



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"DETERMINACIÓN DEL PODER ENERGÉTICO DEL ESTIÉRCOL
DE VACUNO Y OVINO DE GRANJAS PARA LA GENERACIÓN DE
BIOGÁS"

Trabajo de Investigación para optar el grado de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

Presentado por:

Kenberly Sandy Joyo Chacmana

Asesor:

Ing. Jorge Luis Cárdenas Ruiz

Ingeniero Químico

Lima - Perú

2019



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°137-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 30 de septiembre de 2019

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **Determinación del poder energético del estiércol de vacuno y ovino de granjas para la generación de biogás**, presentado por:

- Kenberly Sandy Jjoy Chacmana

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller en **Ingeniera Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **Determinación del poder energético del estiércol de vacuno y ovino de granjas para la generación de biogás** con N° de registro de la carrera: **021-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Ing. Jorge Luis Cárdenas Ruiz** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

DETERMINACIÓN DEL PODER ENERGÉTICO DEL ESTIÉRCOL DE VACUNO Y OVINO DE
GRANJAS PARA LA GENERACIÓN DE BIOGAS

Kenberly Sandy Joyo Chacmana

Universidad Científica del Sur, Facultad de ciencias ambientales, Lima, Perú

kenberlyjoyochacmana@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el poder energético del estiércol de vacunos y ovinos de granjas desde el punto de vista como alternativa de fuente de energía renovable. Se toma como iniciativa la evaluación situacional actual del uso de los combustibles fósiles que no solo son un recurso limitado, sino que también contribuyen al calentamiento global, acelerando el cambio climático y necesitando con urgencia una transición hacia un suministro de energía más sostenible.

Hoy en día los diferentes países en unión por el medio ambiente van desarrollando políticas ambientales que se están dedicando principalmente a fomentar el desarrollo y la implementación de tecnologías de energías renovables. Un aspecto importante de esta transición es el intento de demostrar los posibles beneficios ambientales y económicos del uso de digestión anaeróbica para el tratamiento de estiércol animal, ya que siendo criticada por muchos años por haber contribuido al calentamiento global en un 14.5% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Carmona, 2015), hoy en día se maneja con nuevas tecnologías.

Este artículo determina la situación de los recursos energéticos del estiércol de una de las granjas de Urubamba distrito autónomo en el sur del departamento de Cusco, donde el estiércol producido en el sector ganadero es aquello que generan subproductos con un contenido de energía potencialmente alto que son adecuados para la energía térmica

y eléctrica, ya que así reducirían los efectos ambientales negativos de las emisiones de los combustibles fósiles y de estos mismos.

Palabras clave: Poder energético, estiércol, vacunos, ovinos, calentamiento global, biogás, energías renovables, sostenibilidad.

ABSTRACT

The objective of this work is to determine the energetic power of cow and sheep manure from farms from the point of view as an alternative source of renewable energy. The current situational assessment of the use of fossil fuels is taken as an initiative that is not only a limited resource, but also contributes to global warming, accelerating climate change and urgently needing a transition towards a more sustainable energy supply.

Nowadays, the different countries in union for the environment are developing environmental policies that are mainly dedicated to promoting the development and implementation of renewable energy technologies. An important aspect of this transition is the attempt to demonstrate the possible environmental and economic benefits of the use of anaerobic digestion for the treatment of animal manure, since being criticized for many years for having contributed to global warming by 14.5% of the emissions of Greenhouse gases (GHGs) (Carmona,2015) ,nowadays it is managed with new technologies.

This article determines the status of energetic resources of manure from one of the Urubamba autonomous district farms in the south of the department of Cusco, where the manure produced in the livestock sector is what generates byproducts with a potentially high energy content that are suitable for thermal and electrical energy, as this would reduce the negative environmental effects of fossil fuel emissions and these.

Keywords: Energetic power, manure, cattle, sheep, global warming, climate change, biogas, sustainability.

REVISIÓN TEÓRICA

Antecedentes

Durante los últimos años, el cambio climático se ha ido desarrollando aceleradamente, y muestra de ello, se ha ido viendo los cambios en la naturaleza en las diferentes partes del mundo; la mayoría de estos cambios bruscos que se han manifestado han sido: ambientales, sociales y económicos que enfrentan todas las sociedades; y que estos mismos a su vez están asociados al consumo de energía, la demanda de agua y otros servicios destinado a las necesidades básicas de la población.

