

# PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A NIVEL DE LABORATORIO, UTILIZANDO ESTIÉRCOL DE GANADO VACUNO Y RESIDUOS AGROINDUSTRIALES (TORTA DE PIÑÓN, CASCARILLA DE ARROZ Y RUMEN DE GANADO VACUNO) EN LA E.E.A EL PORVENIR - DISTRITO DE JUAN GUERRA.

## **Biogas Production at Laboratory Level, Using Cattle Dung and Agroindustrial Waste (Pinion cake, rice hulls and Cattle Rumen) in the EEA El Porvenir - District of Juan Guerra.**

**Richer Garay<sup>(1)</sup>, Erick Cornejo<sup>(1,2)</sup>, Mary Medina<sup>(2)</sup>**

(1) Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Estación Experimental “El Porvenir”, Proyecto Piñón Convenio INIA - GORESAM; Carr. Fernando Belaunde Terry Km.13.5, Juan Guerra, San Martín - Perú.

(2) Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Agroindustrial.

### **RESUMEN**

En el presente trabajo se estudió la obtención de biogás con el estiércol de ganado vacuno y los residuos agroindustriales (torta de piñón, cascarilla de arroz y rumen de ganado bovino). Los biodigestores fueron botellas de plástico de 1750 ml. El biogás producido se colectó por desplazamiento de agua, en botellas calibradas de plástico de 260 ml, durante 35 días. El objetivo principal fue determinar el rendimiento óptimo de la mezcla de estiércol y residuos agroindustriales en la producción de biogás. Además de evaluar la producción de biogás generado por las mezclas de estiércol con los residuos agroindustriales. Dicho trabajo se realizó en las instalaciones de la E.E.A. EL PORVENIR – INIA, ubicada en el distrito de Juan Guerra, Provincia de San Martín.

Para evaluar el rendimiento se trabajó con las combinaciones de mezclas en peso (%), sustrato: co-sustrato (100:0; 80:20; 50:50 y 40:60) y con las diluciones, mezcla: agua (p/p) 50:50; 33.3:66.6 y 25:75. Se determinó que la producción de biogás es más alta con la mezcla, estiércol: torta de piñón (50:50) y en la relación de dilución, mezcla: agua (50:50), pero presentando un contenido de metano del 5.5%. La mayor producción de metano obtenida con la torta de piñón fue de 20.7%, con la mezcla, estiércol: torta de piñón (20:80) y la relación de dilución, mezcla: agua (25:75), con una producción 1248 ml de biogás/ kg de mezcla, resultando un biogás de baja calidad, no siendo factible para la combustión y/o producción de energía. La cascarilla de arroz brinda favorables condiciones para la producción de biogás generando una producción de 2735 ml de biogás/ kg de mezcla, con la mezcla, estiércol: cascarilla de arroz (50:50), con la relación de dilución, mezcla: agua (33.3:66.6), presentando un contenido de metano del (48.9%). Al igual que el rumen de ganado vacuno, generando una producción de 1128 ml de biogás/ kg de mezcla con la mezcla, estiércol: rumen de ganado vacuno (50:50), con la relación de dilución, mezcla: agua (50:50), presentando un contenido de metano del (47.2%).

Palabras clave: Biogás, digestores tipo Batch, producción de biogás.

### **ABSTRACT**

This work carried out with the waste from cattle manure and agro-industrial waste (pinion cake, rice bran and rumen of cattle) to produce biogas. The digesters were plastic bottles of 1750 ml. The biogas produced was collected by water displacement, calibrated plastic bottles of 260 ml, during 35 days. The main objective was to determine the optimum mix of manure and agro-industrial waste in biogas production. Also to evaluate the generation of biogas manure mixes with agro-industrial waste. This work was

conducted in the premises of the EEA El Porvenir - INIA, located in the district of Juan Guerra, Province of San Martín.

To evaluate the performance of working with mixtures combinations in weight (%) substrate: co-substrate (100:0, 80:20, 50:50 and 40:60), with dilutions, % mixture: % water (w/w) 50:50; 33.3:66.6, and 25:75 respectively. It's determined that biogas production is higher with the mixture, manure: cake pinion (50:50) and the dilution ratio, mixture: water (50:50), but having a methane content of 5.5%. The increased production of methane obtained with cake pinion was 20.7%, with the mixture, manure: cake pinion (20:80) and the dilution ratio, mixture: water (25:75), producing 1248 ml biogas / kg of mixture, resulting in a low quality biogas, is unfeasible for combustion and / or energy production. Rice hulls provides favorable conditions for generating biogas production of biogas 2735 ml of biogas/ kg of mixture, with the mixture, substrate: co-substrate (50:50), with the dilution, mix: water ( 33.3:66.6), presenting a methane content (48.9%). Like the rumen of cattle, generating a production of 1128 ml of biogas / kg of mixture to the mixture, substrate: co-substrate (50:50), with the dilution, mix: water (50:50) presenting a methane content of (47.2%).

