

Artículo Científico

<https://doi.org/10.52428/20758944.v11i34.705>

## CARACTERIZACIÓN DE BIODIGESTORES TUBULARES DE POLIETILENO EN FAMILIAS DEL SECTOR RURAL DE COCHABAMBA

### TUBULAR POLYETHYLENE BIODIGESTORS CHARACTERIZATION FOR RURAL SECTOR FAMILIES FROM COCHABAMBA

Roger García Antezana (1)

#### RESUMEN

Las variaciones climáticas y meteorológicas de las diversas regiones de nuestro país, hacen que la producción de biogás sea diferente en una zona y en otra. De este modo, es que se ha realizado monitoreo de dos sistemas de biodigestores tubulares de bajo costo y así caracterizar el funcionamiento de éstos en familias de la región del valle cochabambino.

Esta caracterización servirá para disponer de una referencia de la producción de biogás y biol de los biodigestores de acuerdo a la frecuencia de carga, tipo de estiércol con que se carga y clima.

**Palabras clave:** Biodigestores. Frecuencia de carga. Condiciones climáticas. Producción de biogás y biol.

#### ABSTRACT

The climatological and weather variations in the many regions of our country make biogas production different from one place to another. In this way, we have kept track of two low cost tubular biodigester units and thus keep track of them in families around the Cochabamba's valley region.

This tracking will allow having a referential value for biogas and biol production in the biodigestors according to loading frequency, manure type and weather.

**Keywords:** Biodigester. Loading frequency. Weather conditions. Biogas and biol production.

#### INTRODUCCIÓN

Debido a que las familias rurales tienen dificultades para acceder a combustibles, la Cooperación Técnica Alemana GTZ llevó a cabo el programa "EnDev-Bolivia Desarrollo Energético" (Energizing Development), que inició operaciones el 2005 a través del componente "Acceso a Servicios Energéticos" (1), con el objetivo de que las familias rurales puedan acceder a energía moderna para satisfacer sus necesidades básicas y productivas. Las familias del ámbito rural que poseen ganado aprovechan su estiércol como abono en sus cultivos y en algunos casos para cocinar cuando se seca. El proyecto EnDev-Bolivia propuso que el estiércol se podría usar en los biodigestores y de este modo producir biogás, el cual puede ser usado para cocinar, calefacción de agua para duchas, iluminación, generación eléctrica, etc. En este proyecto, el interés estaba en el uso de biogás como combustible en cocinas domésticas en reemplazo del uso de leña, GLP u otro combustible.

Otro aspecto que se debe considerar para el aprovechamiento máximo de los biodigestores, y que además interesa mucho a las familias, es el uso de los efluentes generados (conocido como biol) por el biodigester. El biol se puede usar como biofertilizante orgánico ya que contiene elementos minerales tales como potasio, fósforo, nitrógeno y otros, que pueden ser asimilados de manera directa por las plantas al encontrarse en forma iónica.

En el marco del componente "Acceso a Servicios

Páginas 65 a 69

Fecha de recepción: 26/06/15

Fecha de aprobación: 06/07/15

1. Ingeniero petrolero. Titulado de la carrera de Petróleo, Gas y Energía. Univalle Cochabamba. rogergarcia02@gmail.com

Energéticos”, el Dr. Jaime Martí Herrero, tras su llegada a Bolivia en 2007 presentó los documentos “Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares” y “Biodigestores de polietileno tubular de bajo costo para trópico, valle y altiplano”, a partir de los cuales se comenzó a facilitar conocimiento técnico y práctico a las familias del área rural para que puedan construir y hacer el mantenimiento respectivo a sus biodigestores (1).

Con la presente investigación se pretende, de manera práctica, aportar al desarrollo, conocimiento y al correcto uso que se puede dar a los biodigestores por parte de las familias del sector rural. Este aporte estará enfocada de modo que pueda ser transmitida de familia en familia de modo que puedan apropiarse de esta tecnología, reduciendo la dependencia de técnicos externos y así tener nociones claras del potencial de su producción (1) (2).

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La operación real de los biodigestores por parte de las familias es desconocido y no está bien documentada, encontrando grandes diferencias en cuanto a producción de biogás bajo condiciones externas similares, por lo que es necesario investigar la interacción usuario-tecnología para poder optimizar este binomio.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó sobre dos sistemas de biodigestores:

- Uno en el domicilio de una familia en Tiquipaya donde se tienen instalados dos biodigestores en serie, con un volumen líquido total de 7400 litros, alimentados con estiércol de ganado vacuno (Fotografía N° 1). En este domicilio se instaló solo un gasómetro para cuantificar la producción de biogás del sistema completo. Durante el periodo de monitoreo se encontraron dos perfiles de frecuencia carga bien diferenciados.

