

## DETERMINACION QUIMICA EN EXCRETAS DE CERDO SOMETIDAS A BIODIGESTION ANAEROBICA EN LABORATORIO

Fernando Núñez S. (MV, LSP), Felipe Urrutia S. (MV), Ema González Z. (QF),  
Santiago Urcelay V. (MV, MPVM)

### CHEMICAL DETERMINATION IN SWINE MANURE WITH ANAEROBIC BIODIGESTION TREATMENT

*An experimental study about anaerobic digestion of swine manure was done. For this purpose, three laboratory experimental digestors, "batch" type, were built.*

*Two variables were studied: temperature and solid concentration. One experiment was at 35°C (mesofilic) and the other at 15°C (psicrofilic). In both, 3.6 and 10% solid concentration were tried. The retention times were 45 and 70 days, respectively. Gas production and chemical characteristics of the substrate were determined, in each treatment.*

*In spite of the smaller retention time, the anaerobic digestion process was more efficient at 35°C than at 15°C a noticeable reduction in total solid organic matter and organic carbon was observed. Only gas production was observed in the experiment with 35°C.*

En la actualidad el problema energético ha afectado tanto a países industrializados como aquellos en vías de desarrollo, en los que subsisten grandes limitaciones para el crecimiento del sector rural.

Otro aspecto de importancia en la economía rural, se refiere a la obtención de fertilizantes, cuya demanda es frecuente, por la explotación intensiva de los suelos. Generalmente, para suplir esta necesidad, se han empleado abonos minerales o químicos, derivados del petróleo y de alto costo (Lagrange, 1979).

Se hace necesario, entonces, promover la producción de energías renovables y fertilizantes, que permitan disminuir costos en la producción agrícola y ganadera. Muchos países han destinado sumas crecientes a la investigación de sus potenciales recursos energéticos alternativos (Pedrals, 1979). Una opción considerada factible, que ofrece grandes posibilidades en el medio rural, es la biodigestión anaeróbica de desechos orgánicos, provenientes de planteles pecuarios. Mediante este proceso, es posible obtener bioabonos y energía, en forma de gas metano, solucionando paralelamente el grave problema de contaminación ambiental, generado

por la presencia de desechos y excretas (Lagrange, 1979).

La biodigestión anaeróbica consiste en descomponer materias orgánicas y/o inorgánicas en un digestor hermético, sin oxígeno molecular, produciéndose finalmente gas metano y dióxido de carbono (FAO, 1980). Este proceso está constituido por tres etapas: etapa I, hidrólisis, en la cual los polímeros complejos son reducidos a monómeros solubles, por acción de bacterias hidrolíticas; etapa II: formación de ácidos. Estos monómeros son transformados en ácidos orgánicos acético, propiónico, etc., además de hidrógeno y dióxido de carbono; y etapa III: las bacterias metanogénicas (anaeróbicas) transforman parte de estos productos en metano y dióxido de carbono, constituyentes del llamado biogas (Sáez y Alkalaj, 1983).

El material que no es transformado en biogas, sale del biodigestor en forma de bioabono, conservando gran parte de sus elementos fertilizantes (N, P, K) (Sievers y Brune, 1978; Lagrange, 1979; Isaza, 1982).

Para que este proceso se realice en forma eficiente, deben considerarse una serie de factores, tales como: temperatura, pH, composición de la materia prima, relación C/N concentración de sólidos totales y tiempo de retención (Badger y Cols., 1979; Neumann y Baumgartner, 1981; Sweeten y Cols., 1981; Joannon, 1983; Sáez y Alkalaj, 1983).

El presente trabajo pretende estudiar algunas características de la biodigestión anaeróbica de ex-

cretas de cerdo, usando una planta experimental de laboratorio, tales como la producción de biogas y los posibles cambios de sólidos totales y las relaciones C/N del sustrato, cuando se intervienen las variables temperaturas y concentración de sólidos.

## MATERIALES Y METODOS

Como sustrato se emplearon excretas frescas de cerdos, de 4 a 6 meses de edad, recolectadas desde un piso de cemento.

Para el estudio, se diseñó un digestor experimental de laboratorio, adaptando los equipos descritos por Sievers y Brune (1978), Badger y otros (1979) y Cardoen (1983). Este biodigestor correspondió al tipo de lote (batch), el cual se carga de una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez que se ha completado el proceso.

