

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE SÓLIDOS EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE GUANO CAPRINO

J. N. Martín^{1,1}, **A. Esteves**^{1,2}, **S. Manrique**^{2,3}

1. Instituto de Ambiente Hábitat y Energía (INAHE), Centro Científico Tecnológico Mendoza CCT - Mendoza. Av. Ruiz Leal s/n Parque General San Martín. Mendoza - Argentina. CP 5500. Tel: 54-261-5244050 / Fax: 54-261-5244001 Correo electrónico: jnmartin@mendoza-conicet.gob.ar

2. Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad Nacional de Salta (UNSa), Av. Bolivia 5150, A4408FVY, Salta, Argentina. +5493874255424.

Recibido 08/08/16, aceptado 10/10/16

RESUMEN: El objetivo del estudio fue determinar la influencia del porcentaje de sólidos totales, en la generación de biogás a partir de guano caprino. Para ello se realizó una experiencia con jeringas a escala laboratorio en condiciones batch. Se instalaron, en un baño termostatzado con temperatura de 37°C, 12 jeringas de 60mL de capacidad. La biodigestión se llevó a cabo durante 56 días. Se ensayaron cuatro variantes con 5%, 10%, 15% de sólidos totales (ST) y una variante sin agregado de agua con 40,9% ST. Se observó una mayor producción de biogás en la variante de 15% ST. Se determinó además humedad, sólidos totales, sólidos volátiles y cenizas de la muestra original. No se determinó composición del biogás pero se probó su inflamabilidad en un mechero Bunsen dando una llama azul por unos segundos.

Palabras clave: biogás, guano de cabra, jeringa, digestión anaerobia

INTRODUCCIÓN

En el Centro-Oeste de Argentina existen zonas de oasis, donde se genera la mayor parte de la producción agrícola y zonas de secano dedicadas fundamentalmente a la cría de ganado, principalmente caprino (Candia et al. 1993). En las zonas de secano, existen problemas de abastecimiento de agua (Esteves et al. 2014) y problemas de accesibilidad y transporte (entre lo cual, se incluyen los combustibles fósiles como el Gas Licuado de Petróleo- GLP). En áreas donde existen bosques de algarrobo o chañar, el hombre obtiene de éste la biomasa (leña) necesaria.

La Dirección de Conservación del Suelo y Lucha contra la Desertificación (2015) reconoce que el hombre, en la búsqueda de satisfacer su necesidad de energía y materiales, depreda muchas veces la vegetación y se convierte así en un factor de desertificación de su hábitat.

El consumo de leña y el calentamiento de agua es continuo durante el año (cocción de alimentos), al que se agrega un fuerte incremento en el prolongado período invernal (calefacción). En base a esto y a información recogida en diferentes puestos, se estima un consumo anual no inferior a 5 toneladas por familia (Esteves et al. 2013).

Paralelamente, los habitantes de estas zonas se dedican mayoritariamente a la cría de ganado caprino, que se adapta a la vegetación reinante, disponiéndose de una fuente muy valiosa para la generación de biogás: el guano de cabra de las explotaciones.

1 Becario doctoral CONICET

2 Investigador independiente CONICET

3 Investigadora asistente CONICET

En la búsqueda de disminuir la presión humana sobre la vegetación nativa, pero a la vez, brindar una solución energética renovable y accesible para la población local, una opción la constituye el uso de biogás utilizando otra fuente de biomasa: el guano de cabra. Según Garfí et al. (2016), los digestores hogareños son tecnologías simples y efectivas disponibles para entregar energía a comunidades pobres, especialmente en áreas rurales remotas.

Schievano et al. (2009) refuerzan la idea de que para lograr un enfoque correcto del funcionamiento de los procesos de digestión anaerobia es crucial conocer la producción potencial en términos de biogás de la mezcla orgánica de alimentación (Schievano et al. 2009).