Se monitoreó durante 281 días, divididos en dos periodos: uno de 124 días y el otro de 157 días; en los cuales se cargó aproximadamente el 27% de los días para el primero y 10% para el segundo.

La carga tipo, cuando se realiza, es de 235 litros de mezcla 1:3 estiércol:agua para ambos periodos, con los que se obtuvo una carga orgánica diaria media de 1,7 *Kgsv/día* para el primer periodo y 0,14 *Kgsv/día* para el segundo. Estas frecuencias de carga diferenciadas se traducen en un tiempo de retención real de 116 días y 310 días para el primer y segundo periodo.

- El otro monitoreo se hizo en el domicilio de una fa-

milia en Colcapirhua que tiene instalados dos biodigestores en serie de 7400 litros de volumen líquido cada uno, los cuales alimentan con estiércol de ganado porcino con una frecuencia de carga constante. Para los cuales se instalaron dos gasómetros, uno a cada biodigestor. De este modo se pudo cuantificar la producción de biogás del sistema completo y de cada uno de los biodigestores que lo componen.

Se monitoreó durante 272 días, durante los cuales se cargó el 94% de ellos, llegando a identificar una carga tipo de 199 litros de mezcla 1:4 estiércol:agua. La carga orgánica diaria media ha sido de 7,4 *Kgsv/día*, para un tiempo de retención de 40 días al pasar el primer biodigestor y de 80 días al terminar de pasar por el segundo biodigestor.

#### Fotografía N° 1. Biodigestores familia Tiquipaya



*Fuente: Elaboración propia, marzo 2014.*

La composición del biogás se determinó por cromatografía de gases según el método 2720 C de la norma APHA-AWWA-WPFC (1989), en los laboratorios del IIDEPROQ de la UMSA en La Paz.

Sólidos totales y sólidos volátiles se determinaron por Norma Boliviana NB 745 Residuos Sólidos - Determinación de Humedad y NB 746 Residuos Sólidos - Determinación de Cenizas respectivamente en los laboratorios de la Universidad del Valle en su Campus de Tiquipaya.

#### RESULTADOS

En la tabla N° 1 se muestran los resultados de la monitorización que se ha realizado en cada familia. La familia de Tiquipaya se ha diferenciado en los dos perfiles de carga comentados anteriormente, mientras que

en la familia de Colcapirhua se ha diferenciado en cuanto al primer biodigestor en solitario, y el sistema de los dos biodigestores juntos.

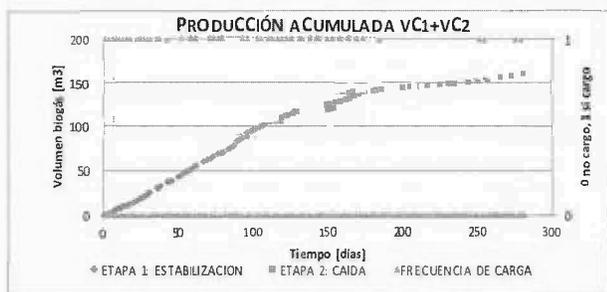
**Tabla N° 1. Resultados del monitoreo**

	Tiquipaya		Colcapirhua	
	Periodo 1	Periodo 2	Biodigestor 1	Biodigestor 2 Sistema
Estiércol	Vacuno		Porcino	
Relación estiércol:agua	1:3		1:4	
Carga promedio (litros)	235		199	
% de días de carga respecto total	27	10	94	
Carga orgánica diaria media (Kg <sub>sv</sub> /día)	1,7	0,14	7,4	
Tiempo de retención real (días)	116	310	40	80
%ST	0,0341	0,0341	0,0519	0,0350
%SV	0,7558	0,7558	0,7576	0,6498
%Reducción ST	61,46	61,46	32,56	40,46
%Reducción SV	9,41	9,41	14,23	17,98
%CH <sub>4</sub> en biogás	49,6		43,86	43,07
Temperatura dentro del biodigestor	19°C		21°C	
Temperatura ambiente promedio	19°C		19°C	
PH	7,1		6,9	

Fuente: Elaboración propia, junio 2014.

