

Rendimiento de biogás y sus beneficios socioeconómico en el desarrollo rural sostenible de las comunidades altoandinas. Ancash - Perú

“Performance of biogas and its benefits economic partner in the sustainable rural development of the communities altoandinas. Ancash - Peru”

¹Luis Alberto Taramona Ruiz^a, ²Miguel Angel Barrena Gurbillón^b,
²Oscar Andrés Gamarra Torres^a, ³Maximiliano Choy Wong^a,
⁴Yoandro Rodríguez Ponce^c

Recibido, agosto 2017
Aceptado, noviembre 2017

RESUMEN

En la presente investigación beneficiará a la población rural de las comunidades altoandinas, que adopte el biogás y biofertilizante como energía alternativa y abono orgánico, respectivamente; pues tendrán a su disposición un combustible ecológico y abono orgánico a lo largo de todo el año, mejorando su calidad de vida.

Para ello se emplearon biodigestores tubulares de geomembrana de PVC, de 8 y 12 m³ de volumen total (1,27 m de diámetro y 6,7 a 10 m de longitud), con 6 y 9 m³ de volumen de trabajo, respectivamente, ocupado por la mezcla estiércol de ganado vacuno: agua en la proporción 1:5. Se instaló biodigestores en las comunidades andinas.

Ancash. Perú. En base a los resultados obtenidos, a los 38 días de cargado el biodigestor, el biogás producido alcanzó una presión de 10 cm de agua en todo el sistema. para toda esta

¹ Universidad Le Cordon Bleu - Lima
² Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - Chachapoyas
³ Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo - Huaraz
⁴ Universidad de Granma – Cuba
^a biólogo
^b Ingeniero químico
^c Ingeniero mecánico

actividad se requirió un tiempo de funcionamiento de la cocina a biogás de dos hornillas de 5 horas en promedio. Resultados similares se obtuvieron en la evaluación del rendimiento del biogás como combustible de una lámpara adaptada para funcionar a biogás.

Palabras clave: biodigestor tubular, biogás, estiércol: agua.

ABSTRACT

In the present investigation it will benefit the rural population of the High Andean communities, that adopt biogas and biofertilizer as alternative energy and organic fertilizer, respectively; As they will have at their disposal an ecological fuel and organic fertilizer throughout the year, improving their quality of life.

For this purpose, tubular biodigesters of PVC geomembrane of 8 and 12 m³ of total volume (1.27 m in diameter and 6.7 to 10 m in length) were used, with 6 and 9 m³ of working volume, respectively, occupied By the manure mixture of cattle: water in the proportion 1: 5. Biodigesters were installed in the Andean communities.

Ancash. Peru. Based on the results obtained, at 38 days of loading the biodigester, the biogas produced reached a pressure of 10 cm of water throughout the system. For all this activity, it was required an operating time of the kitchen to biogas of two burners of 5 hours on average. Similar results were obtained in the evaluation of the biogas yield as fuel of a lamp adapted to operate to biogas.

Keywords: tubular biodigester, biogas, manure: water.

INTRODUCCIÓN.

La energía renovable es aquella que se produce de manera inagotable, natural, repetitiva y persistente en el medio ambiente en cualquier lugar del planeta; en un tiempo menor al tiempo de vida promedio del ser humano y sin reducir o consumir ningún tipo de recurso, lo que permite suponer que perdurarán un tiempo considerable las usemos o no y su disponibilidad se prevé para cientos o miles de años.

También se le denomina energía verde o sustentable (Twidell y Weir, 2015). El Perú tiene un gran potencial de energías renovables, cuyo aprovechamiento reducirá el empleo de combustibles fósiles y la emisión de gases de efecto invernadero. Las tecnologías para su aplicación están

disponibles y contribuirán a mejorar la calidad de vida de sus usuarios y la salud del planeta.

Por otro lado, debido a la baja productividad de los cultivos y la escasa asistencia técnica a los agricultores en los países en desarrollo, se agudiza la problemática por la falta de alimentos, provocando muertes por hambruna.

Tal realidad, particularmente en el medio rural, plantea la necesidad de elevar la creatividad de la gente, de los profesionales del agro, de las instituciones y de los organismos del Estado, aprovechando al mismo tiempo, las particularidades de cada territorio, país o región.

El cambio climático ha dejado de ser una teoría para convertirse en una realidad que está afectando sensiblemente al planeta tierra, siendo los gases de efecto invernadero (GEI) que se acumulan en la atmósfera los causantes del incremento de la temperatura terrestre.