**Keywords:** Biogas, digesters type Batch, biogas production.

## INTRODUCCION

El país donde se desarrolló por primera vez la tecnología de los biodigestores fue la India, donde se construyó la primera instalación para producir biogás, fecha cercana al año 1900; a partir de ese momento se ha incrementado el número de biodigestores en ese país y actualmente funcionan alrededor de 200,000 unidades. Sin embargo, China es la región que tiene un mayor número de este tipo de instalaciones, aproximadamente 6.7 millones (Ardón, 1992).

En el Perú esta tecnología se encuentra muy difundida en Cajamarca y Puno contando con plantas dedicadas a la producción de biogás a partir del estiércol del ganado bovino y cerdo, ya que en el Perú se cuenta con una población rural, dedicados a la producción agrícola, pecuario y forestal por ello podemos comprender la importancia de impulsar esta tecnología alternativa ya que el biogás es un combustible ecológico, que se obtiene en biodigestores por fermentación anaeróbica.

Los residuos orgánicos (estiércoles, restos de cultivos y otros) para la producción de biogás viene siendo promovido en la Región San Martín por instituciones nacionales e internacionales, invirtiendo en investigaciones y promoción, permitiendo plantear nuevas propuestas de generación de energía con base científica y tecnológica teniendo en cuenta la sostenibilidad del medio ambiente. La región San Martín cuenta con un planta piloto de producción de biogás de 16 m<sup>3</sup> instalada en la EEA "El Porvenir" - INIA, ubicada en el distrito de Juan Guerra Provincia de San Martín, y en otras empresas privadas. La producción de biogás es una actividad no desarrollada en lo referente a lo tecnológico y además tiene una gran importancia en la industria puesto que se cuenta con residuos agrícolas (pajas, rastrojos, cascarillas), residuos de origen animal (estiércol, desechos de establos), residuos agroindustriales (tortas de oleaginosas, bagazo, cascarilla de arroz) y residuos forestales (hojas, cortezas), generando un potencial en biomasa para ser transformado en biogás mediante el proceso de digestión anaeróbica. Por ello el presente trabajo de investigación tuvo por finalidad estudiar la producción de biogás empleando los residuos ganaderos como el estiércol del ganado vacuno y residuos agroindustriales como la torta de piñón, cascarilla de arroz, rumen de ganado vacuno (contenido del estómago vacuno).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar y fecha de ejecución

La parte experimental se llevó a cabo en los exteriores de la planta de producción de biodiesel de la Estación Experimental Agraria “El Porvenir” y la parte de análisis se realizó en el Laboratorio Postcosecha y Agroindustrias y de Suelos de la misma Institución. La E.E.A. “El Porvenir” está localizada en el distrito de Juan Guerra, Provincia San Martín, Departamento de San Martín. La localización geográfica de la E.E.A. “El Porvenir”, está ubicada a 13 km al sur de la ciudad de Tarapoto, situada a 330 msnm, presenta un clima Cálido - húmedo que varía entre 28°C y 32°C. El experimento de campo fue hecho en un área no techada con temperaturas variables entre 29.5 y 31.5°C (temperatura ambiente). El experimento inició el 09 de octubre del 2011 y finalizó el 10 de abril del 2012, con la última toma de muestras y medición de volumen de biogás.

### Recolección de muestras

La materia prima utilizada fue estiércol de ganado vacuno (EGV) se recolectó del establo de la E.E.A. “El Porvenir”. El EGV era fresco, recolectado una sola vez para cada repetición. La recolección era en horas de la mañana, por considerarse que a esas horas era más variada su composición (por tanto más representativa). La torta de Piñón (TP) fue obtenida del Programa Nacional de Investigación en Agroenergéticos de la E.E.A. “El Porvenir”. La cascarilla de arroz (CA) se recolectó de los exteriores del molino León Rojo, encontrándose estos residuos a la intemperie del molino, localizado en el distrito de la Morales, Provincia de San Martín. El rumen de ganado vacuno (RGV), se obtuvo del camal de Tarapoto, extraído una sola vez en el día, para su inmediata utilización. Mezcla del sustrato con el co-sustrato. Se pesó el sustrato EGV utilizando la balanza analítica de capacidad de 10kg, luego se realizó la homogenización con los co-sustratos (TP, CA, RGV), formando las siguientes mezclas 100:0, 80:20, 50:50 y 40:60 (g sustrato/g co-sustrato).

Adición de agua. Las diluciones de las mezclas fueron 50:50, 33,3:66,6 y 25:75 (mezcla: agua)

### Carga de biodigestor

Los digestores (botella de plástico) de capacidad de 1750ml, fueron cargados con la mezcla más agua, que ocupó aproximadamente el 60% del volumen total del digestor, dejando un espacio sin llenar de aproximadamente 40% que fue dedicado al espacio donde se originó el biogás y que posteriormente se fue almacenando en el colector de biogás (botellas de plástico de 260 ml). El llenado de los digestores se realizó mediante un tubo de alimentación, utilizando un embudo cónico de 2”, posteriormente se anotó la fecha y hora de la carga del equipo.