El gráfico N° 1 nos muestra el seguimiento que se hizo al sistema de biodigestión de la familia de Tiquipaya, donde se puede observar que existen dos frecuencia de carga diferenciadas (estabilización y caída), que han sido evaluadas por separado. La producción de biogás para el sistema de 882 litros de biogás por día para el primer periodo y 322 litros de biogás por día para el segundo periodo.

**Gráfico N° 1. Seguimiento de la producción y frecuencia de carga sistema de biodigestores de la familia de Tiquipaya**

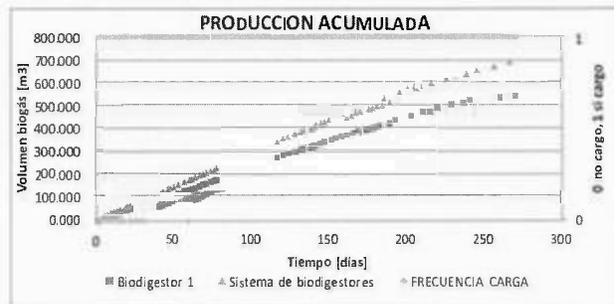


Fuente: Elaboración propia, junio 2014.

El gráfico N° 2 nos muestra el seguimiento que se hizo a los biodigestores de la familia de Colcapirhua, donde se puede observar que la producción de biogás para el primer biodigestor (40 días de TR) es de 2.025 litros

por día y la producción para el sistema de biodigestores (80 días de TR), es de 2.615 litros por día, para una misma frecuencia de carga constante a lo largo de todo el monitoreo.

**Gráfico N° 2. Seguimiento de la producción y frecuencia de carga biodigestor 1 y sistema de biodigestores de la familia de Colcapirhua**



Fuente: Elaboración propia, junio 2014.

### CARACTERIZACIÓN DE LOS BIODIGESTORES

Los biodigestores se caracterizan por tres parámetros: a) Velocidad de carga orgánica (OLR); b) Producción específica de biogás (SBP) y c) Velocidad de producción de biogás (BPR).

La OLR se mide en  $\frac{Kg_{sv}}{m^3_{biodigestor} \cdot día}$  e indica la cantidad de sólidos volátiles que ingresan al biodigestor por unidad de volumen eficiente de éste por día.

La SBP se mide en  $\frac{m^3_{biogas}}{kg_{sv}}$  e indica cuanto biogás se ha producido por kg de sólidos volátiles introducido al biodigestor.

La BPR se mide en  $\frac{m^3_{biogas}}{m^3_{biodigestor} \cdot día}$  e indica el volumen de biogás producido por unidad de volumen eficiente del biodigestor por día.

Estos parámetros fueron calculados para dos tipos de operaciones en un mismo sistema que es el caso de la familia de Tiquipaya y dos sistemas distintos con una misma operación el caso de la familia de Colcapirhua (Tabla N° 2).

**Tabla N° 2. Parámetros de caracterización de biodigestores**

Biodigestor	Velocidad de carga orgánica a) [Kgsv/m3d*d]	Producción específica de biogás b) [m3b/Kgsv]	Velocidad de producción de biogás c) [m3b/m3d*d]
Tiquipaya periodo 1 (*116 d)	0,2244	0,5310	0,1192
Tiquipaya periodo 2(*310 d)	0,0834	0,5216	0,0435
Biodigestor 1 Colcapirhua (*40 d)	0,9952	0,2750	0,2736
Biodigestor 1+2 Sistema (*80 d)	0,4976	0,3551	0,1767

1 Kilogramos de sólido volátil por metro cubico de digester por día

2 Metro cubico de biogás por kilogramo solido volátil día

3 Metro cubico de biogás por metro cubico de digester por día

\*Tiempo de retención real en días

*Fuente: Elaboración propia, junio 2014.*

Como se puede observar en la tabla N° 2, la velocidad de carga orgánica de los biodigestores de la familia Colcapirhua es mayor a la velocidad de carga orgánica de los biodigestores e la familia de Tiquipaya, que se explica principalmente por la diferencia en frecuencia de carga.

En cuanto a la producción específica de biogás, este parámetro nos indica el rendimiento que tiene el proceso de biodigestión al interior de los biodigestores. En el caso del sistema de biodigestión de Tiquipaya, se tienen valores muy similares de SBP para 116 y 310 días de tiempo de retención, lo que indica que se ha superado el tiempo de retención óptimo, y que la digestión anaerobia fue completa. De hecho se puede concluir que la producción última de biogás de estiércol vacuno en un biodigestor tubular en clima del valle de Cochabamba es de  $0,52 \text{ m}^3 \text{ biogas/kg sv}$

Los SBPs de Colcapirhua indican que duplicar el tiempo de retención de 40 a 80 días solo implica aumentar un 30% la producción de biogás.