Con respecto a este tema, se observa que existen datos parciales sobre este tipo de materia prima para generación de biogás. Martínez Hernández et al. (2008) estudian el potencial de generación de biogás a escala de jeringas. Si bien, utilizan diferentes sustratos compuestos por excretas vacunas, porcinas, ovinas en codigestión con biomasa de origen vegetal, el objetivo principal del trabajo, es mostrar la metodología y la validez del estudio a pequeña escala (jeringas) del proceso de biodigestión mantenido a temperaturas constantes en el rango mesófilo entre 29 y 36°C.

Orrico et al. (2007) estudian la producción de biogás de mezclas de guano y orina de cabra para diferentes regímenes de alimentación de los animales. Obtienen los mejores rendimientos de biogás a partir del guano de cabras alimentadas con una dieta conformada por un 60% de *Cynodon dactylon* y 20% de un concentrado de granos, harinas, salvados, leche y calcio.

El Telemark University College (2011) desarrollaron un protocolo de ensayos en baja escala para determinar el potencial de biogás de materia orgánica. Utilizan jeringas de 100 mililitros con aguja hipodérmica sellada, un agitador de laboratorio y una estufa de incubación para mantener una temperatura de 35°C ± 1,0°C observando la viabilidad del ensayo.

En este trabajo se realizan ensayos de baja escala, mediante la utilización de jeringas, determinando la influencia de la concentración de sólidos totales sobre la producción de biogás, durante la digestión anaerobia de guano caprino. Esto permitirá conocer la combinación más propicia para el funcionamiento de un biodigestor en base a de guano de cabra, destinado a proveer gas a viviendas y edificios de la zona árida de secano de la provincia de Mendoza.

METODOLOGÍA

Toma de muestra de guano

La muestra de guano caprino se obtuvo de cabras de la variedad Camerún alojadas en un corral exclusivo dentro del Zoológico de la provincia de Mendoza. El muestreo se realizó de diferentes partes del corral recogiendo únicamente el guano más fresco, aquél que no mostraba signos de degradación, mantenía su forma esférica y se encontraba sin otros elementos como ramas, pelos, tierra ni alimentos. Se tomó una muestra de guano de aproximadamente 15 litros. El guano se transportó en bolsas plásticas, se apisonó dentro de la misma bolsa para destruir su forma típica hasta obtener un granulado más fino que permitiera un mejor contacto. En la Figura 1 y 2 se muestra la apariencia del guano de cabra antes y después de su apisonado.



Figura 1: Muestra de guano de cabra tal cuál se lo encuentra en el corral.

Figura 2: Muestra de guano de cabra luego de su apisonado.

Análisis físico-químico

Del guano ya apisonado se tomaron tres submuestras para realizar los análisis necesarios que consistieron en: determinación de humedad, sólidos totales, sólidos volátiles y cenizas en el Laboratorio de Análisis Instrumental de DETI (Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo).

La humedad es el contenido de agua que contiene un sustrato y se obtiene por diferencia de pesos de una muestra determinada antes y después de secarse en una estufa a 105°C hasta peso constante. Los sólidos totales son la fracción sólida que surge de la diferencia de peso entre la muestra original y la humedad. Luego de secada la muestra en estufa se lleva a mufla a 550°C hasta obtener cenizas de color blanco. Con la diferencia de pesos resultante entre la muestra seca y las cenizas se obtienen los sólidos volátiles.

Los valores obtenidos de las tres submuestras se promediaron y se utilizaron para calcular la proporción de guano y agua necesaria para preparar el ensayo.

Diseño del ensayo

El instrumental utilizado para la realización del ensayo estuvo conformado por:

- baño termostático JOBO TBE 2, se utilizó agua como medio líquido
- jeringas descartables plásticas de 60 ml marca Neojet con pico de tipo catéter (12 unidades)
- manguera de látex de 6 mm de diámetro interno (1,5 metros)
- precintos plásticos de 10 cm de largo (12 unidades)
- alambre galvanizado de 1 mm de diámetro (2 metros)

El baño consistió en una cuba de 20 litros a la que se añadió un aislamiento térmico de poliestireno expandido (EPS, por sus siglas del inglés Expanded Polystyrene) de 0,07 m de espesor y recubierto con cartón corrugado para disminuir la pérdida energética por piso y paredes. Se prepararon dos piezas de (EPS) (5 cm de espesor) para alojar verticalmente las jeringas, siempre con el pico mirando hacia abajo (Ver Figura 3). Luego, todo el conjunto se cerró con una tapa removible de (EPS), de 5 cm de espesor, para mantener las condiciones de temperatura estables.