Entre los GEI están el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄), el primero producido principalmente por la combustión de combustibles fósiles y leña y el segundo por la descomposición del estiércol. La agricultura y la ganadería contribuyen ampliamente a las emisiones de metano, dióxido de carbono y óxido nitroso (N₂O) a la atmósfera. Estos gases provocan un calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera (Primavesi et al., 2004).

Para atenuar el impacto ambiental del metano, el estiércol debe descomponerse en recipientes cerrados y en ausencia de oxígeno (biodigestores anaeróbicos) que retengan en su cúpula el metano y otros gases producidos (como CO₂, H₂S y vapor de agua) que en conjunto se denomina biogás, el cual es un combustible que arde con llama azul, no tizna ni genera humos irritantes.

El biogás sirve como combustible para cocina, lámpara de camiseta o motores de combustión interna; caso contrario, se lo debe quemar en una antorcha para atenuar su efecto negativo para el medio ambiente. La combustión de una molécula de metano produce una sola molécula de dióxido de carbono, con esto se reduce en 30 veces su poder como GEI.

Las plantas absorben, por medio de sus raíces, agua y nutrientes del suelo; con su follaje captan el CO₂ del aire y con su clorofila la luz solar para realizar la fotosíntesis,

cuyo producto es la glucosa que luego polimerizan para producir celulosa que es el componente estructural de las plantas.

En el caso de los pastizales, cuando tienen el tamaño adecuado sirven como alimento del ganado, que después de la digestión es excretado como estiércol que se recoge y procesa en un biodigestor anaeróbico para producir biogás, el que puede ser transportado por tubería a la vivienda donde se emplea como combustible para la cocina en cuyas hornillas arde con llama azul, generando CO₂ y vapor de agua que van a la atmósfera, de donde el CO₂ es captado por las plantas para la fotosíntesis; con esto se cierra el ciclo del CO₂, en consecuencia, el biogás es un combustible ecológico y una fuente de energía renovable.

Para el impulso de la energía renovable no basta con las acciones de gobierno, se requiere de la decidida participación de la sociedad civil. Se trata de la creación de infraestructura productiva familiar o comunitaria, usando como componente principal el empleo de mano de obra rural, lo que permite a los campesinos incrementar su patrimonio, ingreso y bienestar social.

Es conveniente para el productor agropecuario interesado en instalar un sistema de generación de energía renovable en su unidad productiva, que recurra al personal adecuado para conseguir la asesoría técnica, que le ayude a determinar la mejor fuente de energía y el sistema más indicado, de acuerdo no sólo a las condiciones regionales, sino también según la aplicación o aplicaciones que se requieren (SAGARPA y FIRCO, 2007).

El objetivo de la investigación fue aplicar una tecnología apropiada, que genere

energía, cuya producción esté basada en los recursos disponibles en la zona como los residuos orgánicos (plantas, basura orgánica, estiércol, heces humanas) los cuales pueden ser usados para producir energía (biogás) y biofertilizantes (biol: líquido y biosol: sólido).

En el hogar, uno de los usos más importantes del biogás es para cocinar o preparar los alimentos. Con esto se ahorra leña o bien dinero directamente al no comprar otro tipo de combustible para ello.

Dependiendo del volumen de producción, el biogás puede utilizarse hasta 12 horas diarias. De acuerdo con experiencias propias en Nicaragua, el biodigestor plástico provee biogás a una familia de 5 a 8 miembros por un tiempo promedio de 8 horas diarias. La calidad de la llama es buena, no ahúma, no mancha y el olor es normal.

También en el hogar se puede utilizar para producir energía eléctrica, ahorrando así al no hacer uso de otros tipos de energéticos, mejorando de esta manera las condiciones de vida en el campo, principalmente en países como el nuestro que normalmente carece de este servicio público en las áreas rurales (Beteta, 1996).

Esta investigación beneficio a la población rural de zonas altoandinas de la Región Ancash, que adoptaron el uso de biogás y biofertilizante como energía alternativa y abono orgánico, respectivamente; pues tendrán a su disposición un combustible ecológico y abono orgánico a lo largo de todo el año, mejorando su calidad de vida, ya que se disminuirá los niveles de contaminación que produce la combustión de la leña, se podrá tener iluminación en aquellas zonas donde no llega la energía eléctrica y contribuirá a mejorar el ecosistema ya que no seguirá deforestando, a su vez disminuirán los niveles de erosión del suelo y por otro lado, la aplicación a los cultivos de los bioabonos producidos simultáneamente con el biogás, incrementarán la producción agrícola haciéndola ecológica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se emplearon biodigestores tubulares de geomembrana de PVC, de 8 y 12 m³ de volumen total (1,27 m de diámetro y 6,7 a 10 m de longitud), con 6 y 9 m³ de volumen de trabajo, respectivamente, ocupado por la mezcla estiércol de ganado vacuno:agua en la proporción 1:5. La propuesta inicial de instalación del sistema de producción de biogás y bioabonos (Barrena et al., 2010) fue mejorada y se muestra en la Figura 1. Se

