

## Evaluación del potencial de generación de estiércol como materia prima para la producción de biogás en la Zona Altamira, Tamaulipas

PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva\*†, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y ENRIQUEZ-PADILLA, Jonathan Uriel

*Universidad Politécnica de Altamira. Nuevo Libramiento Altamira Km. 3, Santa Amalia, 89602 Altamira, Tamps.*

Recibido Enero 18, 2017; Aceptado Marzo 23, 2017

### Resumen

En la búsqueda de nuevas alternativas de generación de energía se ha prestado interés a los biocombustibles tales como el biodiesel y bioetanol, sin embargo, estos requieren el consumo de reactivos en el proceso, a comparación de la digestión anaerobia de la biomasa húmeda residual (estiércol), no consume reactivos, y se producen dos productos, el biogás y biol fertilizante, eliminado una fuente de contaminación, y disminuyendo emisiones de metano, las aplicaciones del biogás son generación de energía térmica y eléctrica, entre otras. La zona de estudio es suministrada de energía eléctrica por termoeléctricas de combustibles fósiles, es trabajo de los investigadores en energía e ingeniería ambiental, presentar proyectos de desarrollo sustentable. En esta investigación se estima el potencial de generación de estiércol vacuno en la zona de Altamira, Tamaulipas, con la finalidad de dimensionar la producción de biogás en caso de su aprovechamiento, el censo del INEGI reporta 68,000 cabezas de bovinos en 2014, se concluye que la zona tiene un alto potencial de generación de biogás de 43.4934 m<sup>3</sup> anuales, con un poder calorífico de 819 937.57 kJ/m<sup>3</sup>.

### Potencial, Biogás, Estiercol Bovino

### Abstract

In the search for new alternatives to power generation has been interested in biofuels such as biodiesel and bioethanol, however, these require the consumption of reagents in the process, compared to the anaerobic digestion of residual humid biomass (manure), do not consume reagents, and produce two products, biogas and Biol fertilizer, eliminated a source of pollution, and decreasing methane emissions, biogas applications are generating thermal and electrical energy, among others. The study area is provided with electrical energy by fossil fuel thermoelectrics, it is the work of the researchers in energy and environmental engineering, to present projects of sustainable development. This research estimates the potential for the generation of cattle manure in the area of Altamira, Tamaulipas, in order to dimension the production of biogas in the event of its use, the INEGI census reports 68.000 bovine heads in 2014, it is concluded that the zone has a high potential of biogas generation of 43.4934 M3 annually, with a calorific capacity of 819 937.57 KJ/m<sup>3</sup>.

### Potential, biogas, bovine manure

**Citación:** PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y ENRIQUEZ-PADILLA, Jonathan Uriel. Evaluación del potencial de generación de estiércol como materia prima para la producción de biogás en la Zona Altamira, Tamaulipas. Revista de Sistemas Experimentales 2017, 4-10: 34-40

\*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: sheila.perez@upalt.edu.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La fluctuación reciente en los precios de los combustibles fósiles, su naturaleza finita y deterioro de la calidad del medio ambiente, obligan a los investigadores, inversionistas y a la ciudadanía a participar en la búsqueda de nuevas alternativas.

Las FAO y la ONU son organizaciones mundiales que apoyan el uso de bioenergéticos, estos pueden obtenerse mediante el uso de la biomasa natural y residual como materia prima para obtener bioalcoholes, biodiesel y biogás, biohidrógeno y pellets entre otros (Mejías-Brizuela, 2016).

En el sector pecuario se utiliza el ganado bovino, porcino, y avícola, para explotación primaria o secundaria, dicho sector desecha residuos sólidos y semi-sólidos con alta carga orgánica y bacteriana que genera un alto impacto ambiental, principalmente estiércol, que sirve de materia prima para generar el biocombustible biogás. Al término de la digestión anaerobia se destruyen los parásitos intestinales del efluente, eliminándose una fuente de contaminación (Ponce, 2016).

