

BIODIGESTION DE ESTIERCOL VACUNO EN INVERNADERO

LUCAS SEGHEZZO *

LUIS SARAVIA †

INENCO ¹

Universidad Nacional de Salta

Buenos Aires 177

4400 SALTA.

Tel/Fax 54-87-251034

RESUMEN

Mediante el presente trabajo se evalúa la eficiencia del sistema de invernadero como medio de calefacción de un biodigestor anaeróbico, estudiando el incremento de la temperatura interna del reactor, y el volumen de producción de biogas. Se realizó un seguimiento anual de los parámetros de funcionamiento de dos biodigestores discontinuos de 200 litros cargados con estiércol vacuno. Uno de los digestores fue instalado en un invernadero de polietileno, y el otro fue dejado a la intemperie. Se midió la temperatura del aire dentro y fuera del invernadero, la temperatura de los líquidos en digestión en ambos digestores, el volumen de biogas producido y la presión de trabajo. Los resultados muestran mayor producción de biogas en el invernadero, debido al aumento de la temperatura del líquido en digestión tanto en la experiencia de verano como en la de invierno.

1 INTRODUCCION

La biodigestión anaeróbica es un método útil para el tratamiento de desechos orgánicos como los estiércoles animales, o los residuos vegetales agrícolas o agroindustriales [7] [12] [14].

Esta digestión es una fermentación que se desarrolla en ausencia de oxígeno y puede ser realizada en tanques de diverso tipo, obteniéndose un gas combustible compuesto en gran parte por metano, y un residuo digerido que puede ser utilizado como fertilizante o enmienda de suelos pobres en materia orgánica [5] [8] [9] [1], o como abono de estanques de agua destinados a la producción de biomasa vegetal o animal [11] [9] [4] [15] [6].

Una de las variables fundamentales de un proceso de biodigestión es la temperatura, la cual condiciona el metabolismo de los microorganismos intervinientes en la fermentación, y determina el grado de eficiencia del sistema en su conjunto [13] [10]. La temperatura óptima de trabajo para las bacterias denominadas "mesofílicas" (que trabajan a temperaturas medias), es de 35 C. Estas bacterias se encuentran generalmente presentes en el estiércol animal, y no es necesario realizar ningún tipo de inoculación para que la fermentación dé comienzo en el digestor.

*Becario CONICET

†Investigador SAPIU-CONICET

¹Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional. UNSa - CONICET

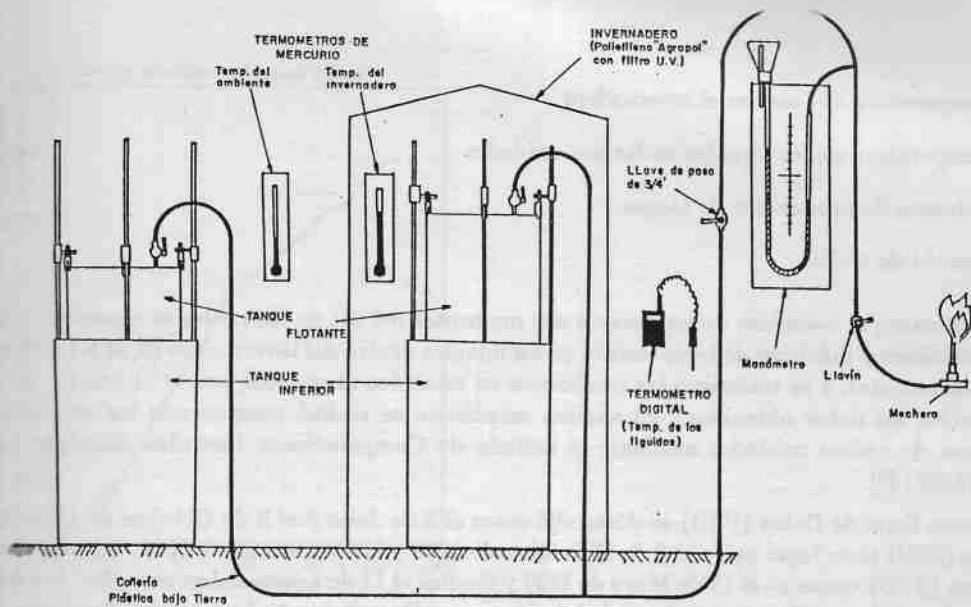


Figura 3: Evaluación de la eficiencia de un invernadero como sistema de calefacción de un biodigestor anaeróbico discontinuo. Esquema del experimento.

Se colocó un termómetro de mercurio en un lugar protegido cercano a las dos unidades y otro dentro del invernadero. A este segundo termómetro se le construyó una caja especial pintada de blanco para protegerlo del sol directo.