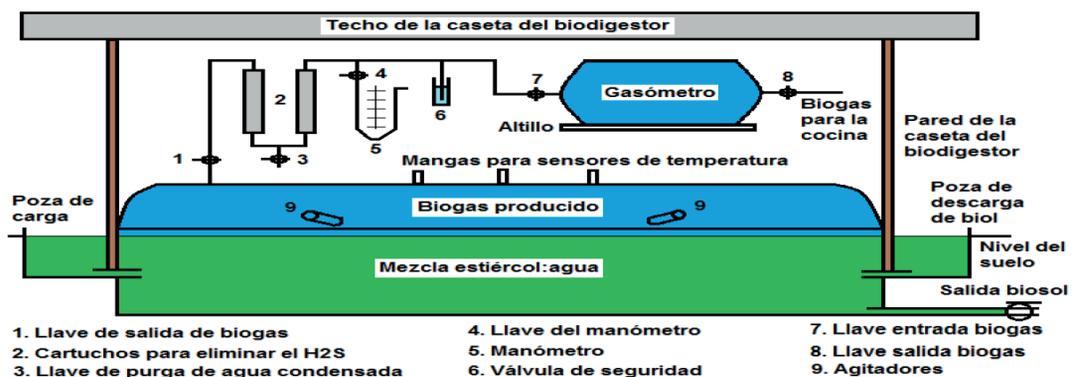


Figura 1. Esquema de instalación del sistema de producción de biogás.

instaló biodigestores en 04 localidades de las comunidades alto andinas de Región Ancash– Perú, de distinta altura sobre el nivel del mar y temperatura ambiente.

El esquema de la Figura 1 considera una poza de ladrillo y cemento sobre el nivel del suelo, cuyo largo fue igual al del biodigestor, de 1 m de alto y 1 m de ancho, reforzada con dos columnas equidistantes de concreto armado sobre las que se hizo el altillo para soportar el gasómetro.

Las pozas de carga y descarga son de ladrillo y cemento con sus bordes e interior tarrajeados, de 50x50x50 cm; las instalaciones se hicieron siguiendo el mismo esquema, con la única diferencia que el biodigestor se instaló en una poza de sección trapezoidal de 90 cm de profundidad, con 70 cm en el fondo y 90 cm en la boca a nivel del suelo, cuyo largo fue igual al del biodigestor.

Los sistemas instalados estuvieron en un ambiente cerrado, sin ventanas, solo con una puerta de acceso; para protegerlos de las bajas temperaturas que se producen en la noche. Cada biodigestor se conectó con tubería de PVC de ½" a un tablero de purificación y control del biogás, ensamblado sobre un panel de triplay de 1,2 m x 1,2 m x 1 cm de espesor, compuesto por dos cartuchos de tubo de PVC de 2" x 50 cm que contenían 2,5 kg de clavos de fierro de 2" cada uno, cerrados con reducciones de 2" a ½", para eliminar el ácido sulfhídrico (H₂S) causante del olor a desagüe del biogás, ambos cartuchos se acoplaron en su base con un accesorio en forma de U con una rama en su parte central cerrada por una llave de paso de ½" para drenar el vapor de agua que condense.

Después de los cartuchos, en la tubería de conducción del biogás se instaló un manómetro en U de manguera transparente de PVC de ¼" con agua debido a la baja presión del biogás y finalmente una válvula de seguridad constituida por una botella de plástico de 1,5 L con 2/3 de su volumen con agua en la que se sumergió 10 cm de la rama de tubería de conducción de biogás, de manera que cuando la presión del biogás supere los 10 cm de agua, máxima presión de operación recomendada para biodigestores de geomembrana de PVC (Barrena et al., 2013), el biogás saldrá por esta rama de la tubería y burbujeará en el agua para salir enseguida al medio ambiente.

Se instaló el gasómetro o balón adicional de almacenamiento de biogás de 2 m³ de capacidad, de geomembrana de PVC. Del gasómetro se condujo el biogás con tubería de PVC de ½" al artefacto donde se empleará como combustible.

La carga de los biodigestores se preparó en cilindros de 200 L que requirieron 35 kg de estiércol fresco (máximo de 4 días) que ocupó poco menos de 1/3 del volumen del cilindro, se completó su volumen con agua libre de cloro, se agitó bien con un palo para eliminar grumos y luego se trasvasó al biodigestor. Un biodigestor de 9 m³ requiere 45 cilindros de 200 L de carga.

