10 m<sup>3</sup> de volumen, donde se mantuvo en reposo durante 72 horas para su estabilización y posteriormente el líquido se utilizó como fertirriego en diferentes cultivos. Los sólidos se extrajeron de forma manual hacia un plato de secado, fueron caracterizados en cuanto a su contenido de fósforo, potasio, PH, materia orgánica y se usaron como biofertilizante.

Una de las técnicas que se aplicaron en el patio fue la de reciclar todos los residuos de las producciones agrícolas. Estos se utilizaron para la producción de compost, humo de lombriz y de conjunto con los residuales del biodigestor (efluentes) fueron manejados como bio-abonos en los cultivos agrícolas, los frutales y las plantas ornamentales del patio, usándose una relación 1:20 para el caso de los líquidos y 1:3 para los sólidos.



**Figura 1** | Biodigestor cúpula móvil patio agroecológico La Luz.

Para la evaluación del funcionamiento del digestor, en el proceso de fermentación, se determinó la relación entre los ácidos orgánicos volátiles y la capacidad de compensación alcalina en el equipo FOS/TAC 2000 trimestralmente, a la salida del biodigestor, así como la evaluación de la composición de cuatro gases ( $\text{CH}_4$ ;  $\text{CO}_2$ ;  $\text{O}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$ ) a la entrada y salida de los filtros de desulfuración mediante el empleo de un analizador de gases Multitec Severin 540.

## Resultados y lecciones aprendidas

### Resultados

La relación FOS/TAC evaluada durante el periodo de tres años presentó un valor promedio de 0,356. Esto indica que el proceso biológico del biodigestor marchó correctamente, debido a que se mantuvo una correcta temperatura y fueron apropiadas las proporciones de dilución de los sólidos. La

alimentación del digestor se mantuvo estable, y favoreció el comportamiento de este indicador, lo cual coincide con lo planteado por Echarte *et al.*, 2020, en su estudio sobre la importancia de la alimentación en la digestión anaerobia.

En cuanto a la medición de la composición del gas antes y después del filtro se obtuvo una composición promedio anual adecuada (**Tabla 1**), superior al 60 % de  $\text{CH}_4$  durante todo el año, aspecto que favorece la utilización de este como fuente de energía. Los valores de  $\text{H}_2\text{S}$  después del filtro se encuentran dentro del rango permisible, sin embargo, se recomendó aumentar en el filtro el material filtrante (limalla de hierro oxidada) y realizar, al menos cada dos meses el cambio y activación de esta pues el  $\text{H}_2\text{S}$  es altamente corrosivo y puede dañar los diferentes equipos a biogás de la vivienda y también generar olores y cambios en la coloración de la llama.

**Tabla 1** | Componentes del Biogás antes y después del filtro.

Componentes	Unidad de Medida	Antes del Filtro	Después del filtro
Metano ( $\text{CH}_4$ )	%	63,2	61,3
Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ )	%	32,7	31,0
Oxígeno ( $\text{O}_2$ )	%	0	0
Sulfuro de Hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ )	ppm	312,0	83,0

Los lodos generados por el biodigestor, así como el efluente líquido del proceso constituyen excelentes abonos orgánicos (Colatto y Langer, 2011); no solo aportan elementos nutritivos al suelo, sino que también ayudan a

la recuperación de los micro y macroorganismos edáficos, lo que aumenta la fertilidad del suelo, ya que estos son los responsables de la recirculación de los nutrientes y de su asimilación por las plantas. En este estudio, los

efluentes líquidos permanecieron 72 horas estabilizándose y se dosificaron en diferentes proporciones dependiendo del cultivo. En el caso de las plantas ornamentales, se aplicaron con mochila mezclados en una proporción de 1:20 litros cada 7 días. Al resto de los cultivos temporales y permanentes, fueron bombeados con una sumergible según el tipo de cultivo, sus exigencias, necesidades de agua y minerales. Estas aplicaciones hicieron posible un incremento de alrededor del 25 % en los rendimientos de los cultivos y la obtención de producciones agroecológicas, sanas y libres de productos químicos.

El consumo promedio por día de los equipos a biogás fue de 1,1 m<sup>3</sup> para el refrigerador; 0,4 m<sup>3</sup> para las ollas y 1,0 m<sup>3</sup> para el biogás, respectivamente, dependiendo del uso y de los alimentos a consumir, en el caso de los dos últimos. Las lámparas se usaron solo como emergencia, en ausencia del fluido eléctrico por lo que el consumo del gas promedio fue casi nulo. El biogás generado garantizó el uso de forma permanente de los equipos mencionados y posibilitó la disminución del consumo de electricidad en aproximadamente un 50 %. Lo anterior equivale a unos 170 kWh/mes alcanzando un costo mensual inferior de 243 pesos, durante los últimos tres años y un ahorro de unos 510 USD/año por el uso de los biofertilizantes en sustitución del fertilizante químico si se llegara a usar.