El material utilizado para las experiencias fue estiércol vacuno diluido en agua (aproximadamente 10% de materia seca). La carga se realizó en una sola operación al comienzo de cada corrida, sellándose el sistema con el tanque flotante. La producción de gas se inició en todos los casos aproximadamente 5 días después. Cuando la producción diaria de biogases cesaba, o era demasiado pequeña para justificar las mediciones, se interrumpía la toma de datos y se procedía a su análisis. Esto motivó que las experiencias tuvieran duraciones diferentes, ya que durante el período cálido la digestión se acelera, agotando el sustrato disponible con mayor rapidez que durante la época fría.

Las experiencias comparativas de producción de biogases en las dos unidades de biodigestión se realizaron según el esquema experimental que se muestra en la Figura 3. Uno de los digestores se colocó dentro del invernadero (Unidad Invernadero) y el otro se instaló al aire libre (Unidad Ambiente). Se pintó de negro el tanque inferior de la Unidad Invernadero para maximizar la absorción de calor.

Como experiencia preliminar, y con el objeto de poner a punto el manejo del reactor, se realizó una corrida experimental de producción de biogases en la Unidad Invernadero, obteniéndose de esta manera una "Primera Serie de Datos" (PSD). Se realizaron posteriormente dos experiencias comparativas de las que surgen una segunda y una tercera serie de datos respectivamente (SSD y TSD).

Se midieron los siguientes parámetros:

1. Temperatura ambiental

2. Temperatura del aire en el invernadero
3. Temperatura de los líquidos en las dos unidades
4. Volumen de producción de biogas
5. Presión de trabajo

Se determinaron al comienzo de los ensayos dos momentos del día en los cuales se observaban los valores mínimos y máximos de temperatura en los líquidos dentro del invernadero (9,00 y 17,00 hs, aproximadamente), y se realizaron las mediciones en estos dos momentos, con el objeto de hacer comparables los datos obtenidos. El análisis estadístico se realizó comparando los resultados homólogos de ambas unidades mediante el método de Comparaciones Pareadas descripto por Daniel (1985) [3].

La Primera Serie de Datos (PSD) se desarrolló entre el 2 de Julio y el 8 de Octubre de 1989. La Segunda (SSD) tuvo lugar entre el 5 de Diciembre de 1989 y el 9 de Marzo de 1990, mientras que la Tercera (TSD) comenzó el 13 de Mayo de 1990 y finalizó el 17 de agosto del mismo año. Las tres experiencias se desarrollaron en la localidad de Vaqueros, Departamento La Caldera, Provincia de Salta.

3 RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Ensayos de biodigestión:

La producción de biogas obtenida durante la PSD se muestra en la Figura 4. El tiempo total de prueba fue de 106 días, observándose una producción acumulada de 3 m³.

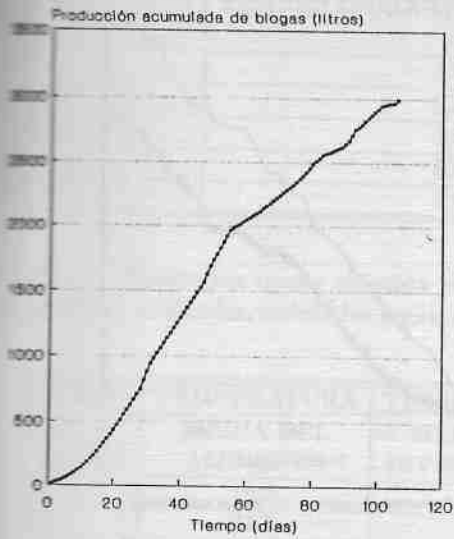


Figura 4

Producción de biogas en litros en función del tiempo de prueba para la Primera Serie de Datos. Biodigestor discontinuo en invernadero. Material de carga: estiércol vacuno al 10% de materia seca en agua.

Las Figuras 5 y 6 muestran la producción comparada de biogas de las dos unidades (Ambiente e Invernadero) durante la segunda y la tercera serie de datos, respectivamente. Durante la SSD, la producción de biogas de la Unidad Invernadero fue superior a la de la Unidad Ambiente en un 17% ($\alpha=0.01$), y es de destacar que se requieren 63 días para producir en la Unidad Ambiente el volumen de biogas obtenido en la Unidad Invernadero en sólo 37 días. En la TSD la producción de biogas en invernadero fue mayor en un 34% ($\alpha=0.01$). El volumen de biogas producido al aire libre en 77 días fue alcanzado por la Unidad Invernadero en 55 días.