Figura 3: Baño termostatzado con aislación de EPS y jeringas listas para iniciar el ensayo.

Para el sellado del pico catéter de las jeringas se utilizó manguera de látex de 10 cm de largo: se precintaron debidamente sobre el pico y se estranguló el extremo libre asegurando su cierre hermético. En la Figura 4 se puede observar este tratamiento.

A partir de la muestra de guano obtenida y luego de su apisonado se extrajo el material necesario para preparar las diluciones para cada variante descrita. El experimento contó con 4 variantes experimentales, variando la relación sustrato/agua agregada. Cada variante experimental tuvo 3 repeticiones.

- Variante 1 – “5X”: sustrato + agua (5% ST + 95%)
- Variante 2 – “10X”: sustrato + agua (10% ST + 90%)
- Variante 3 – “15X”: sustrato + agua (15% ST + 85%)
- Variante 4 – “SX”: sustrato sin agregado de agua (40,9% ST)

Es de destacar que en ningún caso se utilizó inóculo. La Variante 4 “SX” podría considerarse como digestión en estado seco, ya que el contenido de sólidos totales, igual a 40,9%, es mayor a 15% (Li y Zhu, 2011). Bajo el mismo régimen de clasificación, las otras variantes se consideran digestiones en estado líquido.



Figura 4. Jeringas una vez finalizada la biodigestión. De izquierda a derecha se encuentran las tres repeticiones de cada variante 5X, 10X, 15X y SX.

Para la asignación de cada jeringa en su lugar en el baño se realizaron dos sorteos sin reposición, uno para elegir la jeringa y otro el lugar. El arreglo resultante del experimento en el baño termostático se indica en la Figura 5.

#7- 10B	#8 – 10A	#9 – 5A	#10 – 15A	#11 – 5C	#12 – 15B	Módulo de comando del baño
#1- SC	#2 – 5B	#3 – 15C	#4 – SB	#5 – 10C	#6 - SA	

Figura 5: Esquema de la distribución de jeringas en el baño termostático. El número seguido del carácter numeral (#) hace referencia a la posición de cada sector del baño.

Protocolo de experimentación

La experiencia se desarrolló durante 56 días desde el 26 de mayo al 22 de julio de 2016. Se monitoreó diariamente la producción de biogás y la temperatura del baño termostático. La temperatura de ensayo correspondió al rango mesofílico y se ajustó en 37°C.

La medición de la cantidad de biogás producido se hizo diariamente retirando las jeringas de su lugar en el baño, girándolas hasta tener el pico hacia arriba y leyendo en una regla milimetrada metálica el desplazamiento del émbolo. Con la equivalencia de que 15 mm de la regla eran 10 ml de la jeringa se llevaron los datos de la regla a volumen.

Se realizó la lectura diaria de la temperatura del baño utilizando un termómetro digital. La lectura se hizo durante la medición del desplazamiento del émbolo de las jeringas. El valor de temperatura para cada día fue el promedio de dos lecturas tomadas siempre en el mismo lugar. El sitio 1 de medición de temperatura se encontró entre las jeringas en posición #7 y #1, mientras que el sitio 2 se encontró entre las jeringas #12 y #6.

Las jeringas se agitan diariamente luego de tomadas las mediciones mencionadas. La agitación es manual, agitando en forma lineal con el pico hacia abajo y luego hacia arriba por unos 3 segundos cada vez.

Las tareas de toma de muestra, análisis de laboratorio y preparación del ensayo se realizaron en cooperación con miembros del Instituto de Energía (IDE) de la Universidad Nacional de Cuyo. El mismo ensayo se realizó de manera simultánea y paralela. En el caso de IDE, la digestión en jeringas se realizó en una estufa de cultivo a la misma temperatura.