## Lecciones aprendidas

- La aplicación del concepto de finca agro-energética para la producción integrada de alimentos y energía, sobre bases agroecológicas propuestas por la FAO, fundamentadas en el reciclaje, economía circular y sinergias aplicados a los patios y fincas familiares.
- La implementación de la biodigestión anaerobia como elemento esencial para cerrar ciclos productivos, ambientales y económicos en el medio rural y como una alternativa de sostenibilidad.
- El manejo adecuado de un biodigestor pequeño puede reportar muchos beneficios económicos y sociales a una familia.
- El proceso de filtrado del biogás debe ser eficiente para disminuir la concentración de sulfuro de hidrógeno y así proteger los equipos a biogás y garantizar un mayor tiempo de vida útil.

## Conclusión

El manejo eficiente del biodigestor posibilitó: un tratamiento adecuado de los residuales, el mejoramiento de las condiciones del medio ambiente, un evidente beneficio ecológico y económico, independencia como consumidor energético y de fertilizantes químicos, y una integración total

de los recursos aprovechables dentro del ciclo productivo y social en la vivienda. Como beneficiarios de la tecnología se tiene el caso de 5 personas directamente en el patio y un total de 11, que aprovechan las producciones orgánicas.

## Recomendaciones

1. Generalizar las experiencias de este patio en otros espacios del medio rural con generación de residuos.
2. Mantener un adecuado seguimiento y control del proceso de desulfuración para garantizar la durabilidad de los equipos a biogás.

## Agradecimientos

A la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, por su apoyo en el financiamiento de proyectos internacionales para fomentar la producción y utilización del biogás en Cuba.

A la familia del patio La luz por permitir investigar, capacitar a nuevas personas en estas técnicas ambientales tan importante para el mundo actual.

## Referencias

- Barlóg, P., Hlisnikovský, L., & Kunzová, E. (2020) Effect of Digestate on Soil Organic Carbon and Plant-Available Nutrient Content Compared to Cattle Slurry and Mineral Fertilization. *Agronomy*, 10(3), 379. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030379>
- Campelo Barros, G., Farias Júnior, M., Ferreira dos Santos, M. N., do Nascimento, F. C., Dias Pascoal, C., e Silva Duarte, M. D. (2020). Biogás e agricultura familiar no nordeste brasileiro: a experiência da ONG Cetra apoiada pela cooperação internacional no semiárido cearense. *RedBioLAC*, 4, 39-43.
- Cepero, L, Savran, Valentina, Blanco, D, Díaz Piñón, M. R, Suárez, J., y Palacios, A. (2012). Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 219-226. Recuperado en 12 de agosto de 2021, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942012000200009&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200009&lng=es&tlng=es).
- Colatto, L., e Langer, M. (2011). Biodigestor–resíduo sólido pecuário para produção de energia. *Unoesc & Ciência-ACET. Joaçaba*. 2(2), 119-128. dos efeitos das mudanças climáticas: a experiência da ONG Diaconia. *RedbioLAC*, 3, 29-32.
- Echarte, M. M., Pose, N., y Sanz Smachetti, M. E. (2020). Entendiendo la importancia de la alimentación en la digestión anaerobia. *RedBioLAC*, 4, 65-69.

Energy, 133, 676-684. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.030>

Hernández-Jiménez, A., Pérez-Jiménez, J. M., Bosch-Infante, D., y Castro-Speck, N (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA.

Huerga, I. H., Butti, M H., Massigoge, I, Intaschi, D., Pusineri, L., y Justianovich, S. (2017). Generación de Biogás. (pp. 56) Ediciones INTA.

Suárez, J, Martín, G. J, Sotolongo, J. A, Rodríguez, E, Savran, Valentina, Cepero, L, Funes-Monzote, F, Rivero, J. L, Blanco, D, Machado, R, Martín, C., y García, A. (2011). Experiencias del proyecto BIOMAS-CUBA. Alternativas energéticas a partir de la biomasa

en el medio rural cubano. Pastos y Forrajes, 34(4), 473-496. Recuperado en 12 de agosto de 2021, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942011000400007&lng=es&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942011000400007&lng=es&tlng=pt)

Suárez, J., Martín, G., Cepero, L., Blanco, D., Savran, V., Sotolongo, J. A., López, A., Donis, F., González, O., Peña, A., Hernández, M., y Hernández, M. (2018). Producción integrada de alimentos y bioenergía: la experiencia cubana. Agroecología, 12(1), 47-55. Recuperado a partir de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/330341>

Trejo Lizama, W., Uicab, A. J., & Castillo Caamal, J. B. (2020). Evaluación de efluente de biodigestor como fertilizante orgánico en el cultivo de maíz. RedBioLAC, 4, 125-129.