La velocidad de producción de biogás indica el rendimiento del biodigestor (como tecnología). En el caso del sistema de Tiquipaya, una mayor estancia del

sustrato dentro del biodigestor (por encima de los 116 días de tiempo de retención), además de que no implica una mayor producción de biogás, conlleva una reducción del rendimiento de la tecnología del 64%. En el caso de Colcapirhua se observa cómo el primer biodigestor es más eficiente en cuanto a producción de biogás por día y volumen de sistema, que cuando se añade un segundo biodigestor, bajando el BPR en un 33%. Esto indica que aumentar el tiempo de retención de 40 a 80 días en este caso conlleva un aumento de la producción de biogás (un 30% más), pero duplicando los costes de inversión al duplicar el tamaño del sistema.

Por lo tanto, con estos parámetros calculados se pudo caracterizar por completo los biodigestores estudiados.

### DISCUSIÓN

Bajo la perspectiva de la frecuencia de carga, esta es una de las variables que más efecto tiene en la producción de biogás, como se puede observar en los datos obtenidos de producción diaria.

Podemos decir que la familia de Colcapirhua es la más disciplinada a la hora de realizar la carga diaria, puesto que su actividad principal es la crianza de ganado porcino seguida de la agricultura. En cambio la familia de Tiquipaya es más informal en cuanto a la carga, puesto que su actividad principal es la horticultura seguida de la crianza de ganado lechero. En la horticultura esta familia aprovecha el biol, y por tanto, la operación del biodigestor va más dirigida a los requerimientos de este fertilizante que a los del biogás, y por eso no sienten la necesidad de cargar de forma diaria ni disciplinada.

Con respecto a la calidad del biogás que se obtuvo, podemos concluir que los porcentajes de metano son inferiores a lo que afirman las distintas bibliografías. Esto puede deberse a muchos factores como el tipo de alimento que dan a su ganado entre otros, los que podrían ser abordados en otro tipo de estudios para su respectiva corrección y optimización.

La producción de biogás es aproximadamente  $2,61 \text{ m}^3/\text{día}$  para los biodigestores de la familia de Colcapirhua, en cambio solamente  $0,57 \text{ m}^3/\text{día}$  para los biodigestores de la familia de Tiquipaya. Esta producción es usada en su totalidad para cocinar. Para la familia Colcapirhua es suficiente la cantidad de biogás producido en el día para satisfacer sus necesidades energéticas, en cambio para la familia Tiquipaya esta producción no cubre todas las necesidades energéticas del día. Debido a este inconveniente complementan con otro tipo de combustible como son leña o Gas

Licuado de Petróleo que es accesible y barato en la zona.

La temperatura interna de los biodigestores influye en la producción de biogás, es decir, si la temperatura cae entonces la producción de biogás también. Pero a partir de este trabajo se ha mostrado que la mayor incidencia sobre el funcionamiento de la tecnología viene por parte del usuario y su frecuencia de carga, mientras que la temperatura del biodigestor queda en segundo plano.

Para caracterizar un biodigestor es necesario monitorearlos en condiciones de reales de operación por que el usuario tiene mucha importancia, como se pudo observar en los resultados de la familia de Tiquipaya donde se aprecia como al reducir la frecuencia de carga se produce un 64% menos de biogás.

En el caso de sistemas en serie se pueden monitorear por separado, como en el caso de la familia de Colcapirhua, donde se puede evaluar si es más conveniente aumentar o no la carga de materia orgánica, así como evaluar el aporte que realiza el segundo biodigestor al comportamiento total del sistema.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MARTI HERRERO J. Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. Cooperación Técnica Alemana – GTZ. La Paz, Bolivia: 2008.
- (2) VEEN M, MARTÍ HERRERO J, ACOSTA F, AMELLER G. SNV, HIVOS. Soluciones Prácticas & CIMNE. Estudio de factibilidad para un programa nacional de biogás doméstico en Bolivia. La Paz, Bolivia: 2012.

**Fuentes de financiamiento:** Esta investigación fue financiada con fondos de los autores.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran que no tiene ningún conflicto de interés.

Copyright (c) 2015 Roger García Antezana



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](#).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

**Atribución:** Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumendelicencia](#) - [Textocompletodelalicencia](#)