RESULTADOS

Caracterización del guano del corral

Las características físicas y químicas estudiadas (humedad, sólidos totales, sólidos volátiles y cenizas) del guano de cabra se resumen en la Tabla 1. Como se puede observar la variación entre las tres submuestras se encuentra dentro del rango máximo de 5,2% respecto al promedio. Cabe mencionar que los valores asociados a cenizas presentan una variación máxima respecto al promedio de 26,06%.

Condiciones generales de biodigestión

La temperatura medida diariamente a lo largo de la experiencia presentó un promedio de 37,05°C con una desviación estándar igual a 0,32°C.

La producción de biogás arrancó el día 6, con excepción de la serie correspondiente a la experiencia sin agregado de agua “SX”. Esta última arrancó en la segunda semana (día 13).

Se produjo el venteo de gas generado en dos ocasiones. La primera a las dos semanas de iniciada la experiencia y solamente para las jeringas de la variante 3 (15% ST). La segunda ocasión fue en la tercer semana, donde se venteó gas de las variantes 2 y 3 (10 y 15% ST). En estas operaciones se vació el gas en un recipiente plástico con sello de agua y almacenó hasta terminada la experiencia con fines de proceder a la combustión del mismo. Se dejó en ambos casos un remanente de gas de aproximadamente 10 ml, equivalente al volumen inicial con el que se cargaron las jeringas.

Producción de biogás total

En la Figura 6 se presentan las curvas características de la producción de biogás para las cuatro variantes. La curva de cada variante corresponde al promedio de las tres submuestras con fines de realizar con mayor claridad la lectura de la figura.

