

BIOENSAYO ANAEROBICO DEL ESTIERCOL DE CONEJO

M. Morales¹, G. Plaza², A. Boucíguez³ y R. Jaramillo⁴

¹Becario CIUNSA – CONICET Av. Bolivia 5150, 4400 Salta, morales.martin.alberto@gmail.com.

²Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150, 4400 Salta, gloria@unsa.edu.ar.

³Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150, 4400 Salta, acbouciguez@gmail.com.

⁴Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150, 4400 Salta.

RESUMEN: En el presente trabajo se estudia el proceso de digestión anaeróbica húmedo y semiseco a escala laboratorio utilizando estiércol de conejo y vacuno. Se realiza una comparación de ambos procesos. Se ensayan reactores anaeróbicos en el rango mesófilico en forma discontinua. Se caracteriza el sustrato y se analiza su rendimiento energético por la producción de biogás y de su composición. El ensayo muestra que el estiércol de conejo presenta un mayor rendimiento energético en comparación con el vacuno en condiciones de operación húmeda siendo su comportamiento de degradación similar.

Palabras claves: biogás, estiércol de conejo, estiércol vacuno.

INTRODUCCION

La producción de biogás ocurre a partir de un proceso denominado digestión anaeróbica, el que implica una serie de reacciones bioquímicas provocadas por un grupo de bacterias, entre las que se destacan las metanogénicas, que son las encargadas de elaborar metano en ausencia total de oxígeno. Así la digestión anaeróbica tiene por objeto la descomposición de la materia orgánica en un digestor herméticamente cerrado. La composición del biogás varía de acuerdo al sustrato utilizado pero en general el porcentaje de metano se encuentra entre los 60 y 70%, el resto se compone de anhídrido carbónico, trazas de hidrógeno y ácido sulfhídrico. Las bacterias que forman metano son sumamente sensibles a los cambios de temperatura por lo que se debe tener un control permanente de este parámetro durante todo el ensayo.

En la naturaleza el proceso de digestión anaeróbica ocurre en un amplio rango de temperaturas que va desde 0 a 97 °C (Muñoz - Valero et al., 1987). Los tres rangos principales son el psicrófilico (por debajo de 25°C), mesófilico (entre 25°C y 5°C) y el termófilico (entre 45°C y 65°C) (Pozuelo, 2001), siendo mayor la producción de biogás cuanto mayor sea la temperatura, el rango más utilizado en los ensayos de digestión anaeróbica es el mesófilico.

El pH óptimo para la digestión se sitúa entre los 7 y 8, aunque los microorganismos anaerobios soportan cierta oscilación (Clark y Speece, 1989). Se presenta graves problemas si el pH baja por debajo de 6 o sube por encima de 8,3 (Lay et al., 1997).

Una excesiva concentración de ácidos volátiles, producto de una baja en la temperatura o formación de espuma, puede interrumpir la digestión, por lo que es conveniente su control. (Taiganidez, 1980) Esta variable se considera muy importante para controlar la evolución del digestor y muestra una rápida respuesta a las variaciones del sistema. (Ahring *et al.*, 1995)

La alcalinidad es una medida de la capacidad buffer del medio. Esta capacidad puede ser proporcionada por un amplio rango de sustancias, siendo por tanto una medida inespecífica. En el rango de pH de 6 a 8, el principal equilibrio químico que controla la alcalinidad es el dióxido de carbono - bicarbonato. La alcalinidad al bicarbonato debe mantenerse por encima de 2500 mg/l para asegurar la estabilidad del digestor (Fannin, 1987).

El proceso de digestión anaeróbica se clasifica según la cantidad de sólidos totales presente en el sustrato, en húmedo (menor a 10% o 15% de ST), semiseco (entre 10% o 15% y 22% o 23% de ST) y seco (mayor a 22% o 23% de ST), aunque estos porcentajes varían de acuerdo a la bibliografía consultada (Tchobanoglous, 1993; Ten Brummeler, 1993).