En el interior de la caseta que alberga al biodigestor, se registró diariamente la temperatura ambiente y la humedad relativa del ambiente, dentro de cada biodigestor se registró diariamente la temperatura en tres puntos del interior de cada biodigestor ubicados de manera

equidistante a 1 m del centro horizontal del biodigestor y a profundidades de 0,20 m, 0,50 m y 0,80 m con respecto al nivel de la mezcla estiércol-agua contenida en el biodigestor; a lo largo del tiempo de retención hidráulica, para la cocina a biogás se registró el tiempo de cocción necesario para preparar dos kilos de alimentos que integran la dieta diaria de una familia de la comunidad beneficiaria de un sistema de producción de biogás, en la iluminación de un ambiente se registró el tiempo de iluminación de un ambiente de la vivienda rural, logrado con la lámpara a biogás habilitada para este propósito, para la capa arable del suelo

se realizó el análisis de rutina de fertilidad del suelo, para determinar el contenido de nutrientes presentes en el suelo donde se instalaron las parcelas experimentales determinó el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y aluminio intercambiable, para los bioabonos se realizó el análisis de rutina del biol y biosol, para determinar el contenido de nutrientes que aportarán al suelo, tendientes a incrementar el rendimiento en el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, pH y conductividad eléctrica. (Marti, 2008).



Figura 2. Instalación y capacitaciones a las comunidades altonadinas para el uso de biodigestores

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se ha cumplido el objetivo de aprovechar una fuente de energía renovable que es la energía de la biomasa, en este caso representada por el estiércol de ganado vacuno, para producir biogás y bioabonos por descomposición anaeróbica de dicho estiércol.

El biogás combustiona en la lámpara de camiseta con llama amarilla lo que permite iluminar un ambiente de manera adecuada. Con estos resultados se contribuye con una propuesta de tecnología fácil de asimilar por el poblador rural para que mejore su calidad de vida y se propicie su inclusión social.

Cuando la llave de cada hornilla se abrió totalmente, la llama azul alcanzó una altura promedio de 50 cm.

Además, junto con el biogás se ha producido bioabonos o abonos orgánicos denominados biol y el biosol, cuya aplicación a las parcelas experimentales de alfalfa, le ha permitido incrementar su rendimiento con respecto a un testigo al que no se le aplicó fertilizantes.

La relación estiércol-agua empleada fue de 1:5, la temperatura ambiente promedio en las zonas donde se instalaron los biodigestores ha sido de 14°C y se ubicaron a altitudes promedio de 3000 msnm.

A estas condiciones, el biogás producido alcanzó una presión de 10 cm de agua en 38 días, siendo el volumen de biogás producido de 5 m³ (volumen del gasómetro más el de la campana del biodigestor), de lo que se puede deducir que el factor ambiental que influye en la producción de biogás en menor tiempo, es la temperatura ambiente. (Barrena et al., 2013).

Se ha evaluado el tiempo requerido para preparar los alimentos de una familia de cinco integrantes, obteniéndose que se requiere un promedio de 5 horas por día y se verificó que el biogás producido cada día es suficiente para atender esta demanda de energía, con lo que se facilita la labor de cocina de la madre de familia y se evita la deforestación para leña, demostrándose que esta tecnología es amigable con el medio ambiente.

Para demostrar la factibilidad del empleo de biodigestores para producir biogás, se ha realizado la evaluación del potencial

energético y de saneamiento ambiental de la producción de biogás para demostrar la cantidad de energía que se puede producir a partir de 200 kg de estiércol por día, de diez vacas, tomando las condiciones ambientales de las zonas altoandinas de 14 a 15°C (288 K) y 1 atm, en el biodigestor se formarán 4,42 m³ de biogás/día. Se sabe que 1 m³ de biogás (60% de CH₄ y 40% de CO₂) tiene una energía de 6,26 kWh.

La eficiencia en la conversión para la energía eléctrica es 30% y para la térmica 50% (Díaz, 2010).

A los 38 días de cargado el biodigestor, el biogás producido alcanzó una presión de 10 cm de agua en todo el sistema. Ese día se empezó a usar el biogás en la cocina de dos hornillas.

Durante cinco días se hizo la evaluación del rendimiento de biogás como combustible para la preparación de los alimentos de una familia de cinco integrantes; para toda esta actividad se requirió un tiempo de funcionamiento de la cocina a biogás de dos hornillas de 5 horas en promedio (Tabla 1).