### Diseño experimental

Se intervino las variables temperatura y concentración de sólidos totales, considerando el tiempo de retención como una variable dependiente de temperatura. El procedimiento se realizó a base de dos experimentos a temperaturas diferentes (15°C y 35°C), empleando en cada uno de ellos tres digestores experimentales idénticos, siendo el único factor de variación entre ellos la concentración de sólidos totales con las siguientes concentraciones: A=10%, B=6% y C=3%.

Los tiempos de retención para los experimentos a 15°C y 35°C fueron de 75 a 45 días, respectivamente.

En cada experiencia se realizaron las siguientes determinaciones:

### 1. Producción de biogas

Diariamente se abría la salida del gas hacia los sistemas lavadores de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S; el gas recolectado en el gasómetro desplazaba su volumen de agua que era medido en una probeta graduada (ml) determinando así el volumen de gas producido.

### 2. Análisis químico

Se obtuvo muestras del material pre y posfermentación, se homogenizaron y sometieron a las siguientes determinaciones:

- Carbono orgánico (%), según el procedimiento de Walkley y Black (Chapman y Pratt, 1973), base m.s.
- Nitrógeno total (%), según el método Kjeldahl (APHA, 1975), base m.s.
- Relación C/N, por cálculo.
- Monitoreo de pH, realizado (con potenciómetro "Corning"), cada 5 días.

— Sólidos totales (%) y materia orgánica (%) base m.s. (Bateman, 1970).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Producción de biogas

Se obtuvo producción de biogas solamente en el experimento N° 1 (35°C); con un volumen de sustrato de 4.000 ml, las relaciones volumen de gas/volumen sustrato fueron de 0,98:1, 0,67:1 y 1,99:1 para las diluciones, respectivamente. A dicha temperatura, con distintas diluciones del sustrato, se observó diferencias en la producción acumulada diaria de biogas (figura 1), presentándose una mayor producción en el digestor que poseía una menor concentración de sólidos totales (3%, C). A mayores concentraciones de sólidos totales, probablemente, el exceso de ácidos volátiles producidos no alcanza a ser removido por las bacterias productoras de metano, con lo cual disminuye el pH; en consecuencia, las bacterias se inhiben, disminuyendo su producción de gas (Badger y Cols., 1979; FAO, 1980). Esto explica el retraso en la producción de gas de la dilución C en la que hubo que adicionar hidróxido de amonio al 5% y neutralizar la dilución. Al observar la curva de pH de las diluciones A y B de la figura 6, se aprecia que a partir del día 10 hubo un descenso permanente del pH, lo que explicaría la escasa o nula producción de metano. Además, es probable que el gas aparecido durante los primeros días en las diluciones A y B (figura 1) haya sido CO<sub>2</sub>, filtrado por saturación del matraz lavador de este gas.

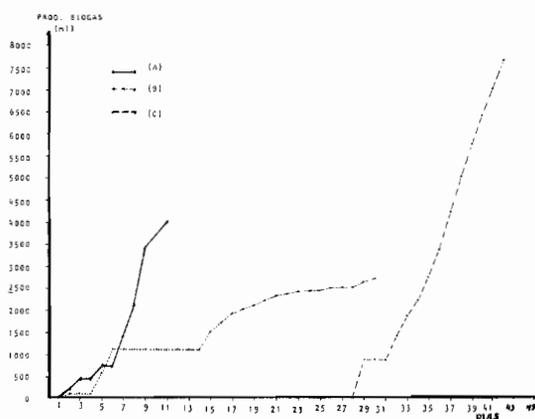


Figura 1. Producción acumulada diaria de biogas (ml) a 35°C según concentración.

En el experimento N° 2 (15°C) no hubo cantidades medibles de biogas, probablemente porque esta temperatura frena un adecuado desarrollo bacteriano presentándose, además, niveles de pH que

podrían considerarse inhibitorios para las bacterias, durante todo el proceso (figura 2).