La tecnología de la digestión anaeróbica en semiseco presenta varias ventajas y su estudio se encuentra en pleno desarrollo (Carreras y Dorransoro, 2001). Entre los beneficios más importantes es la de aumentar el volumen útil del digestor, permitiendo incorporar mayor cantidad de sustrato (Cecchi et al, 1992) a la vez que se preserva un recurso tan indispensable como el agua.

El estiércol de conejo es un residuo común en zonas agrícolas del NOA, dado que la carne de conejo está siendo incorporada en la dieta de la sociedad de la región. Constituye una práctica agropecuaria frecuente, la utilización de estiércol animal como abono, sin embargo estos residuos si no se tratan en forma conveniente, impactan al medio ambiente en aire y suelo. El tratamiento anaeróbico representa una alternativa óptima desde el punto de vista del aprovechamiento de materia y energía

ENSAYOS DE LABORATORIO. MATERIALES Y MÉTODOS

Los digestores utilizados consisten en recipientes de vidrio de 3 litros de capacidad sellados herméticamente, conectados a un gasómetro de mayor volumen. Mediante el desplazamiento del agua se mide el volumen de biogás producido. Los digestores se mantuvieron a una temperatura propicia para la reproducción de las bacterias metanogénicas dentro de una cámara termostatazada, la temperatura de trabajo de los ensayos se encontraba en $35\pm 5^{\circ}\text{C}$. En la Figura 1 se presenta un esquema de la experiencia.

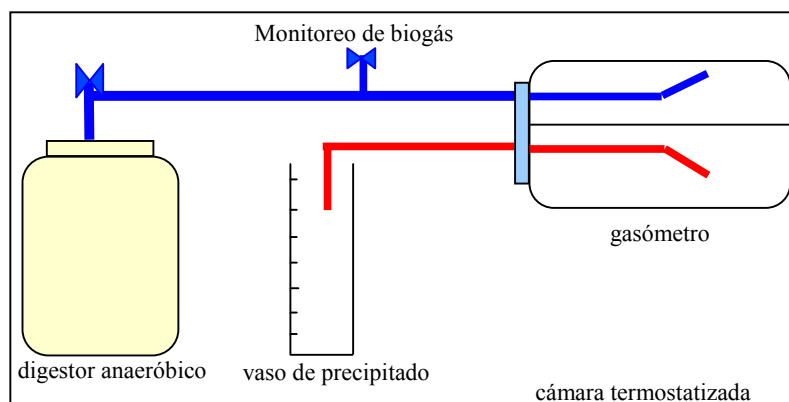


Figura 1. Esquema del ensayo de laboratorio

Tanto la alcalinidad (Alk) como los ácidos grasos volátiles (AGV) expresados en mg/l de CaCO_3 fueron determinados según Standard Methods for the examination of water and wastewater (APHA, AWWA, 1995) y adaptados a las condiciones de los ensayos. El pH, alcalinidad, ácidos grasos volátiles, sólidos totales y sólidos volátiles fueron determinados al inicio y final de la experiencia. Para determinar la composición del biogás producido se utilizó una solución de KOH al 30%.

Se determina la remoción porcentual de materia orgánica como por ciento de remoción en sólidos volátiles. Los ensayos se realizaron en modo semiseco en la experiencia 1 y en modo húmedo en la experiencia 2 y 3.

En la experiencia 1 se mezclaron nueve partes de estiércol de conejo con dos de agua. Teniendo en cuenta que los valores recomendables de sólidos totales se encuentran entre 3 y 10% para un proceso de tipo húmedo (Taiganides, 1980) se mezcló en partes iguales de estiércol y agua para la experiencia 2. Finalmente, en la experiencia 3 se mezclaron tres partes de estiércol vacuno con uno de agua.

En el semiseco se insertaron tubos perforados para facilitar la colección de biogás hacia la parte superior. En la figura 2 se presenta un esquema de los reactores en modo húmedo y semiseco.