Uno de los principales servicios de la población es el requerimiento de petróleo crudo y gas natural (Ortez y Zelada, 2010) , lo cual se han ido utilizando durante décadas, siendo estas las principales fuentes de energía en las economías. Por otro lado, la agricultura y la producción ganadera han sido también uno de los contribuyentes de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso a la atmósfera, donde se ha evidenciado las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) que en su mayoría alegan a los consumos de estos combustibles fósiles y a la producción ganadera de ovinos y vacunos, lo que ha ido acelerando de manera muy impulsivamente el cambio climático (Carmona et al, 2005).

La preocupación no es solo sobre los impactos negativos en el medio ambiente; sino también es la disminución de las reservas de combustibles fósiles, ya que el desarrollo y operación de los sistemas actuales de producción y consumo ha de necesitar siempre grandes cantidades de energía para mantener a inmensas poblaciones de requerimiento de servicios básicos. Es así como, la sociedad de los países más pobres tiene poco consumo de energía, mientras que el consumo energético de los países más ricos tiene

su necesidad cada vez más superior, aun así, cuando sus procesos de consumo sean mucho más eficientes y existan importantes campañas de concienciación para el ahorro energético, esto seguirá subiendo, debido al desarrollo del país ante la demanda de nuevas tecnologías. La situación actual se puede constatar en la medida que se va a analizar el aumento del consumo energético referenciado a los países en vías de desarrollo.

Particularmente, se ha llegado a una situación inquietante, donde se está logrando centrar la atención del mundo en la búsqueda y adopción de fuentes de energía alternativas, uno de los que destaca, es el uso del estiércol como fuente de energía para la digestión anaeróbica para la generación de biogás y/o electricidad; su uso contribuiría a minimizar la dependencia energética de los combustibles fósiles otorgando un mejor abastecimiento energético y una mayor seguridad compensable con el medio ambiente (Arce, 2011). Un ejemplo en concreto que se tiene es en Asia la utilización de residuos de animales resulta ser altamente provechosa como combustible (Paniego, 2016).

Problemática de los residuos de la ganadería y el calentamiento global

Las emisiones de los GEI del sector ganadero a nivel regional y nacional se producen en formas de metano (44%), óxido nitroso (29%) y dióxido de carbono (27%), lo que a su vez cada año el incremento de estos animales proporcionará mayores emisiones en un futuro. En el año 2017, por ejemplo, la producción e incremento de los vacunos fue alrededor de 98,9 mil toneladas, esto debido a la gran demanda del consumismo que año tras año va creciendo. Relativamente, en los reportes ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) las emisiones de estos gases provenientes de los vacunos y ovinos son contabilizadas, para cada país, dentro de

subcategorías del sector agricultura; lo cual el Perú está dentro de la categoría de la fermentación entérica, manejo del estiércol, cultivo de arroz, entre otros, las cuales son provenientes de estas actividades (Gutiérrez y Rojas, 2016).

Los vacunos resultan ser los responsables del 65% de las emisiones ganaderas, donde tiene una participación variada de esta especie en las emisiones por fermentación entérica en los países andinos. La estructura poblacional de las especies ganaderas en cada país tiene que ver con los valores más altos que corresponden a países que tienen mayoritariamente vacunos, y los más bajos a aquellos que tienen poblaciones importantes de otros. La ganadería en sitios de altura posee la característica excepcional de realizar la actividad, algo que ocurre en algunos sistemas productivos en el mundo, presentando un escenario que necesitará de acciones particulares para reducir emisiones (Gutiérrez y Rojas, 2016).

Producción del estiércol

El estiércol se compone de una mezcla compleja e irregular de las deyecciones líquidas y sólidas de los animales de granja, alimento rechazado, factores digestivos, materiales de biomasa forestal residual que después de haber sido procesadas en su organismo, existe un excedente que ya no son necesarios (Tóala, 2013); estos, aunque se considere desechos inútiles, las diversas tecnologías creadas e implementadas han ido buscando un reaprovechamiento, la cual la forma más común y fácil de tratar estos residuos producidos es esparciéndolas en los campos de cultivo para enriquecerlos de alto valor nutritivo para las cosechas; sin embargo, el exceso de estas cantidades podría producir afectación a la napa freática de las cuencas hidrográficas y sobrefertilización de suelos (Arellano, Cruz y Huerta; 2014).