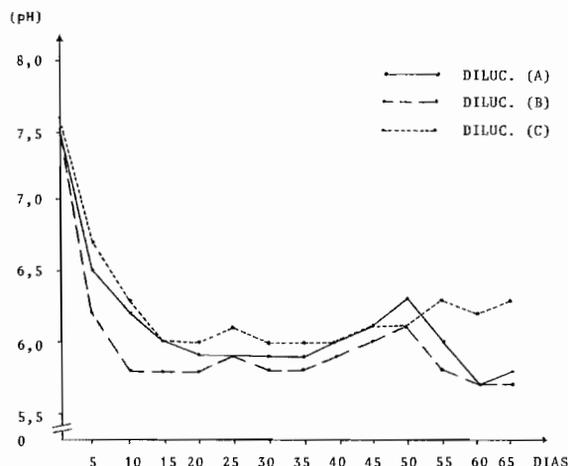


Figura 2. Curva de pH durante el proceso de biodigestión anaeróbica a 15°C.

### Carbono orgánico

La determinación de carbono orgánico es importante, ya que este elemento energético da origen a las moléculas de metano y dióxido de carbono del biogas. Como se observa en la figura 3, los porcentajes de disminución son de mayor importancia en el experimento N° 1 (35°C). Estas disminuciones concordaron con la producción de biogas obtenida para el experimento a 35°C y, dentro de él destacó el digestor que contenía la mayor dilución (3%, C) que con 7.976 ml de producción de biogas, utilizó la mayor cantidad de carbono orgánico, el que disminuyó en 18,7%.

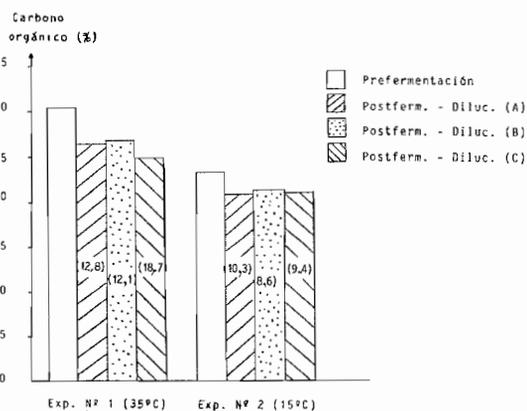


Figura 3. Reducción (%) de carbono orgánico en excreta de cerdo pre y posfermentación.

### Nitrógeno total

En cuanto a N total, los porcentajes de disminución observados (figura 4), fueron mayores que los descritos en la literatura (UNEP, 1981). También en este caso, se observaron mayores disminuciones en el experimento a 35°C. Esta disminución, se atribuye a la pérdida de N como gas amoníaco libre, a través del biogas producido, lo que ocurre con mayor frecuencia en fecas de animales que poseen altos contenidos de este elemento (Sievers y Brune, 1978). Esta pérdida sería mayor al inicio del proceso, período en que el pH es alcalino.

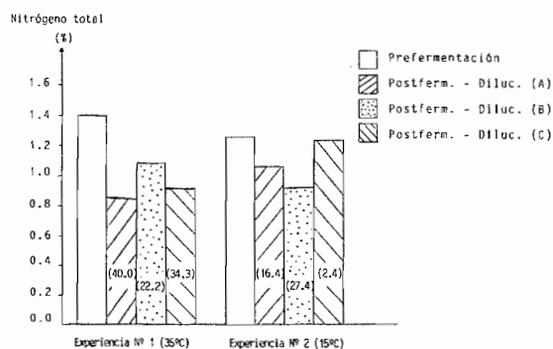


Figura 4. Reducción (%) de Nitrógeno total en excreta de cerdo pre y posfermentación.

### Relación C/N

Como se observa en el cuadro 1, las relaciones C/N en el material prefermentación para el experimento N° 1 (35°C) y N° 2 (15°C), son semejantes a las relaciones dadas en la literatura para excretas de cerdo (Da Silva, 1981; Joannon, 1983; Sáez y Alkalaj, 1983).

Con respecto al material posfermentación, la relación C/N aumentó, a excepción de la dilución (C) de la experiencia N° 2 (15°C). El aumento de la relación C/N se debería a que la pérdida de N

CUADRO 1  
RELACION C/N EN EXCRETAS DE CERDO,  
PRE Y POSFERMENTACION\*

Experimentos	Relación C/N			
	Prefermentación	Posfermentación diluciones		
		(A)	(B)	(C)
N° 1 (35°C)	22,0/1	31,9/1	24,8/1	27,2/1
N° 2 (15°C)	18,3/1	19,6/1	23,0/1	17,0/1

\*C/N = Carbono Nitrógeno.

durante el proceso, sería comparativamente mayor que la disminución del carbono orgánico.