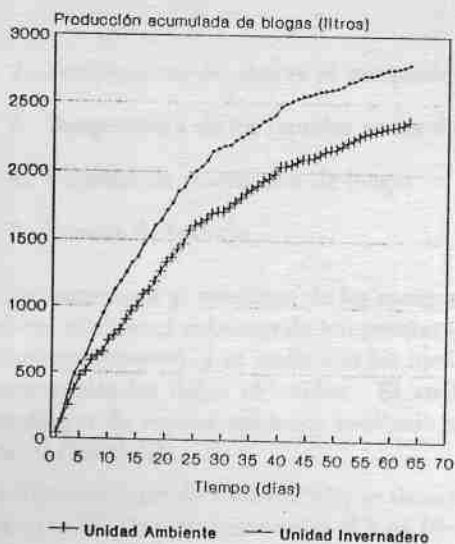


Figura 5

Producción comparada de biogás en las dos unidades (Ambiente e Invernadero) en función del tiempo de prueba para la Segunda Serie de Datos.

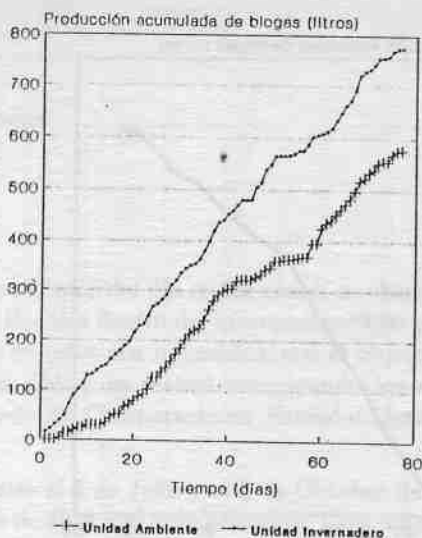


Figura 6

Producción comparada de biogás en las dos unidades (Ambiente e Invernadero) en función del tiempo de prueba para la Tercera Serie de Datos.

Surge de las gráficas 5 y 6 que, si bien en invierno se manifiesta una diferencia relativa significativa entre la producción de gas de ambas unidades, los valores absolutos de producción se mantienen bajos, lo que induce a pensar que durante esta época del año es necesario un aporte externo adicional de energía para llevar la temperatura de los líquidos a rangos más cercanos a los óptimos para el desarrollo de las bacterias, y favorecer así la producción de gas. En la Tabla 1 se observa la producción diaria promedio de gas (Volumen total producido / número de días) para cada una de las cinco digestiones realizadas (1 en la primera serie de datos, 2 en la segunda y 2 en la tercera), en relación con la temperatura media de los líquidos durante el desarrollo de cada prueba, que se obtiene como el promedio, para todo el tiempo de cada experiencia, de los valores medios diarios de temperatura calculados a partir de los datos experimentales ($\text{Temp.máx.diaria} - \text{Temp.mín.diaria} / 2$). Se observa que la producción de biogás aumenta sensiblemente con los incrementos de temperatura. Debido a la naturaleza de los promedios obtenidos y a las variaciones térmicas observadas durante las experiencias, no se considera válida la aproximación de los datos a las ecuaciones teóricas que explican los aumentos en la actividad bacteriana en función de los incrementos de temperatura, aunque se observa una clara tendencia en ese sentido.

En la Tabla 2 se muestran los valores medios observados en la temperatura del aire dentro y fuera del invernadero, y en la temperatura de los líquidos en digestión en ambas unidades, pudiéndose apreciar la diferencia existente entre los parámetros homólogos de los dos biodigestores. Se observaron diferencias estadísticas significativas ($\alpha = 0.01$) en todos los casos en que se compararon los datos obtenidos en la unidad invernadero con los de la unidad ambiente (temperatura del aire y temperatura de los líquidos). La temperatura de los líquidos de la Unidad Invernadero fue superior a la de la Unidad Ambiente en 4.9 C (+/- 0.4 C) durante la Segunda Serie de Datos, y en 5.8 C (+/- 0.5 C) durante la Tercera Serie de Datos.