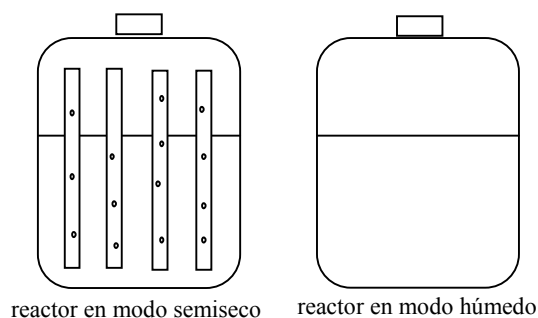


Figura 2. Esquema de los reactores en modo húmedo y semiseco

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la carga de los reactores ensayados

En las dos primeras experiencias se ha utilizado como sustrato estiércol de conejo, en la tercera se utilizó estiércol vacuno. Los detalles de la caracterización fisicoquímica se presentan en la Tabla 1. En ella se encuentran los parámetros más importantes que caracterizan al sustrato. Sobre cada experiencia se han ensayado dos reactores, todos en similares condiciones.

Como puede verse en la Tabla 1 la experiencia 1 corresponde a un proceso semiseco, según la bibliografía recomendada y la experiencia 3 se encontraría en el límite de un proceso húmedo. En la misma tabla se observa que los valores de pH de las 3 experiencias, son aceptables para una buena digestión Sin embargo la alcalinidad mayor en las experiencias 1 y 2 permiten predecir un comportamiento más estable y una mayor productividad de biogás en la escala ensayada y proyectada a otras mayores

Caracterización Físico-Química			
Experiencia	1	2	3
Sólidos totales ST (% p/p en materia fresco)	16,5	10,1	14,4
Sólidos volátiles SV (%p/p en sólidos totales)	86,1	82,1	73,1
Humedad (% p/p en materia fresco)	83,5	89,8	85,5
Ceniza (%p/p en sólidos totales)	13,8	17,8	13,8
pH	7,2	7,3	7,3
Alk (mg CaCO ₃ /l)	950	960	310
AGV (mg CaCO ₃ /l)	1480	7760	570

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de los sustratos

Experiencia 1

En la Figura 3, se presenta los resultados de los dos ensayos para el proceso en semiseco, la primera corresponde a la producción diaria, mientras que la segunda es el acumulado. En ella, se observa que, en ambas situaciones, la declinación de producción de biogás se inicia el día 6, llegando a un valor mínimo el día 20. Las cantidades de biogás producida al final de la experiencia, alcanza los 1725,7 ml de biogás/kg de sustrato para el reactor 1, mientras que para el reactor 2 llega a los 2279,4 ml de biogás/kg de sustrato. En ambos reactores se observa una intermitencia en la producción, ya que en algunos días en los que no se ha producido biogás. Sin embargo se advierte la capacidad de reactivación en ambos casos. La cantidad porcentual de metano, es del orden de 60% a partir del día 15, tal como se muestra en la Figura 4.