El estiércol de vaca se degrada aerobiamente produciendo metano, uno de los gases de efecto invernadero con un impacto 30 veces mayor que el anhídrido carbonico. En ocasiones es utilizado como abono directo, pero al reaccionar con el oxígeno del aire ambiente se libera energía térmica de la reacción, capaz de inhibir la germinación de la semilla y ofrece sus nutrientes aproximadamente en un año.

La Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos define el biogás como el gas que se produce de la conversión biológica de la biomasa como resultado de su descomposición, químicamente es la mezcla de gas metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en diferentes porcentajes, generalmente 60 y 40 por ciento respectivamente.

El biogás puede contener trazas de hidrocarburo, vapor de agua  $\pm 4\%$ , y ácido sulfhídrico  $\text{H}_2\text{S} \pm 1\%$ , (Ponce, 2016). A pesar de ser un biocombustible requiere una etapa de purificación para la eliminación del sulfuro de hidrógeno, gas tóxico y corrosivo, de efecto invernadero, su método de eliminación dependerá del límite máximo permisible que defina la normatividad aplicable.

La digestión anaerobia es el proceso para realizar la conversión de la biomasa húmeda residual (estiércol) en biogás, este proceso se realiza en 4 etapas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis, obteniendo como subproducto un fertilizante conocido como biosol, el cual posee elementos como el nitrógeno, fósforo y potasio. La eficiencia del proceso dependerá de la calidad de la materia prima, temperatura de operación, pH y tiempo de retención hidráulica.

Los beneficios de usar el estiércol como materia prima permitirían la producción de un combustible, fertilizante orgánico, disminución de emisiones naturales de metano, disminución de contaminación por fertilizantes químicos sintéticos, disminución del gasto económico al no depender de la compra de fertilizantes, y ahorro o venta de combustible.

Un factor importante es que el tratamiento del residuo estiércol, no genera otros residuos, la materia prima es de costo bajo o nulo y fácil de acopiar.

En la actualidad no se realiza un tratamiento adecuado a las excretas de ganado, esto implica mantener un foco de infección latente y perjudicial para la comunidad en general (Vera-Romero, 2013).

Altamira es un municipio del estado de Tamaulipas en México. El municipio colinda al norte con los municipios de Aldama y González; al sur con Ciudad Madero y Tampico al este con el Golfo de México y al oeste con el estado de Veracruz y el Municipio de González. Tiene un área territorial de 1662.36 km<sup>2</sup>. La organización territorial de la ciudad de Altamira es de 8 polígonos, siendo estos Zona Centro, Centro Norte, Miramar, Tampico Altamira, Monte Alto, Laguna de la Puerta, Cuauhtémoc y Zona Rural. En lo que respecta a la tenencia de la tierra, es predominantemente ejidal y en lo que se refiere al uso, es básicamente agrícola.

La CFE abastece a la ciudad de Altamira con 4 centrales termoeléctricas con una capacidad de 800 MW. En cuanto a la producción independiente en el año 2003 en un contrato de compraventa durante 25 años se construyó una central de ciclo combinado en Altamira para generar 1121 MW; de igual manera en el complejo industrial portuario se localizan las centrales Altamira II con capacidad de generar 495 MW y Altamira III y IV con 1030 MW de generación. (Plan Municipal de Desarrollo, 2016).

En el municipio de Altamira la generación de energía se realiza en centrales termoeléctricas fósiles, con la finalidad de proponer el uso de fuentes renovables se realiza el presente trabajo de investigación.

### Justificación

Tamaulipas se caracteriza por ser uno de los estados con mayor existencia de ganado, superado por Coahuila, Chihuahua y Veracruz (INEGI, 2014), cuenta con más de un millón de cabezas de ganado en el estado, en Altamira cuentan con casi 70,000 cabezas de bovinos.

Conocer el potencial de generación de estiércol, en la zona de Altamira, Tamaulipas, es el primer paso para determinar la posibilidad de instalar una planta piloto de producción de biogás con dicha materia prima.

### Problema

El medio ambiente es de suma importancia en la calidad de vida del ser humano, con la industrialización se ocasiono la contaminación antropogénica, la cual es regulada mediante organismos nacionales e internacionales, así como la normatividad correspondiente.