Los diferentes procesos digestivos de los vacunos y ovinos principalmente causan emisiones de metano (Cornejo y Ann, 2010) ; un tipo de fermentación entérica, la cual se refiere a una fermentación por microbios en el sistema digestivo de los animales (Fernández, García y Gómez; 2007). El metano es uno de los gases más potentes del efecto invernadero, ya que aproximadamente son 21 veces más fuerte que el dióxido de carbono, lo que demuestra que su potencial de absorción de radiación es superior (Moss et al., 2000).

Mas aun, el metano es uno de los gases emitido por el animal que en su mayoría son vacas, ovejas, caballos, burros, cerdos, entre otros y su manejo del estiércol va a depender también del almacenamiento de la comida, condiciones ambientales y composición de este (Bonilla y Lemus, 2012). Asimismo, las condiciones como el incremento de la temperatura y humedad en el medio favorecen la producción del metano, ya que la composición del estiércol esta relacionada directamente relacionada al animal y a su balance de alimentación diaria (Cornejo y Ann, 2010).

Relativamente diversos estudios presentan que los vacunos con 450kg de peso vivo producen entre 8.5 y 12 toneladas anuales y los ovinos un aproximado de 16 a 6 toneladas anuales, cantidad suficiente para generar residuos y estiércol sobre el medio ambiente. Es decir, la generación de estiércol está en función del peso del ganado (Pérez et. al, 2017). Estos al ser evaluados en las investigaciones se van a cuantificar y a determinar, por día, m³ y Kilogramos, lo que se tomaría la atribución de aplicar alguna tecnología sobre los metros cúbicos utilizados para el residuo (Ávila 2012).

Tecnologías alternativas de conversión de metano a energía

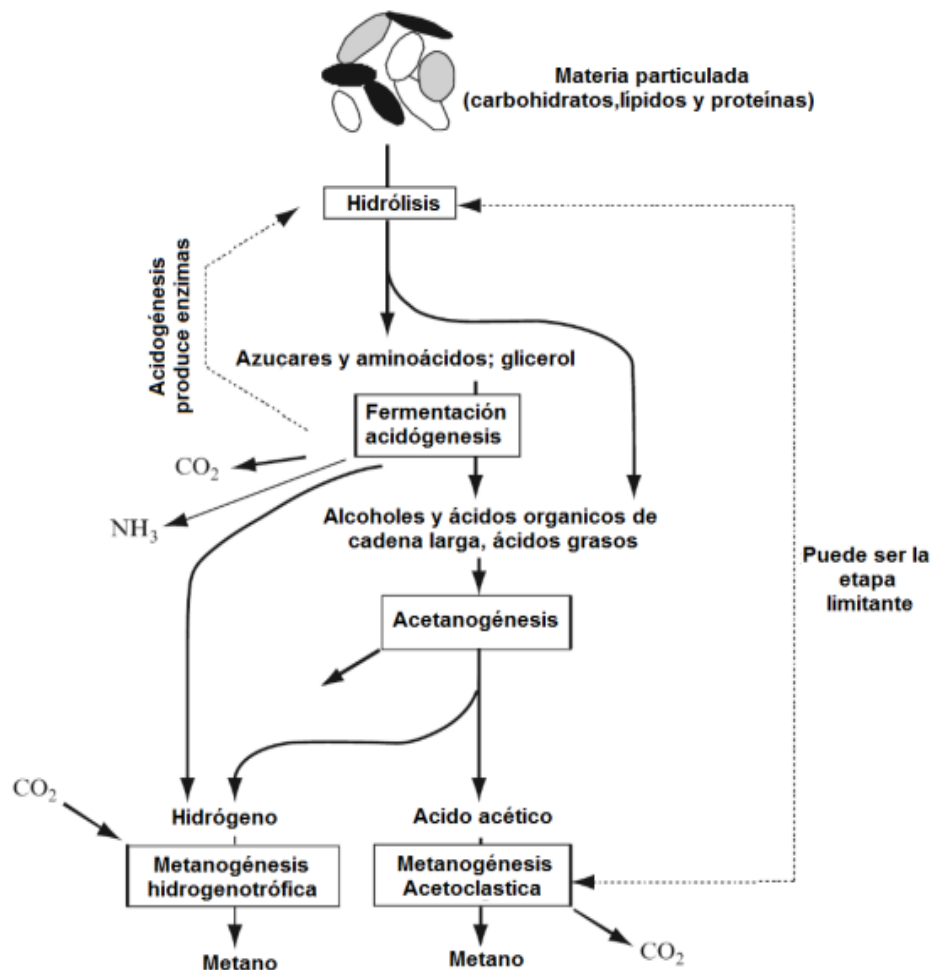
El uso de los recursos locales e integración de las actividades rurales en la sierra peruana provocará la eliminación de residuos sin previo tratamiento, poniendo en riesgo los cuerpos de aguas, suelos, plantaciones y a la misma población; es por ello por lo que se toma opciones de planteamiento de tres tecnologías como alternativas a los métodos de disposición de la tierra para los pequeños agricultores como: Digestión anaerobia, combustión directa y gasificación (Rivas, et al, 2012). En este caso se centrará en la primera alternativa para la generación de biogás.