### Medición del volumen de la producción de biogás en los biodigestores tipo batch

Las mediciones fueron diarias y durante 35 días, a las 2:00 pm, además fue registrada la temperatura ambiental. Consistió en que a medida que entra el biogás a los colectores, este desplaza el volumen de agua equivalente al volumen de biogás admitido durante todo el proceso de fermentación, los colectores de biogás se encontraban debidamente calibradas y marcadas cada 20 ml, el método utilizado para medir la producción de biogás fue un diseño artesanal. Previamente las botellas se encontraban llenas de agua en forma invertida y libre de burbujas de aire en una tina llena con agua, con esto se obtuvieron una serie de datos que permitieron conocer el volumen de biogás producido y almacenado en función del tiempo.

### Medición del contenido de metano del biogás en los biodigestores tipo batch

Se realizó el último día (día 35) con la ayuda del equipo portátil analizador de biogás el cual mide CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y O<sub>2</sub>, introduciendo en los biodigestores, el cual absorbía todos los gases presentes del biodigestor, y el cual mostraba también el contenido de los gases en la pantalla digital en los siguientes rangos: 0-100% volumen CH<sub>4</sub>, 0-100% volumen CO<sub>2</sub>, 0-25% volumen O<sub>2</sub> y 0-200 ppm volumen H<sub>2</sub>S, tomando solo para la investigación el contenido de metano.

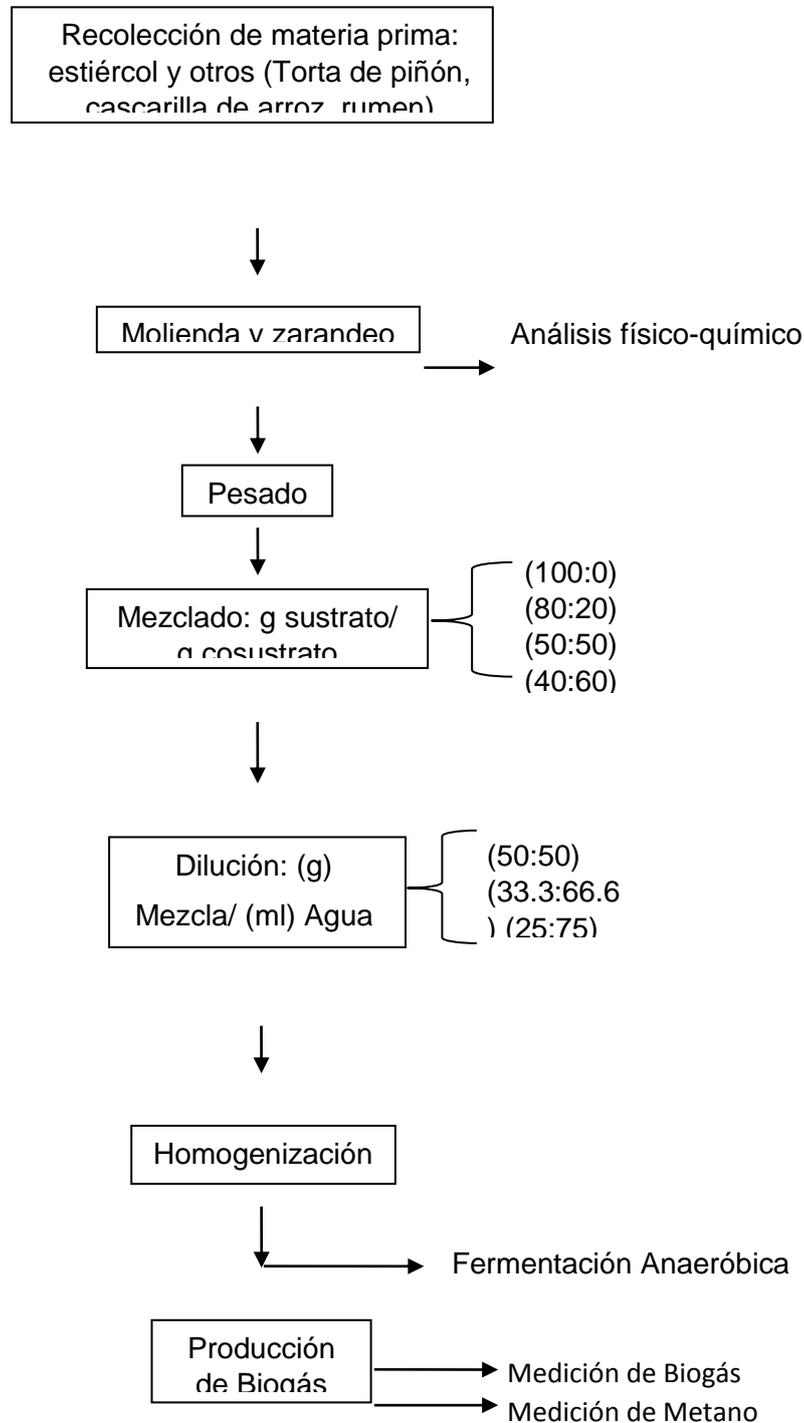


Fig. 1. Flujo de la producción de biogás.