La ganadería es una actividad que provee al hombre de productos cárnicos y lácteos, necesarios para la alimentación, el ganado bovino genera deyecciones, las cuales son una fuente de contaminación natural, sin regulación o aprovechamiento, sus características permiten digerirlas anaerobiamente y producir biogás.

El aprovechamiento de las deyecciones bovinas permitiría obtener un biocombustible y disminuir la contaminación natural, siendo la solución al problema de su disposición final.

### Hipótesis

La zona de Altamira Tamaulipas tiene alta disponibilidad de estiércol bovino para generación de biogás.

### Objetivos

#### Objetivo General

Determinar cuantitativamente en base a estadísticas, la generación de biomasa húmeda residual ganadera (estiércol bovino) en el Municipio de Altamira, Tamaulipas.

#### Objetivos específicos

- Cuantificar y clasificar el Ganado vacuno en el Municipio de Altamira, Tamaulipas.

- Dimensionar el impacto ambiental generado por el estiércol en el Municipio de Altamira, Tamaulipas.

### Marco Teórico

Cuando una vaca come, mastica sólo lo suficiente para tragar la comida. Esta pasa a los dos primeros estómagos, el rumen y el retículo.

El rumen o panza es el estómago más grande, junto con el retículo tienen una capacidad de 200 litros en los animales adultos. Aquí se lleva a cabo la fermentación del alimento por medio de microorganismos que se encargan de hacer digeribles la fibra y los carbohidratos de los forrajes.

La actividad ganadera produce entre 15-20% de la emisión mundial de metano. Los bovinos emiten gas metano porque su proceso digestivo ocurre bajo condiciones anaeróbicas y participan diferentes tipos de bacterias que degradan la celulosa a glucosa, posteriormente fermentan a ácido acético y reducen el dióxido de carbono, formando metano en el proceso (Carmona, 2005).

Las deposiciones fecales, estiércol del bovino están compuestas principalmente por agua y por los elementos no digeridos, ya sea por fibra lignificada indigerible o por granos con cubierta muy firme, o por otras fracciones alimenticias que podrían ser digeridas, pero que no lo son por un pasaje muy rápido por el tracto intestinal, como ser alimentos en partículas muy finas, algunos sectores de fibra del forraje, alimentos muy digestibles, granos enteros, etc.

Las defecaciones del bovino difieren de casi todas las especies animales por su alto contenido en agua, la que está en relación directa con la cantidad de heces excretadas y con la mayor o menor aptitud para concentrarlas.

El bovino adulto defeca de 10 a 15 veces por día, cubriendo 1 – 1.5 m<sup>2</sup>, generando 20 - 30 kg/día, pudiendo elevarse hasta 45 kg.

Las deyecciones pecuarias es básicamente el estiércol que se queda en el lugar donde fue expulsado sin ningún tipo de tratamiento. Una vaca normalmente tiene unas deyecciones del 8% de su peso por lo cual una vaca de unos 700 kilos defecará 56 kilos estiércol. (Mendoza, 2008). Un kilo de estiércol vacuno puede producir entre 37 a 170 ml de gas metano, durante un periodo de 10 a 18 días (Cruz, 2011).

Las investigaciones sobre cuáles son las emisiones que tienen las deyecciones de las vacas son muy amplias y está comprobado que una vaca podría contaminar más que un coche por eso su tratado debe ser preciso y conciso (Plata, 2012).

La digestión anaerobia permitiría valorizar la energía del estiércol, producir energía renovable en un corto plazo, proporcionar al agricultor el biocombustible y fertilizante además de eliminar una fuente de contaminación.

### Metodología de Investigación

Esta investigación está basada en datos reales que son obtenidos directamente de la página del INEGI que sus siglas significan “Instituto Nacional de la Estadística y Geografía” que en México llevan a cabo el conteo de todo tipo de cambios como el censo de la población, censos económicos y censos agropecuarios.

Se realizó la cuantificación de la materia prima y cuanta de esta es primordial en el uso para la generación del biocombustible.

En Tamaulipas se encuentran alrededor de 1, 034,140 de cabezas de ganado, de las cuales aproximadamente el 7% se encuentran en Altamira.