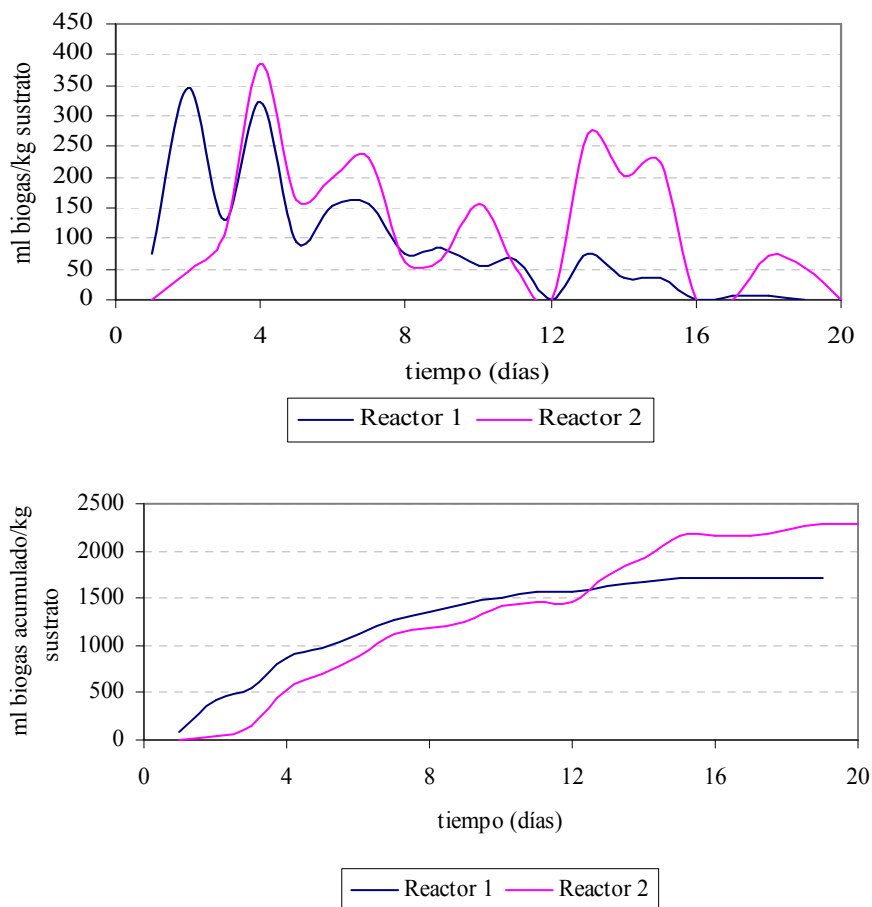


Figura 3: ml de biogas /kg sustrato y, ml biogas acumulado/kg de sustrato para la experiencia 1

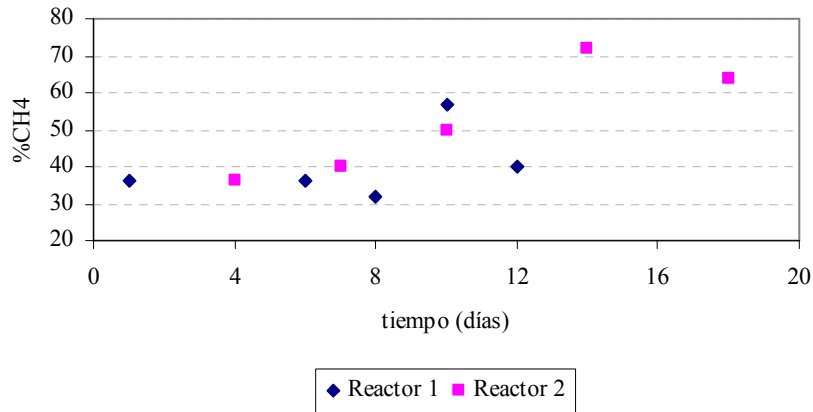


Figura 4: Composición de biogás para la experiencia 1

Experiencia 2

En la Figura 5 se presentan los ml de biogás producidos diariamente, el biogás acumulado y en la Figura 6, la cantidad porcentual de CH4. Claramente se observa la diferencia entre los dos ensayos. Se sospecha una contaminación dentro del reactor 2 lo que ha ocasionado la interrupción de las condiciones aptas para la actividad metanogénica. La situación ha sido totalmente inversa para el reactor 1, en este caso se observa una alta producción de biogás, llegando a los 29507,9 ml de biogás/ kg de sustrato. La máxima producción se alcanza el día 37. En cuanto a la cantidad de metano producido es deficiente en los primeros 15 días, aunque luego aumenta y se mantiene entre 60% y 70%.