### Diseño Experimental

Para evaluar la influencia de la adición de TP, CA y RGV en la producción de biogás, se realizó un diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial (4x3) (dos factores) con 3 repeticiones totalizando 36 ensayos.

El primer factor fue la relación mezcla de sustrato/co-sustrato en 4 relaciones (100:0, 80:20, 50:50 y 40:60), el segundo factor fue la obtención de la dilución de la mezcla en agua, con diluciones de 50:50, 33.3:66.6, 25:75. La variable respuesta fue el biogás producido (ml) para todas las mezclas y se realizaron también análisis de varianza al 95% de confianza para determinar diferencias significativas entre los tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis físico-químico

#### Torta de Piñón

En el Cuadro 1, se presenta la composición proximal de la TP, presentando una humedad de 7.93%, relativamente baja en comparación con lo reportado por MONTES et al. (2011) (10.2%) también se observa el contenido de proteínas (22.90%) siendo menor al reportado por MONTES et al. (2011) con 26.2%, el contenido de lípidos fue de 10.50%, valor cercano al obtenido por MONTES et al. (2011) con 10.94%, el contenido de fibra y carbohidratos fue de 36.18% y 16.82% respectivamente, probablemente estas diferencias puede deberse a las distintas variedades de piñón, condiciones de crecimiento, clima, suelo, parte de la semilla y métodos de extracción de aceite.

#### Cascarilla de Arroz

En el cuadro 2, se presenta la composición proximal de la CA, donde se confirma su alto contenido de fibra 38.23%; resultado menor al reportado por Guevara (1995) con 51.13%. El contenido de humedad presentó un valor de 7.46%, relativamente mayor al reportado por Guevara (1995) con 6.41%. El contenido de cenizas fue de 18.44%, relativamente mayor al reportado por Guevara (1995) con 13.91%. El contenido de grasa fue 0.18%, siendo menor a lo reportado por Guevara (1995) con 0.57%, el contenido de proteínas fue 2.58%, siendo este relativamente mayor al obtenido por Guevara (1995) con 2.43%, probablemente estas diferencias se deben a las diferentes procedencias (clima, suelo, etc.) y la variación de la composición se debió a factores ambientales de la zona de producción.

#### Rumen de Ganado Vacuno

La composición proximal del RGV se muestra en el Cuadro 3. Se observa que este residuo presenta humedad de 67.03%, siendo menor al reportado por Domínguez y Obregón (2002) con 85%, hubo diferencias probablemente, a que ellos utilizaron contenido ruminal con todo el líquido y este trabajo no lo hizo. El contenido de proteína fue de 3.90% valor inferior al que reporta Domínguez y Obregón (2002) con 9.6%, hay que destacar que el contenido de proteína hace al contenido ruminal un desecho potencialmente aprovechable. El contenido de cenizas fue de 6.12% mucho menor al reportado por Domínguez y Obregón (2002) con 15.05% y el contenido de grasa fue de 1.02% menor al obtenido por Domínguez y Obregón (2002) con 3%, los resultados obtenidos son ligeramente inferiores a los reportados por Domínguez y Obregón (2002), estas diferencias se deben a que la alimentación del ganado es básicamente pasto y ciertas combinaciones con melazas y que la composición química del rumen varía en función de la dieta del ganado.

Cuadro 1. Composición físico-química promedio (%) de la Torta de Piñón.

<b>Contenido</b>	<b>Porcentaje %</b>
Humedad	7.93
Proteína	22.90
Grasa	10.50
Fibra	36.18
Cenizas	5.67
Carbohidratos	16.82

Cuadro 2. Composición físico-química promedio (%) de la cascarilla de arroz.

<b>Contenido</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Humedad	7.46
Cenizas totales (b.s)	18.44
Proteína (b.s)	2.58
Grasa total (b.s)	0.18
Fibra total (b.s)	38.23
Carbohidratos totales	33.11

Cuadro 3. Composición proximal físico-químico promedio (%) del Rumen de ganado bovino.

<b>CONTENIDO</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Humedad	67.03
Cenizas totales (b.s)	6.12
Proteína (b.s)	3.90
Grasa total (b.s)	1.02
Fibra total (b.s)	9.02
Carbohidratos totales	12.91

#### Estiércol de Ganado Bovino.

Los resultados se muestran en el cuadro 4, se observa que dicho residuo presenta alta humedad con 80.89% relativamente alto con respecto a Liu et al. (2009) con 68%. El contenido de proteínas fue 3.43% menor a lo reportado por Liu et al. (2009) con un 8.81%. El contenido de grasa fue 0.93% menor a lo reportado por Liu et al. (2009) con 2.13%. El contenido de cenizas fue 5.51% relativamente bajo comparado con lo reportado por Liu et al. (2009) con 13.01%, estas diferencias son posiblemente al manejo de la dieta del ganado y a la raza de ganado.