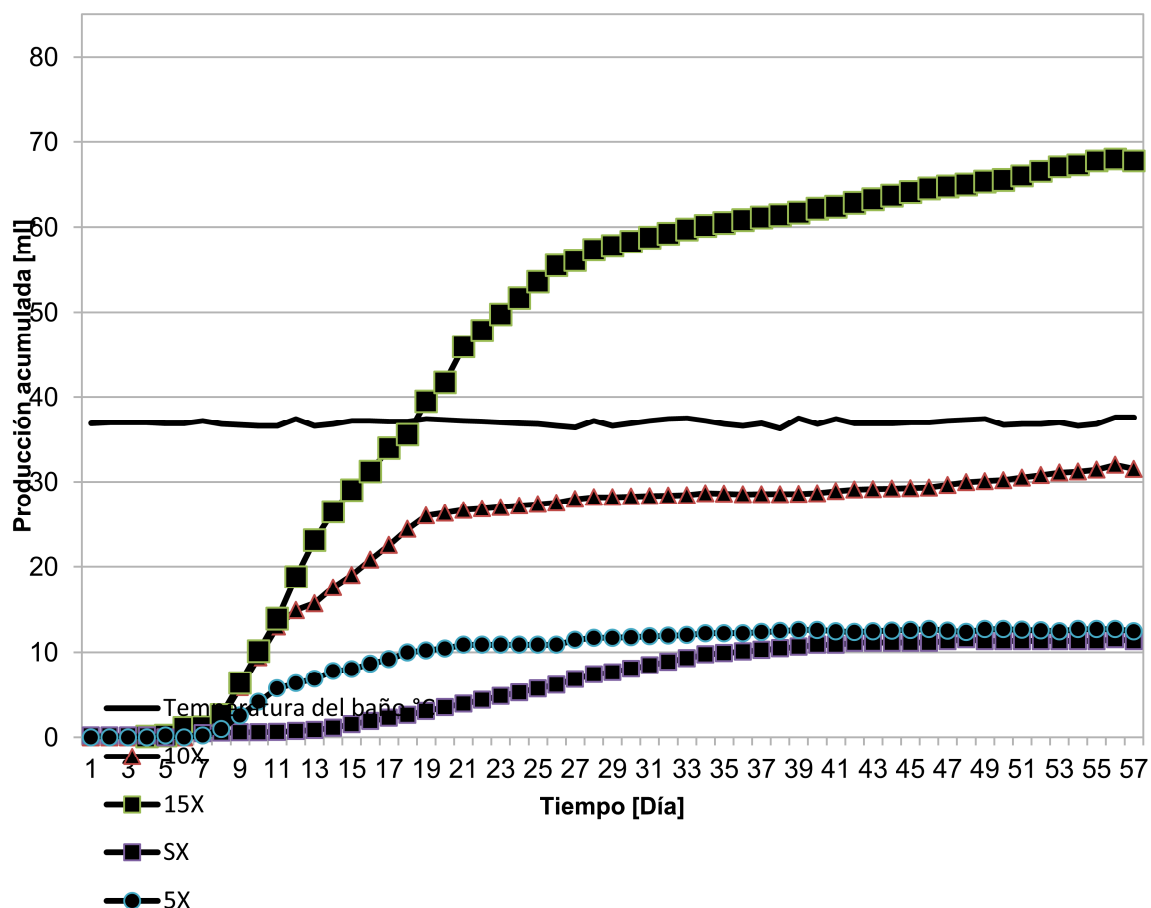


Figura 6: Evolución de la producción de biogás y temperatura durante el ensayo.

En la Tabla 1 se presentan los valores de producción de biogás relativa al volumen de digestato inicial, a la cantidad de sólidos volátiles y producción total promedio para cada variante.

Variante	ml biogás / ml digestato		ml biogás / g SV		Producción total	
	Media [ml/ml]	Desviación estándar	Media [ml/ml]	Desviación estándar	Media [ml/ml]	Desviación estándar
5X	1,24	0,27	41,92	9,02	12,43	2,68
10X	3,15	0,12	53,16	2,03	31,53	1,20
15X	6,24	0,66	70,17	7,38	67,73	7,31
SX	1,57	0,51	6,45	2,09	11,30	5,21

Tabla 1: Producción de biogás, sustrato guano de cabra.

Tasa de producción de biogás

Las curvas para cada variante tienen pendientes marcadamente diferentes durante la etapa de mayor producción. La pendiente de las curvas de producción se analizó por medio de una aproximación lineal, para las variantes 5X, 10X y 15X durante el periodo que contempla la segunda y tercer semana de ensayo (día 7 a 21). Para la variante SX este periodo fue durante la tercer, cuarta y quinta semana (día 14 a 35). Los valores resultantes se presentan en la Tabla 2.

Variante	Pendiente	Variante	Pendiente
5X	0,70	15X	3,23
10X	1,82	SX	0,44

Tabla 2: Pendiente de las curvas de producción de biogás, periodo de crecimiento lineal detallado en el texto.

Calidad del gas

No se realizó la determinación de la composición del biogás generado. Sin embargo se probó si era combustible usando un mechero Bunsen. Se obtuvo una llama azul durante algunos segundos.

DISCUSIÓN

Con respecto a la práctica presentada aquí se podría indicar lo siguiente:

Respecto al método

Al igual que Martínez Hernández et al. (2008) se puede decir que es posible la producción de biogás en laboratorio a baja escala a través del uso de jeringas. Este método permite, con bajas inversiones de dinero y espacio, determinar la influencia de una variable con varias repeticiones.

Si bien el objetivo de este trabajo no es evaluar la validez del método, se considera que no sería el más adecuado para determinar el potencial bioquímico de metano (BMP por sus siglas en inglés Biochemical Methane Potential). El valor BMP de un sustrato es un parámetro que determina la cantidad de metano [mL/g SV] potencialmente producido por un residuo orgánico en condiciones anaeróbicas (Kafle et al. 2016). Dado que el coeficiente de rozamiento del émbolo de la jeringa con las paredes internas de la misma podría diferir entre jeringas y varía a medida que se va usando, la medida de generación de biogás es aproximada. Además la presión del biogás generado no es un dato conocido. Por lo tanto se supone que para un mismo desplazamiento del émbolo, en comparación entre jeringas, se ha generado la misma cantidad de biogás.

Un método alternativo de laboratorio a considerar para biodigestión en baja escala es el descrito por Chanakya et al. (2009). Ellos experimentaron con biodigestión de biomasa vegetal con bolsas de nylon de 15 x 20 cm. La medición del biogás producido la hicieron por desplazamiento de agua en buretas invertidas.

Respecto a los resultados

Calidad de la materia prima

En este trabajo, se obtuvieron valores de materia seca y sólidos volátiles de 40,1% y 83,4% respectivamente y en promedio.