### Monitoreo de pH

En el experimento a 35°C (figura 5), los valores de pH cayeron entre 5,5 y 5,7 a los 10 días de retención. Para evitar la inhibición de las bacterias metanogénicas por la disminución del pH, se adicionó un álcali (hidróxido de amonio al 5%), como lo recomiendan algunos autores para estos niveles de pH (Badger y Cols., 1979; Mansur y Ablade, 1979; Sáez y Alkalaj, 1983). Sólo después del día 25, la dilución (C) comenzó a recuperarse llegando a pH neutro, lo cual es indicador de un buen equilibrio entre la flora bacteriana acidogénica y metanogénica (Lagrange, 1979).

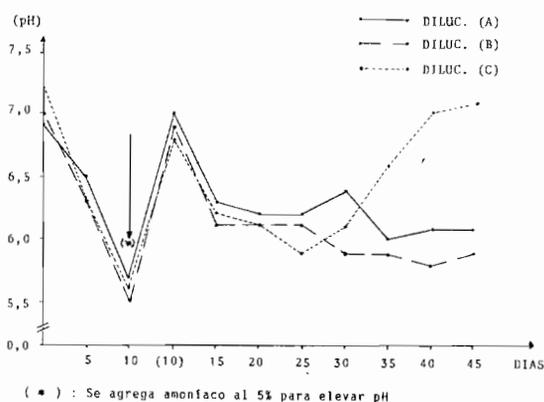


Figura 5. Curva de pH durante el proceso de biodigestión anaeróbica a 35°C.

En general, las causas de los bajos valores de pH en ambos experimentos pueden ser variadas (figuras 2 y 5); entre ellas, cabe consignar la materia prima para la digestión, que en este caso consistió en excretas de cerdos. Debido al tipo de alimentación y a la fisiología digestiva de estos animales, sus excretas poseen altos contenidos de carbohidratos no estructurales; éstos, por su fermentación rápida, llevan a la producción de gran cantidad de ácidos grasos volátiles, que las bacterias metanogénicas son incapaces de remover en su totalidad, produciéndose una caída de pH (Badger y Cols., 1979; FAO, 1980).

### Sólidos totales y materia orgánica

Durante el proceso de digestión anaeróbica y por acción de los microorganismos involucrados en cada una de sus etapas, ocurre una disminución de los sólidos totales y de la materia orgánica, debido a la hidrólisis de sus macromoléculas, formando monó-

meros solubles y productos finales volátiles, provocando así una degradación y licuefacción de las excretas (Bryant, 1979; Smith y Cols., 1979; Carothers, 1980; Sáez y Alkalaj, 1983).

En este trabajo, se observó que los resultados más relevantes correspondieron al experimento N° 1 (35°C) en la mayor dilución (3%), en la cual los sólidos totales disminuyeron en 40,0% y la materia orgánica en 18,8%, a pesar del menor tiempo de retención, con respecto al experimento N° 2 (15°C).

Por los resultados de este estudio experimental las excretas de cerdo podrían constituir un recurso bioenergético factible para la biodigestión anaeróbica, bajo condiciones de temperatura y concentración adecuadas.

### RESUMEN

Como un potencial recurso energético alternativo se utilizaron excretas de cerdo para un estudio de biodigestión anaeróbica. Para esto, se diseñaron y construyeron tres digestores experimentales de laboratorio tipo "batch". Se intervino en dos variables: temperatura y concentración de sólidos.

El procedimiento se realizó en dos experiencias a las temperaturas: 35°C (mesofílica) y 15°C (psicrofílica). En cada una de ellas se trabajó con tres digestores idénticos, cuyo factor de variación fue la concentración de sólidos: 3%, 6% y 10%. Los tiempos de retención fueron 45 y 70 días para la temperatura mesofílica y psicrofílica, respectivamente.

En cada experiencia se determinó la producción de biogás y las características químicas del sustrato, para observar posibles diferencias durante el proceso de digestión anaeróbica.