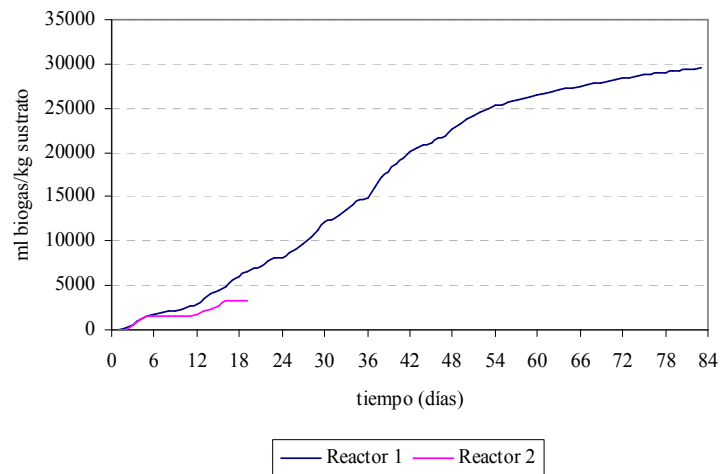
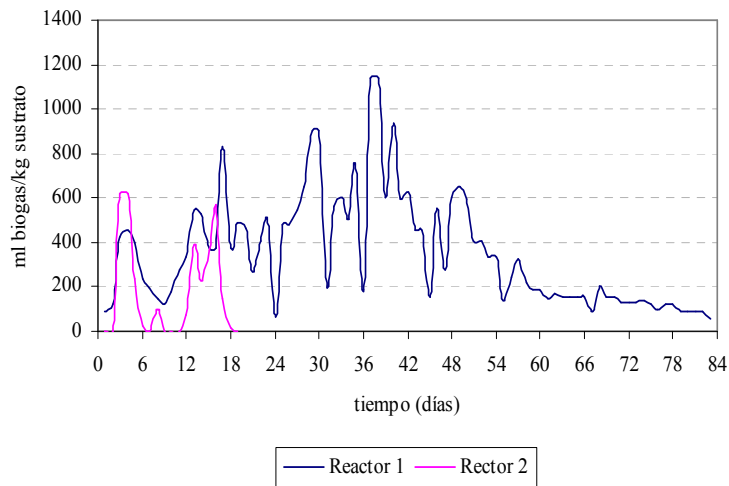


Figura 5: ml de biogás /kg sustrato y ml biogás acumulado/kg de sustrato de la experiencia 2

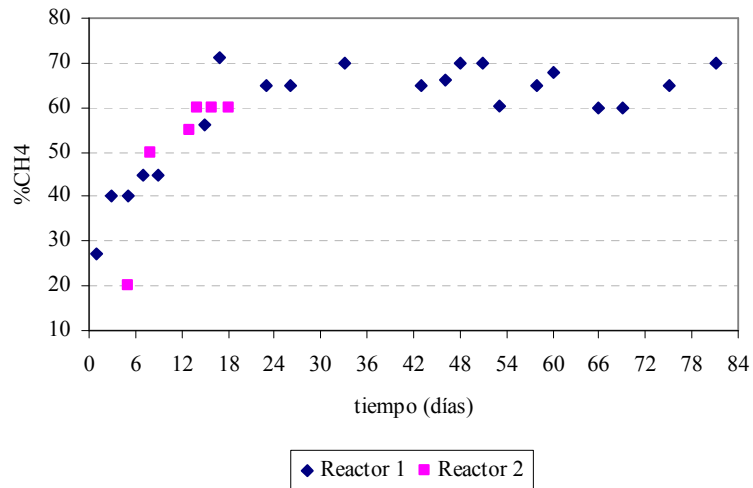


Figura 6: Composición de biogas de la experiencia 2

Experiencia 3

En esta experiencia se ha utilizado como sustrato estiércol vacuno, más estudiado que el de conejo, a fin de comparar sus productividades. En la Figura 7 se presenta los ml de biogás producido diariamente, el volumen acumulado de biogás y en la Figura 8, la cantidad porcentual de CH₄. Para el caso del reactor 2 se observa una interrupción de la producción en el día 18, producto de una perturbación externa, sin embargo tiene la capacidad de reactivarse para luego finalizar aproximadamente el día 50. Se observa de la gráfica de biogás acumulado que la producción total alcanza los 11695 ml de biogás/ kg de sustrato. En cuanto al ensayo del reactor 1 la producción llega a los 20966,129 ml de biogás/kg de sustrato, alcanzando su máxima producción el día 20. Se observa que en ambos casos la cantidad porcentual de CH₄ se mantiene entre 60% y 70%.