En la tabla 1, se describen las cantidades de cabezas de ganado de acuerdo con su actividad zootécnica, siendo 68 000 cabezas totales en 2014.

Actividad zootécnica del ganado	Cantidad de ganado
Ganado solo para cría de becerros	35, 000
Vacas para producción de leche	2, 000
Vacas para ordeñar y criar becerros	5, 000
Reses para trabajo	2, 000
Reses en engorda	20, 000
Sementales	4, 000
<b>Total</b>	<b>68, 000</b>

**Tabla 1** Actividad zootécnica del ganado en la ciudad de Altamira.

Fuente: (INEGI 2014)

La generación de estiércol esta relacionada con el peso del ganado, en la tabla 2 se muestra la estimación del peso total del ganado, considerando el peso y la cantidad de ganado para cada actividad zootecnia.

Actividad zootécnica del ganado	Peso de la vaca (Kg)	Cantidad de vacas	Peso total de las vacas (toneladas)
Ganado solo para cría de becerros	600	35, 000	21,000
Vacas para producción de leche	550	2, 000	1,100
Vacas para ordeñar y criar becerros	550	5, 000	2,750
Reses para trabajo	800	2, 000	1,600
Reses en engorda	1000	20,000	20,000
Sementales	800	4, 000	3,200
<b>Total</b>		<b>68, 000</b>	<b>49650</b>

**Tabla 2** Peso aproximado de materia prima generada.

Fuente: (INEGI 2014)

El total del ganado suma 49 650 toneladas de peso, considerando que generan el 8% de su peso en estiércol, se muestran las cantidades generadas en toneladas en la tabla 3, para la zona de Altamira.

Día	Mes	Año
3 972	119 160	1 449 780

**Tabla 3** Cantidad de estiércol en toneladas

Fuente: Elaboración propia

La recolección del estiércol debe hacerse de manera fácil, en punto focalizado, tal como el corral, por eso el factor determinante es el tiempo de estación del ganado en el corral. Para el ganado vacuno el tiempo de estación es de 12 horas, por lo tanto, solo es posible la recuperación del 50% de la generación (Vera-Romero, 2013). En la tabla 4 se muestran las estimaciones de las toneladas de estiércol susceptibles de recuperarse.

Día	Mes	Año
1 986	59 580	724 890

**Tabla 4.** Cantidad de estiércol recuperable

Fuente: Elaboración propia

Una tonelada de estiércol produce alrededor de 60  $cm^3$  de biogás (abt-bussines group, 2012) considerando esto, en la tabla 5 se estima la producción de biogás total

	Día	Mes	Año
<b>Materia prima en toneladas (estiércol)</b>	1 986	59 580	724 890
<b>Producción de biogás en <math>cm^3</math></b>	119 160	3 574 800	43 493400
<b>Producción de biogás en <math>m^3</math></b>	0.11916	3.5748	43.4934

**Tabla 5** Producción de biogás

Fuente: elaboración propia

El valor energético de 1 m<sup>3</sup> de biogás con un 60% de metano equivale a 0.7 litros de gasolina o 2.4 kW-hora de electricidad o 0.6 m<sup>3</sup> de gas natural o 1.3 kg de madera (Ponce,2016).

## Resultados

El biogás tiene un poder calorífico de 18 852 kJ/m<sup>3</sup>, (Vera-Romero, 2013). En la tabla 6 se observa el potencial energético proporcionado por el biogás.

	Día	Mes	Año
<b>Producción de biogás en m<sup>3</sup></b>	0.11916	3.5748	43.4934
<b>Poder Calorífico kJ/m<sup>3</sup></b>	2 246.40	67 392.12	819 937.57

**Tabla 6** Poder calorífico estimado

Fuente: elaboración propia

Considerando un porcentaje de metano del 60% en la mezcla de biogás se estima la producción potencia energética en la tabla 7.