Digestión anaerobia: Convencionalmente es un proceso biológico donde los microorganismos transforman los materiales orgánicos a metano, dióxido de carbono y otros compuestos orgánicos en ausencia del oxígeno. Los digestores anaeróbicos suelen consistir en grandes fermentaciones de depósitos con mezcla de calefacción, mecánica y recogida de gases. Su aplicación del proceso puede ser en cualquier sitio que se produzca materiales orgánicos y la eficiencia de la conversión dependerá de muchos factores, como el tiempo de retención en el digestor, la calidad y temperatura del digestor (López, 2013).

Asimismo, el tiempo de retención es estrictamente dependiente de la temperatura de funcionamiento. Cuando el tiempo de retención típico es de 15 a 30 días, donde la temperatura está en el rango mesofílico (20–45 ° C), pese a ello, operando el proceso con temperatura en el rango termofílico (temperatura > 45 ° C), el tiempo de retención puede reducirse a 12 a 14 días. Asimismo, estos últimos ofrecen una mayor producción de metano y mejor reducción de virus y patógenos, pero singularmente requiere de una mayor aportación de energía y un elevado costo de operación en comparación con el otro sistema (Gobierno de Aragón, 2010).

La digestión anaeróbica involucra cuatro etapas: Primera la hidrólisis de las macromoléculas, donde la materia será particulada; segundo la acidogénesis de los monómeros; tercero la acetogénesis y por último la metanogénesis, el cual es el producto final de esta digestión. Cabe resaltar que cada una de las etapas son llevadas por diferentes grupos de microorganismos. A continuación, se muestra del proceso de digestión anaeróbica (Bayona y Cortes, 2015).

Figura.1. Etapas de la digestión anaeróbica



Fuente: Bayona y Cortes (2015).

Producción y potencial del biogás

Después del proceso de descomposición de los tejidos orgánicos del estiércol, en un ambiente húmedo y carente de oxígeno, el biogás viene como producto del metabolismo de las bacterias metanogénicas. La producción de biogás va a depender de condiciones principales como la temperatura ambiental y el tiempo de descomposición en valores de rendimiento del biogás, para que este pueda generarse, donde además se puede generar etanol, metano y gas metano en un 17% aproximadamente (López et al., 2013).

El desarrollo del biogás en la zona rural resulta ser más atenuante, ya que se cuenta con la predisposición de los desechos orgánicos, estiércol de los animales directamente. En ese sentido, existen muchos estudios donde la aplicación del biogás viene siendo dada como un proceso de tratamiento y gestión de los residuos de los ganados vacunos y ovinos, reduciendo así la contaminación y aprovechando los nutrientes y su poder calorífico de estos a través del biogás generado. Expertos aseguran que siguen apostando por estas nuevas tecnologías renovables que cada vez a su paso se verá la utilización a través del tiempo (Arce, 2011).

Componentes del biogás

Los principales componentes del biogás que se encuentran en el momento de su producción son el metano en un 55-80% del volumen aproximadamente; el dióxido de carbono que va desde un 20- 40% de su volumen; el hidrogeno que va desde 0-2% del volumen y el nitrógeno, sulfuro de hidrogeno y ácido sulfhídrico en proporciones pequeñas (Panesso et al., 2011).

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se alcanzan el objetivo primordial, lo cual es determinar el poder energético que posee el estiércol para la producción del biogás frente a los diferentes estudios cuantificando el área de residuos utilizado para el ganado ovino y vacuno en diferentes áreas, es decir, con una producción de estiércol anual, susceptibles de generar m³ de biogás y además que servirían para generar energía eléctrica. Asimismo, el uso del estiércol resulta ser más factible en el proceso anaeróbico, a fin de minimizar la contaminación y evitar el aceleramiento del cambio climático.