Cuadro 4: Composición físico-químico promedio (%) del Estiércol de Ganado Vacuno

<b>CONTENIDO</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Humedad	80.89
Cenizas totales (b.s)	5.51
Proteína (b.s)	3.43
Grasa total (b.s)	0.93
Fibra total (b.s)	3.02
Carbohidratos totales	6.22

Cinética de producción de biogás a partir del EGV mezclado con TP.

La Fig. 1 muestra el efecto de la mezcla EGV con la TP para las distintas diluciones. Se observa que la mayor producción de biogás acumulado fue generada por la mezcla de 50% con dilución de 50:50. De otro lado se observa que la producción de biogás acumulado disminuye al incrementarse la dilución. También para los otros casos puede verse que la mezcla que genera más producción de biogás acumulado es la mezcla de 50% siendo menores las cantidades correspondientes a las otras mezclas. Esto indica que la torta de *Jatropha* tiene componentes esenciales para la generación de biogás como proteínas y grasas, que puede ser utilizado por los microbios durante la producción anaeróbica (Makkar, 1997).

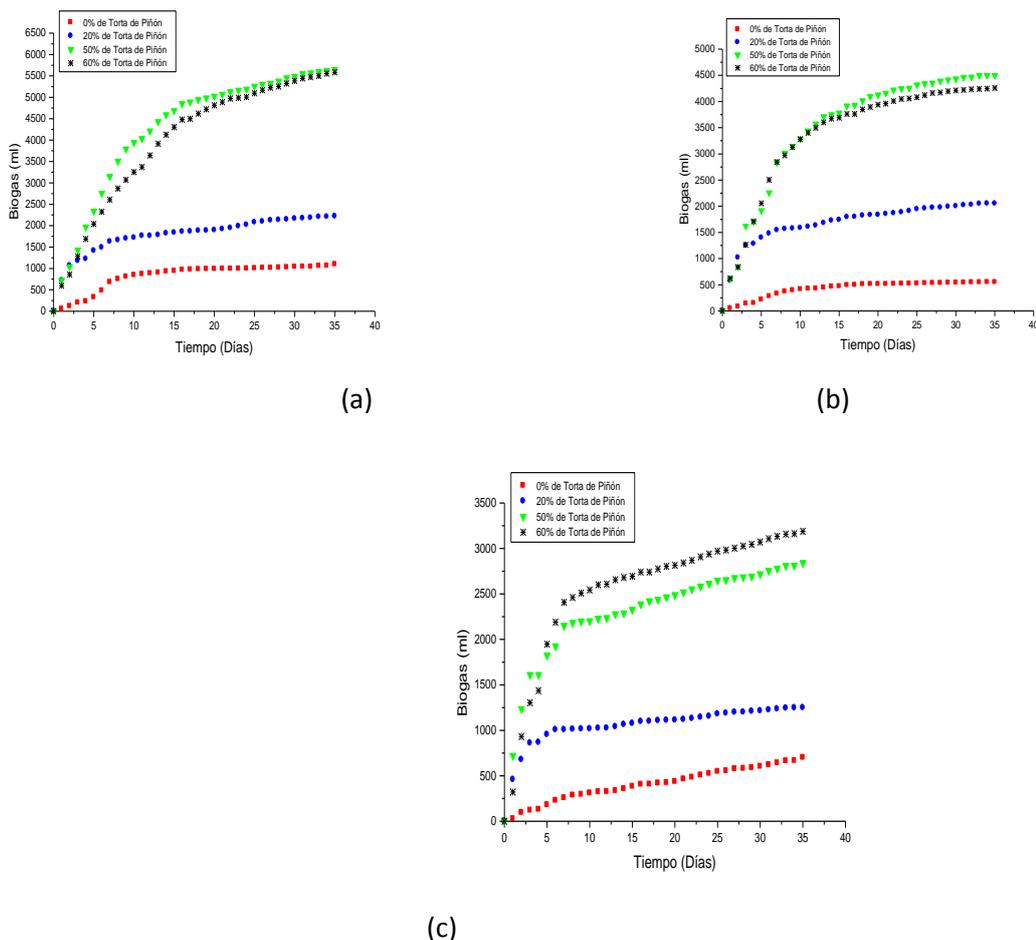


Fig. 1. Volumen de biogás acumulado a partir del EGV mezclado con TP a distintas diluciones (a) 50:50, (b) 33.3:66.6, (c) 25:75; a los 35 días.

Influencia de la adición de TP en la mezcla con EGV y de la cantidad de agua añadida en la producción de biogás a los 35 días.