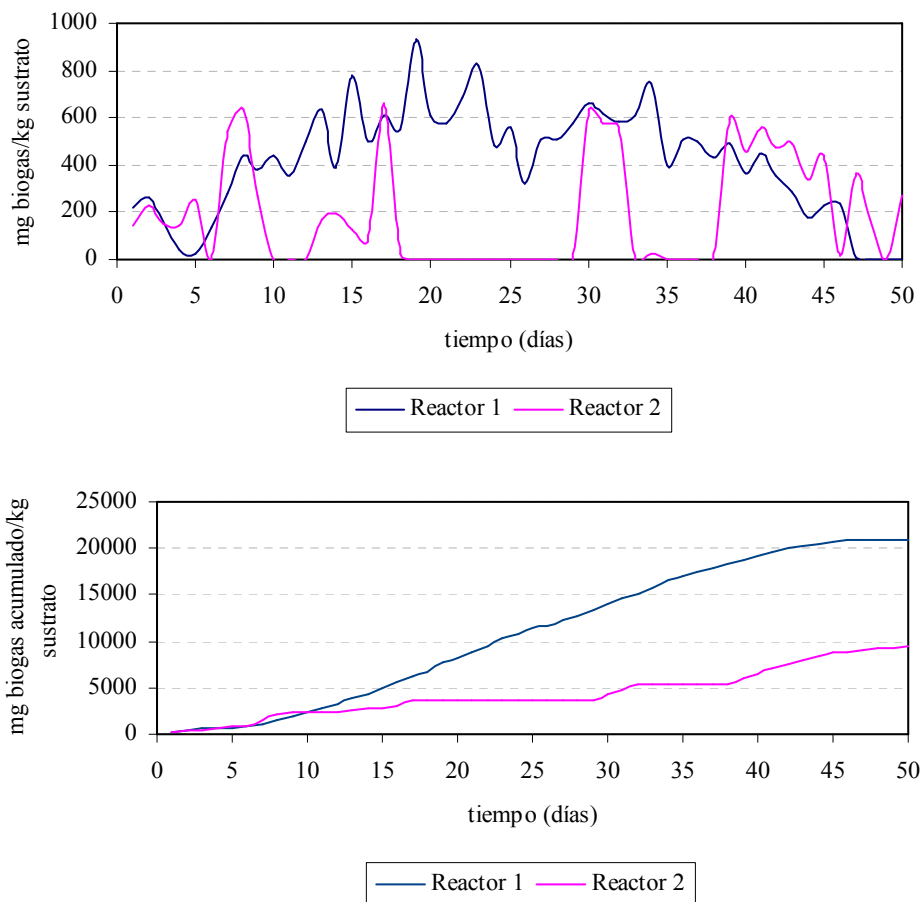


Figura 7: ml de biogas /kg sustrato, ml biogas acumulado/kg de sustrato de la experiencia 3

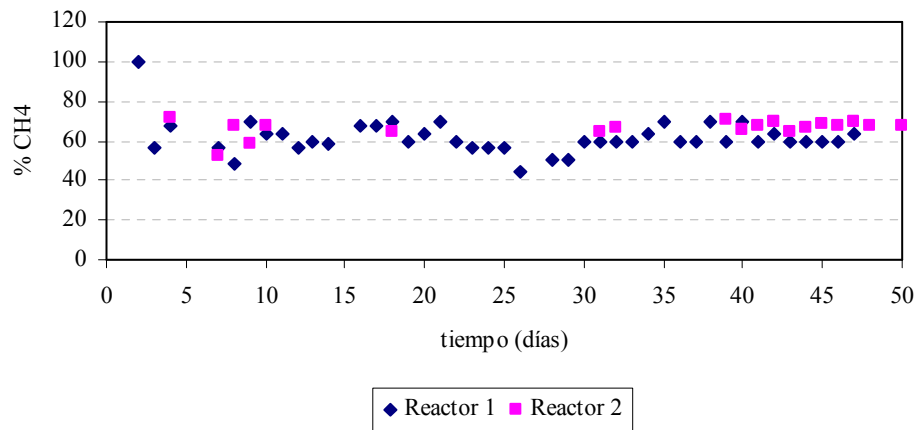


Figura 8: Composición de biogás de la experiencia 3

Se presenta en la Tabla 3 la carga en kg, la caracterización física al inicio y al final de las experiencias, con estos datos se calcula la remoción porcentual en cada caso, lo que se presenta en la Tabla 4. Se observa una mayor cantidad porcentual de sustrato removido para el caso de la experiencia 2, como era de esperar, ya que ha sido mayor la producción de biogás y la duración del ensayo.