DIGESTION	TEMPERATURA MEDIA DEL LIQUIDO (C)	PRODUCCION DE BIOGAS (l/día)
1	15.3	7.5
2	21.1	10.0
3	24.3	31.2
4	25.1	36.5
5	30.0	47.6

Tabla 1: Producción media obtenida en l/día y temperatura media de los líquidos para las 5 digestiones realizadas, ordenadas según temperaturas crecientes

SERIE DE DATOS	TEMPERATURA MEDIA DEL AMBIENTE	TEMPERATURA MEDIA DEL INVERNADERO	TEMPERATURA MEDIA DEL LIQUIDO(A)	TEMPERATURA MEDIA DEL LIQUIDO(I)
1	16.6	24.1	Sin datos	24.3
2	21.8	29.3	25.1	30.0
3	12.2	22.3	15.3	21.1

Tabla 2: Cuadro comparativo de temperaturas medias obtenidas durante las experiencias

3.2 Composición del efluente de la biodigestión:

PARAMETRO	UNIDADES DE MEDIDA	UNIDAD A	UNIDAD I
Materia orgánica	%	54.2	58.8
Nitrógeno total	%	1.62	2.29
pH en pasta saturada		8.7	9.2
Conductividad eléctrica	$\frac{mmhos}{cm}$ a 25 C	16.4	19.0
Fósforo disponible	ppm	156.0	161.0
Sodio total	%	0.106	0.149
Potasio total	%	1.424	1.830
Calcio total	%	0.428	0.344
Magnesio total	%	0.252	0.276

Tabla 3: Composición físico-química de los efluentes obtenidos luego de la biodigestión. Segunda serie de datos.

Se realizó un análisis físico-químico del efluente obtenido de las dos unidades luego de la Segunda Serie de Datos. Se procedió a su secado al aire antes de la toma de muestras. De acuerdo con los resultados que se observan en la Tabla 3, se estima que los efluentes biodigeridos poseen un excelente potencial como fertilizantes orgánicos y como mejoradores de suelos pobres. Estas suposiciones preliminares se confirmarán con ensayos a campo en los que se prueben estos efluentes sobre especies hortícolas de interés regional.

La utilización de invernaderos se muestra como apta para contribuir al calentamiento del medio en digestión en digestores de pequeño tamaño, provocando un incremento en la producción de biogas

que va desde un 17% en verano a un 34% en invierno. Se considera que el sistema podría ser aplicado en digestores de funcionamiento continuo de tamaño medio (3-10 m³), y que sería útil en cultivos agrícolas realizados bajo invernadero, en donde el costo de la construcción del invernadero se encuentra amortizado por el mismo cultivo. En el INENCO se están conduciendo ensayos tendientes a la utilización de desechos vegetales como substrato para la biodigestión anaeróbica, lo que tornaría aún más factible el desarrollo de esta tecnología en tales circunstancias. A su vez, el efluente de la biodigestión puede ser empleado como abono, enmienda o mejorador del suelo utilizado para los cultivos, reduciéndose por consiguiente los costos de la fertilización.

Referencias

- [1] China: propagación de la azolla y tecnología del biogas a pequeña escala. FAO. Boletín de suelos NO 41, 1978.
- [2] *El biogas. Producción y utilización.* FAO. Serie Mejores Cultivos, 1983.
- [3] W.W. Daniel. *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud.* Editorial Limusa. Mexico, 1985.
- [4] R. Dinges. *A proposed integrated biological wastewater treatment system.* Division of Wastewater Technology and Surveillance. Texas, 1975.
- [5] E.C. Espinoza, J.A. Hilbert, y M.P. Bogliani. *Biogas. Energía y biofertilización. Manual de producción y utilización.* INTA Castelar. Buenos Aires, 1983.
- [6] D.D. Mara, S.W. Mills, H.W. Pearson, y G.P. Alabaster. Waste stabilization ponds: A viable alternative for small community treatment systems. *J.IWEM*, (6):72-78, 1992.
- [7] P.L. McCarty. One hundred years of anaerobic digestion. In *Proceedings of the Second International Symposium on Anaerobic Digestion*, 1981.
- [8] William F. Ritter. Organic wastes as fertilizers. *Agricultural Engineering*, pages 17-20, 1992.
- [9] et. al Rohlich. *Food, fuel and fertilizer from organic wastes.* National Academy Press. Washington D.C., 1981.
- [10] L.M. Safley y P.W. Westerman. Performance of a low temperature lagoon digester. *Biore-source Technology*, (41):167-175, 1992.
- [11] Phang Siew-Moi. Algal production from agro-industrial and agricultural wastes in malaysia. 19(8), 1990.
- [12] E.P. Taiganides. Biogas. recuperación de energía de los excrementos animales. partes i y ii. *Revista Mundial de Zootecnia*, (35-36), 1980.
- [13] A. Tilche. *Processi anaerobici di trattamento.* ENEA/SIES. Ministero degli affari esteri. Bologna. Italia, 1988.
- [14] M.T. Vicent, Lema J.M., y J.M. Paris. Depuración de aguas residuales industriales por digestión anaerobia. *Ingeniería Química*, 1987.
- [15] Avigad Vonshak. Recent advances in microalgal biotechnology. *Biotech. Adv.*, 8:709-727, 1990.