Al cabo de este tiempo se observó que el gasómetro se desinfló en un 80%. Resultados similares se obtuvieron en la evaluación del rendimiento del biogás como combustible de una lámpara adaptada para funcionar a biogás.

A partir de este día, se comenzó a alimentar diariamente el biodigestor con 200 L de mezcla estiércol-agua, de esta manera por la cámara de descarga se recoge 200 L de biol listo para ser aplicado a las parcelas experimentales de alfalfa.

TABLA 1: Tiempo de cocción de alimentos para una familia de cinco integrantes con la cocina a biogas.

Tipo de alimento	Tiempo de cocción (minutos)					Tiempo promedio (minutos)
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	
Arroz	48	45	43	46	42	44,8
Papa	52	49	51	47	50	49,8
Alverja	55	60	58	50	56	55,8
Carne guisada	70	65	68	65	69	67,4
Sopa	70	65	65	68	67	67,0

Tiempo promedio requerido por cada día = 284 minutos = 4,75 horas

TABLA 2: Tiempo de funcionamiento de una lámpara a biogas.

Día	1	2	3	4	5
Tiempo de iluminación	4 h 45 min	4 h 40 min	4 h 50 min	5 h 10 min	4 h 40 min

Se debe tener en cuenta que el tipo de suelo de las zonas altoandinas donde se instalaron las parcelas experimentales de alfalfa es franco arcilloso, con pH de 4,8 y contenido de fósforo de 3 ppm.

Para un mejor desarrollo la alfalfa requiere un suelo franco, de pH 5,5 o más y 26 ppm de fósforo.

Como se ve, el suelo empleado tiene escasez de fósforo y pH bajo; sin embargo, la aplicación del biol ha sido favorable para el desarrollo vegetativo de la alfalfa debido a que aporta 92 mg de fósforo por litro y 230 mg de calcio por litro, siendo ambos elementos los que más influyen en el crecimiento de la alfalfa.

CONCLUSIONES

- Se ha empleado la energía de la biomasa, representada en este caso por el estiércol del ganado, para producir biogas y bioabonos, incrementado la producción del pasto y el biogas contribuye a la conservación de bosques porque ya no se necesitará leña para la cocina.
- Se ha logrado hacer funcionar una lámpara de camiseta a biogas para fuente de iluminación, contribuyendo así con tecnologías de fácil aplicación para mejorar la calidad de vida del poblador rural.
- Se ha producido bioabonos (biol y biosol) que se han aplicado a las parcelas experimentales de alfalfa, habiéndose logrado incrementar su rendimiento con respecto a un testigo al que no se le aplicó fertilizantes.

- La relación estiércol-agua empleada fue de 1:5, la temperatura ambiente promedio en las comunidades altoandinas fue de 15°C y se ubica a 3000 msnm.
- El biogás producido alcanzó una presión de 10 cm de agua en 42 días, siendo el volumen de biogás producido de 5 m³ (volumen del gasómetro más el de la campana del biodigestor). El factor ambiental que influye en la producción de biogás en menor tiempo, es la temperatura ambiente.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA) y Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO). 2007. La energía renovable en el sector agropecuario. Una alternativa para el desarrollo rural sustentable. Documento de Trabajo, Junio 2007. México.

Twidell, John & Tony Weir. 2015. Renewable energy resources. Third edition. Routledge, Taylor and Francis Group. London and New York.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrena Gurbillón, M., O. Gamarra y J. Maicelo. 2010. Producción de Biogás en Laboratorio a Partir de Residuos Domésticos y Ganaderos y su Escalamiento. Rev. Aporte Santiaguino; 3(1):1. ISSN 2070-836X. Vol. 3 N°1. Huaraz, Perú.

Barrena Gurbillón, Miguel A., Luis A. Taramona Ruiz, Oscar A. Gamarra Torres y Maximiliano Choy Wong. 2013. Biodigestores tubulares para la producción de biogás. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú 2013-07776. GRAFICA DAVISIA E.I.R.L. Lima, Perú.

Beteta Herrera, T. y J. A. Gonzales S. 2005. Construcción y uso de biodigestores tubulares plásticos. Serie Técnica N° 7. Managua, Nicaragua.

Primavesi O., Shiraishi R.T., Dos Santos M., Aparecida M., Teresinha T., Franklin P. 2004. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. Pesq agropec bras, 2004 39 (3): 277-283.

Martí Herrero, Jaime. 2008. Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares. Bolivia. GTZ PROAGRO.

CORRESPONDENCIA

Dr. Luis Alberto Taramona Ruiz
luis.taramona@ulcb.edu.pe