El proceso de digestión anaeróbica fue más eficiente a 35°C, aun a menor tiempo de retención, observándose una reducción importante de sólidos totales, materia orgánica y carbono orgánico. La producción de biogás, se presentó sólo en el experimento a 35°C observándose mayor producción en el caso de menor concentración de sólidos totales iniciales (3%). En éstas condiciones, las excretas de cerdo representan un recurso bioenergético utilizable a través de una biodigestión anaeróbica.

### REFERENCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for examination of water and wastewater. 14<sup>th</sup> ed. New York, 1.193 pp., 1975.
- BADGER, D., M. BOGUE, D. STEWART. Biogas production from crops and organic wastes. Results of batch digestion. N.Z.J. Sci. 22: 11-20, 1979.
- BATEMAN, J. Nutrición Animal, manual de métodos analíticos. México, D.F., Centro Regional de Ayuda Técnica, AID, 468 pp., 1970.

- BRYANT, M. Microbial methane production-theoretical aspects. *J. Anim. Sci.* 48: 193-200, 1979.
- CARDOEN, M. Estudio técnico y económico del proceso de producción de biogas a partir de desecho de ave. Tesis Ing. Civil Ind., Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ingeniería, 115 pp., 1983.
- CAROTHERS, R. Anaerobic digestion as a rural sanitation option. In: *Proceeding of a workshop on a training held in Lobatse, Botswana, 14, 20 august, 1980.* Ottawa, Canada, International Development Research Centre. 34-40 pp., 1980.
- CHAPMAN, H., P. PRATT. Método de análisis para suelos, plantas y aguas. México, ed. Trillas, 39 pp., 1973.
- DA SILVA, D. Biogas. Transformando lixo em tesouros. Projeto de difusao e instalação de biodigestores no meio rural, Instituto de Pesquisas Da Marinha. Brasil, 38 pp., 1981.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Biogas: ¿Combustible del futuro? *Revista Mundial de Zootecnia* 35: 4-12, 1980.
- ISAZA, C. Importancia de la tecnología del biogas en aspectos ambientales, sanitarios y energéticos del país. En: *Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.* 18°. Panamá, 1-6 agosto, 3 pp., 1982.
- JOANNON, M. Estudio de algunas variables de operación en la biodigestión de desechos orgánicos. Tesis Ing. Civil de Ind. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ingeniería, 128 pp., 1983.
- LAGRANGE, B. Biomethane: Principles, Techniques, Utilizations. *Edisud/Energies alternatives.* Aix-ex-Provence, France, v. 2, 317 pp., 1979.
- MANSUR, M., N. ABIADEN. Tratamiento de esgotos por biodigestao anaerobia. Instituto de Tecnologías Apropriadas. Brasil, 96 pp., 1979.
- NEUMANN, R., G. BAUMGARTNER. Estudio experimental y técnico-económico de un digestor de biogas. En: *Simposio Interuniversitario sobre Energía.* Universidad Católica de Valparaíso, 2-7 noviembre, 1981, v. 1, 16 pp., 1981.
- PEDRALS, J. *Energía 1979-1990.* Santiago, Chile, Fundación BHC para el Desarrollo, 285 pp., 1979.
- SÁEZ, C., L. ALKALAJ. Proceso de biodigestión anaeróbica. *Gestión Tecnológica (UFSM),* Valparaíso, 2: 16-24, 1983.
- SIEVERS, D., D. BRUNE. Carbon/Nitrogen ratio and anaerobic digestion of swine waste. *Trans.ASAE; Am. Soc. Agric. Eng.* 21: 537-541, 1978.
- SMITH, R., M. HEIN, T. GREINER. Experimental methane production from animal excreta in pilot scale and farm size units. *J. Anim. Sci.* 48: 202-207, 1979.
- SWEETEN, J., C. FULHAGE, F. HUMENIK. Methane gas from swine manure. *Pork industry handbook.* Michigan State University. Cooperative Extension Service. Circular N° 532, 4 pp., 1981.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Biogas fertilizer system. Technical report on a training seminar in China. UNEP report and proceedings. Nairobi, Kenya, 86 pp., 1981.

Recibido marzo 1987, aprobado mayo 1987.