En la Fig. 2 se observa que la producción de biogás se incrementó con la adición de TP en la mezcla, notándose producciones máximas con 50 y 60%. Así mismo, se observa que para bajos porcentajes, la cantidad de agua adicionada no influyó en la producción de biogás. Sin embargo, para porcentajes de 50 y 60%, se observó mayor producción de biogás al diluir al 50:50.

Influencia de la adición de TP en la mezcla con EGV y de la cantidad de agua añadida en la producción de Metano a los 35 días.

En la Fig.3 se observa que la producción de metano disminuyó con la adición de la TP en la mezcla. Así mismo, se observa que para bajos porcentajes, la cantidad de agua adicionada influyó en la producción de metano, notándose producciones máximas con 0%

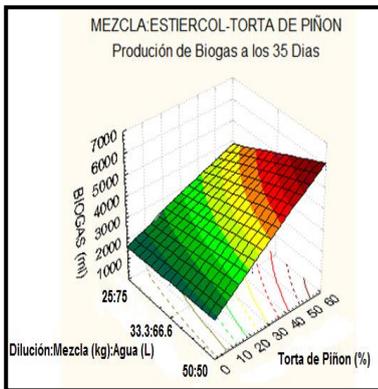


Fig.2. Análisis de superficie de respuesta de producción de biogás con la adición de TP en el EGV y de la cantidad de agua añadida en la producción de biogás a los 35 días.

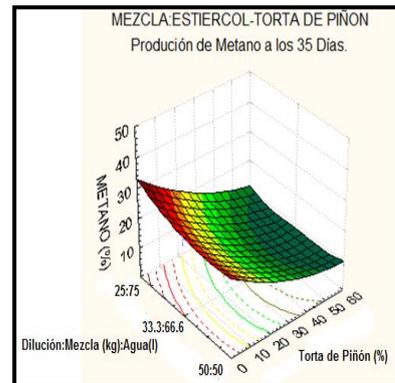
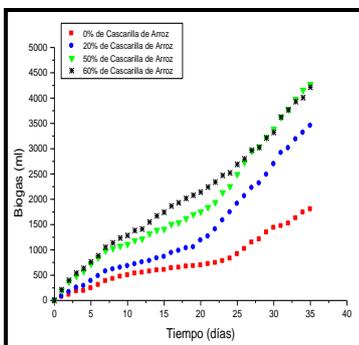


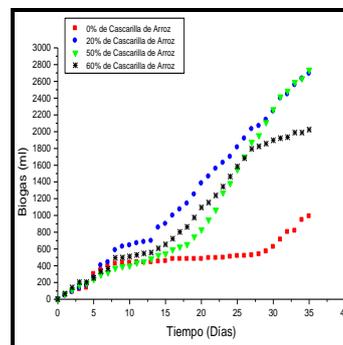
Fig. 3. Análisis de superficie de respuesta de producción de Metano con la adición de TP en la mezcla con EGV y de la cantidad de agua añadida en la producción de biogás a los 35 días.

Cinética de producción de biogás a partir del EGV mezclado con CA.

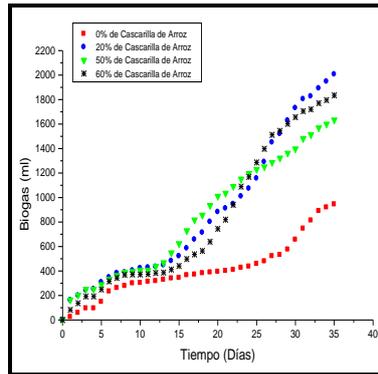
La Fig. 4 muestra el efecto de la mezcla EGV con la CA para las distintas diluciones. Se observa que la mayor producción de biogás acumulado fue generada por la mezcla de 50% con dilución de 50:50. De otro lado se observa que la producción de biogás acumulado disminuye al incrementarse la dilución. También para los otros casos puede verse que la mezcla que genera más producción de biogás acumulado es la mezcla de 50% siendo menores las cantidades correspondientes a las otras mezclas. Esto indica que la cascarilla de arroz tiene componentes esenciales para la generación de biogás como carbohidratos (celulosa) y fibra, que puede ser utilizado para el proceso digestores (Gómez, 2002)



(a)



(b)



(c)

Fig. 4 Volumen de biogás acumulado a partir del EGV mezclado con CA a distintas diluciones (a) 50:50, (b) 33.3:66.6, (c) 25:75; a los 35 días

Influencia de la adición de la CA en la mezcla con EGV y de la cantidad de agua añadida en la producción de biogás a los 35 días.

En la Fig. 5 se observa que la producción de biogás se incrementó con la adición de la CA en la mezcla, notándose producciones máximas entre 20 y 60 %. Así mismo se observa que para bajos porcentajes de mezcla, la cantidad de agua adicionada no influyó en la producción de biogás, sin embargo para porcentajes de 20 y 60 %, se observó una mayor producción de biogás cuando se diluyó a 50:50.