	Día	Mes	Año
<b>Producción de biogás en m<sup>3</sup></b>	0.11916	3.5748	43.4934
<b>Potencia eléctrica kW-h</b>	0.28	8.57	104.38

**Tabla 7** Generación de Potencia estimada

Fuente: elaboración propia

## Conclusiones

En el presente trabajo de investigación se alcanzan los objetivos, cuantificando el ganado bovino de la Zona de Altamira, Tamaulipas. Siendo de 68 000 cabezas en el 2014, clasificados en diferentes áreas zootecnicas, con una producción de estiércol anual de 1 449 780 toneladas, susceptibles de generar 43.4934 m<sup>3</sup> de biogás, con un poder calorífico de 819 937.57 kJ/m<sup>3</sup>, que servirían para generar 104.38 kW-h de energía eléctrica.

La hipótesis es positiva, en la Zona de Altamira, Tamaulipas, se puede generar un gran volumen de biogas con el estiércol vacuno, aproximadamente 43.4934 m<sup>3</sup> de biogás, sin embargo se concluye que su aplicación en la generación de energía eléctrica es sumamente baja, siendo la mejor opción aplicarlo a la generación de energía térmica, con los consecuentes beneficios ambientales de la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, eliminación de focos de contaminación, y producción de fertilizante.

## Referencias

ABT-GROUP. ENERGY RENEWABLES. Consultado el 27 de junio de 2017 en <http://www.abtgrupo.com/renewables.php?id=31>

Carmona Juan C. Zoot Esp; Bolívar Diana M, Zoot MSc; Giraldo Luis A, Zoot MSc (2005), “El gas metano en la producción ganadera, y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo”, Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.

Cruz Rosales Magdalena, (2011), “El estiércol, ¿material de desecho o de provecho”, Depto. De Biodiversidad y Ecología Animal, Consultado 12 de agosto 2017 , <http://www.cronica.com.mx/notas/2011/593631.html>

Ernesto Ponce, (2016), “Métodos Sencillos en Obtención de Biogás Rural y su Conversión en Electricidad”, Escuela Universitaria de Ingeniería Mecánica. IDESIA Chile

Figueroa-Miramontes Uriel, Cueto-Wong José A., Delgado Jorge A., Nuñez-Hernandez Gregorio, Reta-Sanchez David G., Quiroga-Garza Hector M., Faz-Contreras Rodolfo, Marquez-Rojas José L. (2010). “Estiercol de Bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero” Tierra Latinoamericana, Chapingo, ISSN: 0187:5779

Instituto Nacional de la Estadística y Geografía, Revisado el 16 de junio de 2017 <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/agropecuarias/ena/ena2014/>

Mejias-Brizuela Nildia, Orozco-Guillen Eber, Galáan-Hernandez Nestor, (2016) “Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México”, Revista de ciencias ambientales y recursos naturales.

O. Teniza-Garcia, (2015), “Producción de Metano utilizando residuos Cunícolas”, Revista Mexicana de Ingeniería Química. Vol. 14. No.2

Ortega Viera Lianys MsC, Rodriguez Muñoz Susana Dra., Fernandez Santana Eliana Dra., Bàrcenas Pèrez Liuver MsC. (2015),”Principales Métodos para la Desulfuración del Biogás” Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Vol. XXXVI, No. 1

Plan Municipal de Desarrollo 2016-2018. Organismo del Gobierno Constitucional del Estado Libre y Soberano de Tamaulipas. Consultado 10 de agosto 2017. [www.tamaulipas.gob](http://www.tamaulipas.gob)

Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, D.O.F. Consultado el 28 de junio de 2017 [www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/4140/1/reg\\_lgpgir.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/4140/1/reg_lgpgir.pdf)

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca Consultada 13 de agosto 2017. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documentos/fichasaapt/Utilizaci%F3n%20de%20esti%E9rcoles.pdf>

Vera-Romero Iván, Esrada-Jaramillo Melitón, Martínez-Reyes José, Ortíz Soriano Agustina (2013), “Potencial de generación de Biogás y Energía eléctrica. Parte I: excretas de ganado bovino y porcino. Ingeniería e Investigación tecnológica.

Vera-Romero Iván, Esrada-Jaramillo Melitón, Martínez-Reyes José, Ortíz Soriano Agustina (2013), “Potencial de generación de Biogás y Energía eléctrica. Parte II: Residuos Sólidos Urbanos.