Kafle et al. (2016) indican, para guano caprino, un contenido de materia seca y sólidos volátiles de 81,63% y 64,23% respectivamente. En la misma línea, Touray et al. (2014) indican un contenido de materia seca de 91,3% y de sólidos volátiles de 69,5%. Por último, Deublein D., Steinhauser A. en Halder et al. (2016) indican datos de materia seca y sólidos volátiles para guano caprino de 18% y 80% respectivamente.

La diferencia entre los datos puede deberse a las condiciones en las que se encontró el guano en el momento de analizar. En nuestro caso el mismo fue retirado en fresco, en las condiciones descritas, pero luego de varias semanas de haber llovido. Esta situación hizo, probablemente, que al depositarse el guano en el suelo, absorbiera agua. Entonces, la disparidad entre los valores hace necesario preferiblemente determinar estos parámetros del guano que sería utilizado en el caso de una biodigestión con fines de producción de biogás y/o especificando claramente las condiciones en las que se encuentra el guano y si es posible también, la alimentación de los animales.

Producción de biogás

El tiempo de digestión técnica para nuestra experiencia (periodo de tiempo en el que se concentra del 80 al 90% de la producción máxima de biogás) se encuentra entre los 15 y 34 días según la variante que se considere.

Kafle et al. (2016) indica un tiempo de digestión técnica para guano caprino entre los 31 y 44 días. Martínez Hernández et al. (2008) destaca que en los primeros quince días, la producción de biogás a temperaturas de 29, 30 y 36°C fue baja y que a partir del día 19 comenzó el crecimiento en la producción de biogás.

En comparación con los estudios anteriores se han obtenido en este estudio resultados mejores en cuanto a menores tiempos de arranque de la producción de biogás, aún cuando no se trabajó inicialmente con inóculo.

Considerando las digestiones en estado líquido, la variante de mayor producción de biogás fue la de 15% de sólidos totales. Al analizar la producción de biogás por cada gramo de sólidos volátiles agregados se observa claramente que la variante de 15% ST es la que produjo más biogás, 70,2 ml biogás/g SV. Esta variante produjo en promedio un 32% más biogás que la variante de 10% ST y un 67% más de biogás que la variante de 5% ST.

Kafle et al. (2016) indican una producción de biogás luego de 90 días de digestión de 242 ml/gSV. Al-Dahhan et al. (2005) comentan que la producción de biogás puede verse afectada por factores de operación tales como el tiempo de retención hidráulico (TRH) y el grado de contacto entre el sustrato de entrada y la población de bacterias, el pH, la temperatura, la naturaleza del sustrato, la carga orgánica, demanda química orgánica (DQO), la relación carbono/nitrógeno (C/N).

De esta forma, se puede asignar la diferencia a cualquiera de estos factores, mas probablemente al grado de contacto entre el sustrato de entrada y las bacterias, el consorcio bacteriano presente y la relación C/N. La relación C/N óptima según Martina et al. (s/f) es de 30:1 y por otro lado Kafle et al. (2016) indica que el guano caprino tiene una relación de 20:1. Considerando que en nuestro ensayo se trabajó con guano puro, la relación C/N no óptima puede ser un factor clave que explique la diferencia en producción de biogás.

El resultado de la experiencia realizada muestra que la variante con mayor porcentaje de sólidos totales (Variante SX) generó menor cantidad de biogás. Esto debido posiblemente a la ausencia de agua agregada y la dificultad de agitación del digestado dado su estado sólido.

CONCLUSIONES

Resulta de interés evaluar el aumento de producción de biogás al duplicar o triplicar la cantidad de sólidos totales, pasando de 5% a 10% y de 5% a 15% de sólidos totales respectivamente. El ensayo nos indica que, al duplicar la cantidad de sólidos totales se aumenta en un 26,8% la producción de biogás y al triplicar la cantidad de sólidos totales el aumento en la producción de biogás es de 67,4%. En ambos casos, el aumento de producción de biogás no responde linealmente al aumento de la cantidad de sólidos totales.