Por otro lado, se tiene una hipótesis positiva, donde la Zona de Urubamba, un distrito en el sur del país, cuenta con los materiales necesarios para generar un gran volumen de biogás con el estiércol vacuno y ovino que se encuentran en las granjas de los agricultores, y en este caso pueden ser reaprovechados; sin embargo, esto alude que su aplicación en la generación de energía eléctrica es sumamente baja, ya que diversos estudios han sustentado que la producción se daría en base a la cuantificación de estiércol por kilogramo, siendo la mejor opción aplicarlo a la generación de energía térmica o de generación de biogás, 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 BIBLIOGRÁFICAS

1. Arce, J. (2011). *Diseño de un biodigestor para generar biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del Litoral* (Tesis de pregrado). Universidad de Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Ecuador.
2. Arellano, L.; Cruz, M y Huerta, C. (2014). El estiércol, material de desecho, de aprovechamiento y algo más. México: Instituto de Ecología, A.C.
3. Ávila, J. (2012). *Uso de estiércol bovino para la generación de gas metano en un biodigestor* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Coahuila, México.
4. Bayona, C. y Cortés, B. (2015). *Producción del biogás a partir del estiércol porcino a escala piloto: Caso de estudio biorreactor continuo tubular plástico (BCTP) finca tosoly* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
5. Bonilla, J. y Lemus, C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3 (2): 215-246
6. Carlin, S. & Ronnie, E. (2015). Evaluación del potencial energético a partir del metano producido por codigestión de residuos de alimentos y estiércol vacuno. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
7. Carmona, J. (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*, v.18, p.49- 63.
8. Cornejo, C., & Wilkie, A. C. (2010). De Estiércol a Energía-Captura de Metano en Ecuador. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 23(1).
9. Fernández, M.; García, M. y Gómez, C. (2007). Emisión de metano y sistemas de producción animal en el Perú: Implicancias nutricionales. Lima: Universidad Agraria La Molina.
10. Gobierno de Aragón- Departamento de agricultura y alimentación. (2010). Uso de los estiércoles en la fertilización agrícola, y su justificación en relación con la normativa aragonesa. *Informaciones Técnicas*, 219.

11. Gutiérrez, F. y Rojas, Z. (2016). Gas metano en la producción ganadera y su contribución al calentamiento global. *Revista Ecoscientia*,2(2).
12. López, E.; Jiménez, J.; Cisneros, E. & Romero, O. (2013). Potencial de Biogás de la Fermentación Anaerobia de Residuos Sólidos de la Agroindustria Azucarera, utilizando Lodo Anaerobio de Estiércol Porcino. *Revista Centro Azúcar*, 40.
13. Moss, R.; Jouany, J y Newbold, C. (2000). Methane production by ruminants: Its contribution to global warming. *Ann. Zootech.* 43: 231-253.
14. Ortez, D. & Zelada, Y. (2010). *Evaluación del potencial energético de desechos sólidos de granjas de engorde avícolas en El Salvador* (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
15. Paniego, P. (2016). Combustión de excrementos. Una aproximación experimental. *Revista Historia Autónoma*, 8,13-25.
16. Panesso, A.; Cadena, J.; Flórez, M.; & Del Carmen Ordoñez, M. (2011). Análisis del biogás captado en un relleno sanitario como combustible primario para la generación de energía eléctrica. *Revista Scientia et technica*, 17(47), 23-28.
17. Pérez, S.; Bautista, M.; Hernández, A. y Enríquez, J. (2017). Evaluación del potencial de generación de estiércol como materia prima para la producción de biogás en la zona Altamira, Tamaulipas. *Revista de Sistemas Experimentales*, 4(10), 34-40.
18. Rivas, B.; Zúñiga, G.; Sáenz, J.; Guerrero, S.; Segovia, A. & Morales, H. (2012). Perspectivas de obtención de energía renovable de la biomasa del estiércol del ganado lechero en la región centro-sur de Chihuahua. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 30, 872-885.
19. Robles, S. A., & Jansen, A. (2008). Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso" Fermentación Anaeróbica" para Producción de Biogás. *German Prof EC GmbH, Lima, Perú, BM-4-00-1108, 1239*
20. Toala, E. (2013). *Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el rancho verónica* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Chimborazo, Riohambu, Ecuador.