Influencia de la adición de la CA en la mezcla con EGV y de la cantidad de agua añadida en la producción de Metano a los 35 días.

La Fig. 6 muestra que la producción de biogás se incrementó con la adición de CA en la mezcla, notándose producciones máximas entre 50 y 60%. Así mismo, se observa que para bajos porcentajes, la cantidad de agua adicionada influyó en la producción de metano, notándose producciones máximas con 0%

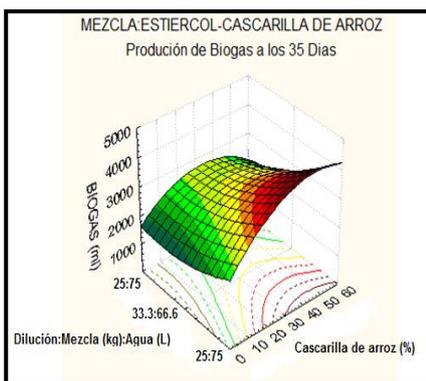


Fig. 5. Análisis de superficie de respuesta de producción de biogás con la adición de CA en el EGV y de la cantidad de agua añadida en la producción de biogás a los 35 días.

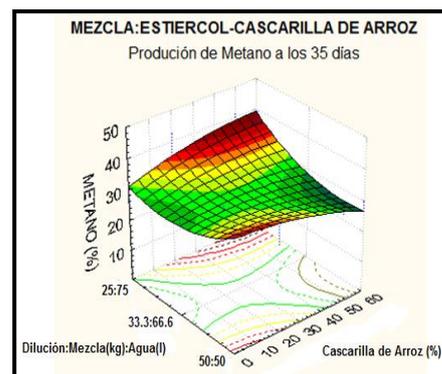
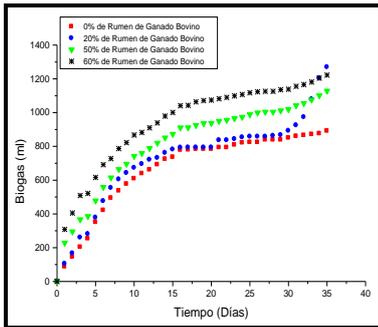


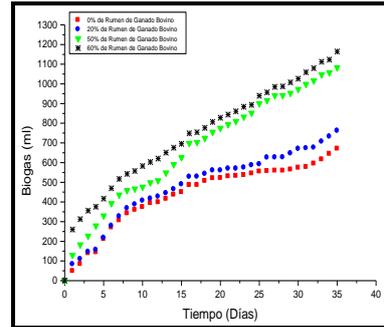
Fig. 6. Análisis de superficie de respuesta de producción de Metano con la adición de CA en la mezcla con EGV y de la cantidad de agua añadida en la producción de biogás a los 35 días.

Cinética de producción de biogás a partir del EGV mezclado con RGV

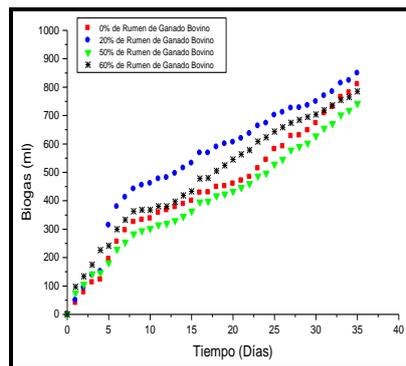
La Fig. 7 muestra el efecto de la mezcla EGV con RGV para las distintas diluciones con agua. Se observa que la mayor producción de biogás acumulado fue generada por la mezcla de 20% con dilución de 50:50. De otro lado se observa que la producción de biogás acumulado disminuye al incrementarse la dilución. En tanto que para la segunda dilución (33.3:66.6) la mezcla que genero mayor cantidad de biogás acumulado fue de 60%, y también para el otro caso puede verse que la mezcla que genera más producción de biogás acumulado es la mezcla de 20%. Esto indica que el RGV tiene componentes esenciales para la generación de biogás como carbohidratos y fibra, que puede ser utilizado por la carga alta de microorganismos anaeróbicos responsables del proceso de fermentación y la producción de biogás (Monnet 2004).



(a)



(b)



(c)

Fig. 7. Volumen de biogás acumulado a partir del EGV mezclado con RGV a distintas diluciones (a) 50:50, (b) 33.3:66.6, (c) 25:75; a los 35 días

Influencia de la adición del RGV en la mezcla con EGV y de la cantidad de agua añadida en la producción de biogás a los 35 días.

En la Fig. 8 se observa que la producción de biogás se incrementó con la adición del RGV en la mezcla, notándose producciones máximas entre 20 y 60%. Así mismo se observa que para bajos porcentajes, la cantidad de agua adicionada no influyó en la producción de biogás, sin embargo para porcentajes de 20 y 60% se observó una mayor producción de biogás cuando se diluyó a 50:50.