	Experiencia 1 (reactor 1)	Experiencia 2 (reactor 1)	Experiencia 3 (Reactor 1)
carga(kg)	1.34	1.99	1.24
%STinicial	16.5	10.1	14.4
%STfinal	14.3	6.5	10.3
%SVinicial en ST	86.1	82.1	73.1
%SVfinal en ST	85.6	75.7	73.0

Tabla 2. Caracterización física inicial y final.

	%remoción
Experiencia 1	0,58
Experiencia 2	7,7
Experiencia 3	0,13

Tabla 3. Remoción porcentual

CONCLUSIONES

De los ensayos realizados se observa una mayor producción de biogás del estiércol de conejo en el caso húmedo, en comparación con el semiseco y con el vacuno. Estos resultados concuerdan con los valores de alcalinidad determinados en cada experiencia.

De la experiencia en semiseco, se percibe que será necesario evaluar la incorporación de un sistema de recirculado para lograr una mayor eficiencia en la producción de biogás, en cantidad y calidad. Se prevé la construcción de nuevos diseños de ensayos en semiseco, evaluando los parámetros con mayor frecuencia para mejorar la operatividad de los mismos y de esta manera sus rendimientos.

Está previsto, también la construcción de una planta productora de biogás en un criadero de conejo situado en el Valle de Lerma de la provincia de Salta para hacer el aprovechamiento de energía y materia a partir del estiércol producido por un número medio de 300 conejos.

En cuanto al estiércol vacuno, se halla en construcción un biodigestor, tipo hindú, a escala piloto en la Escuela de Educación Técnica N° 5141, de la ciudad de Salta, el que espera ensayarse cuando se complete la obra.

BIBLIOGRAFIA

Ahring et al. (1995). Methanogenesis in thermophilic biogas reactors. Antonie van Leeuwenhoek. Vol. 67. pag 91-102

- Carreras N. y Dorronsoro J. (2001) *Estado del desarrollo tecnológico del aprovechamiento de la biomasa*. Especial energía de la biomasa. CIEMAT Dpto. de Energías Renovables.
- Cecchi F., Mata Alvarez J., Pavan P., Sans C., Merli C. (1992) Semi-dry anaerobic digestion of OFMSW: influence of process parameters on the substrate utilization model. *Water Science Technology* Vol 25. N° 7. pp 83-92.
- Clark y Speece. (1989). The pH tolerance of anaerobic digestion. *Advanced water pollution research*. Int. Conf. 5th . pag 27/1-27/14
- Fannin, K.F. (1987). "Start-up, operation, stability, and control", en *Anaerobic digestion of biomass*. Editado por Chynoweth, D. Y y Isaacson, R. Elsevier applied science LTD.
- Lay, J.J., Li, Y.Y., Noike, T. (1997). Influences of pH and moisture content on the methane production in high-solids sludge digestion. *Water Research*, vol. 31 (10), pag., 1518-1524.
- Muñoz Valero. J. A. Ortiz Cañabate. J Vazquez Minguela (1987) *Técnicas y aplicaciones agrícolas de la biometanización*. Serie Técnica Ministerio de Agricultura . Pesca y alimentación. Madrid.
- Pozuelo. 2001. Optimización de la digestión anaeróbica de purines de cerdo mediante codigestión con residuos orgánicos de la industria agroalimentaria. Universidad de Lleida.
- Taiganides EP (1980). Biogas: recuperación de energía de los excrementos animales. *Zootecnia* 35: 2-12.
- Ten Brummeler E. (1993) Dry anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste. Doctoral Thesis. Wageningen Agricultural University. Wageningen. The Netherlands.
- Thobanoglous, G (1998). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*, Mc. Graw-Hill.

ABSTRACT: In this paper we studied the wet and semidry anaerobic digestion process, in laboratory scale using rabbit and cattle manure. A comparison of both processes is made. Anaerobic reactors are tested in the discontinuously mesophilic range. The substrate is characterized and analyzed their energy efficiency by biogas production and composition. The test shows that rabbit manure has a higher energy efficiency compared with cattle manure under similar wet operating conditions. Both have a similar degradation behavior.

Keywords: biogas, manure of rabbit, manure of cow.