Sería interesante analizar la proporción de 20% ST, dado que entre el 5% ST y 15% ST hay un

aumento permanente de la producción. Si bien es cierto que una muestra con 20% ST resulta muy difícil de manejar dada la mayor cantidad de sólidos, resultaría interesante para tomar en cuenta el límite en la producción de biogás a esa temperatura.

REFERENCIAS

Al-Dahhan M.H., Karim K., Klasson K.T., Hoffman R., Drescher S.R., DePaoli D.W. (2005). Anaerobic digestion of animal waste: effect of mixing. *Bioresource Technology* (96), 2005, pp. 1607-1612.

Candia R., Puig S., Dalmaso A., Videla F., Martínez Carretero E. (1993). "Diseño del plan de manejo para la Reserva Provincial la Payunia". *Multiequina* 2; pp. 5-87, 1993.

Chanakya H.N., Sharma I., Ramachandra T.V. (2009). Micro-scale anaerobic digestion of point source components of organic fraction of municipal solid waste. *Waste Management* 29 (2009) 1306-1312.

Dirección de Conservación del Suelo y Lucha contra la Desertificación - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (s.f.). Manual sobre desertificación. Consulta 2015. <http://ambiente.gob.ar/archivos/web/PCA/File/desertificacion.pdf>

Esteves A., Ganem C., Mercado M.V. (2014). Energy conservation and solar energy use for cooking. Impact of its massive adoption in Arid Zone of Argentina. *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*. Vol. 3, N° 1.

Esteves, A., Quiroga, N., Caramelino, P., Buenanueva, F., & Orduna, D. (2013). Posibilidades de la destilación solar en la zona de Payunia Malargüe. *Acta de la XXXVI Reunión de trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, 1.

Garfi M., Martí-Herrero J., Garwood A., Ferrer I. (2016). Household anaerobic digesters for biogas production in Latin America: a review. *Renewable and sustainable energy reviews* 60(2016) 599-614.

Kafle G. K., Chen, L. (2016). Comparison on batch anaerobic digestion of five different livestock manures and prediction of biochemical methane potential (BMP) using different statistical models. *Waste Management* 48 (2016) 492-502.

Li Y., Park S. Y., Zhu J. (2011). Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 (2011) 821-826.

Martínez Hernández C. M., Böttinger S., Oechsner H., Kanswohl N., Schlegel M., Iglesias Hernández E., Pérez Palomino Y., García Roque Y. (2008). Estudio de la producción de biogás a escala de jeringas. *Centro Agrícola*, 35(2): 23-31, abril-junio 2008. ISSN: 0253-5785.

Orrico A. C. A., Lucas Júnior J., Orrico Júnior M. (2007). Caracterização e biodigestão anaeróbica dos dejetos de caprinos. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.27, n.3, p.639-647, set./dez.2007

Schievano, A., Scaglia, B., D'Imporzano, G., Malagutti, L., Gozzi, A., Adani, F. (2009). Prediction of biogas potentials using quick laboratory analyses: upgrading previous models for application to heterogeneous organic matrices. *Bioresour. Technol.* 100 (23), 5777-5782.

Telemark University College. (2011). EET2110 Water Treatment and Environmental Biotechnology : Experiment 2011 Biogas potential test. Disponible en: <http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/87434/Biogas%20potential%20test%20Rune%20Bakke%20HIT.pdf>

Touray N., Tsai W.T., Chen H.R., Liu S.C. (2014). Thermochemical and pore properties of goat-manure-derived biochars prepared from different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 109 (2014) 116-122.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the influence of total solids percentage in the generation of goat manure biogas. This was an experience with syringes at laboratory scale in batch conditions. Twelve syringes of 60 mL of capacity were installed in a thermostated bath at 37 °C. Biodigestion was held for 56 days. Four variants with 5%, 10%, 15% of total solids (TS) and a variant without added water were tested with 40.9% ST. Increased production of biogas in the variant of 15% ST was observed. Moisture, total solids, volatile solids and content of ash from the original sample have been determined too. Biogas composition was not determined, but its flammability was tested in a Bunsen burner giving a blue flame for a few seconds.

Keywords: biogas, caprine manure, goat manure, syringe, anaerobic digestion