Influencia de la adición del rumen de ganado bovino en la mezcla con estiércol y de la cantidad de agua añadida en la producción de Metano a los 35 días.

La Fig. 9 muestra que la producción de biogás se incrementó con la adición del RGV en la mezcla, notándose producciones máximas entre 0 y 60 % de adición de rumen de ganado.

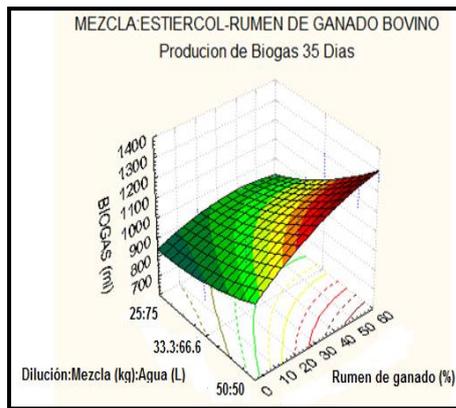


Fig. 8. Análisis de superficie de respuesta de producción de biogás con la adición de RGV en la mezcla con EGV y de la cantidad de agua añadida en la producción de biogás a los 35 días.

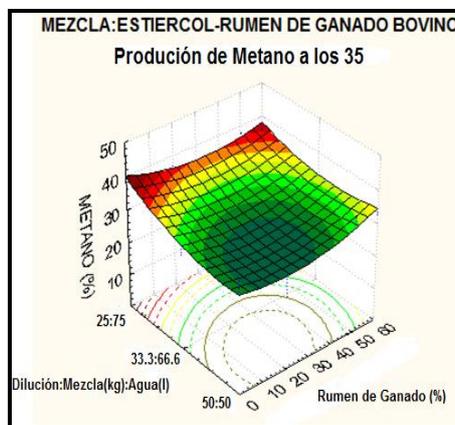


Fig. 9. Análisis de superficie de respuesta de producción de Metano con la adición de RGV en la mezcla con EGV y de la cantidad de agua añadida en la producción de biogás a los 35 días.

## CONCLUSIONES

Los digestores cargados con cascarilla de arroz en mezcla de 50% y diluido a 50:50, presentaron el mayor rendimiento de biogás y el mayor contenido de metano, mientras que los de menor rendimiento fueron aquellos que contenían TP y RGV.

Con lo anteriormente mencionado, la máxima producción de biogás fue 4271 l biogás/kg mezcla y el contenido máximo de metano fue 48.9%.

## RECOMENDACIONES

Realizar más evaluaciones con diferentes porcentajes de residuos agroindustriales con el fin de verificar hasta qué porcentaje de estos residuos se puede digerir eficientemente dentro del biodigestor.

Aumentar los días de retención dentro del biodigestor para medir si se logran reducir los contenidos de contaminantes de los co-sustratos.

Realizar nuevos ensayos con temperatura controlada repitiendo las mezclas utilizadas en el presente trabajo, de manera de poder hallar aquella que presente mejores eficiencias y rendimientos.

## REFERENCIAS

Ardón, L. (1992). Diseño y construcción de un sistema para la obtención y utilización de biogás, a través de desechos orgánicos diversos, para uso del campo experimental de la facultad de ciencias agronómicas de la U.E.S. , Universidad de El Salvador, tesis para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Domínguez; C. Flores; L. y Obregón F. (2002). Uso del contenido ruminal. [www.uasnet.mex./centro/profesional/emvz/ovino](http://www.uasnet.mex./centro/profesional/emvz/ovino).

Gómez, A. y Gutiérrez, M. (2002). Estudio de la prevalencia de Rotavirus del Grupo C en muestras de material fecal diarreica y no diarreica en ganado bovino de 0 a 1 mes de edad en el municipio de Facatativa Cundinamarca. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Microbiología Agrícola y Veterinaria. Departamento de microbiología. 19-22.

Guevara, M. (1995). Caracterización y evaluación de la cascarilla de arroz como combustible. Trabajo de grado Ingeniero Agroindustrial. Santa Fe de Bogotá: Universidad Nacional. Facultad de Ingeniería, 350 p.

Liu, H.; Zhou, Y.; Yang, M.; Chen, B. (2009). Computers and Chemical Engineering, 33, 1091.

Makkar HPS, Becker K (1997). Potential of *J. curcus* seed meal as protein supplement to livestock feed, constraints to its utilization and possible strategies to overcome constraints, Biofuels and Industrial products from *Jatropha curcus*. Symposium "Jatropha 97" Managua, Nicaragua. Feb pp. 23-27.

Montes, JM., Rodríguez Aliciardi, M., Vaca chavez, J., Guzmán C, y E. Calandri (2011).Caracterización de *Jatropha Curcas* L. SEED y su aceite.

Monnet, F. (2004). An introduction to anaerobic digestion of organic waste, Final.Report, Remade Scotlan, November.