

# INSTALACION PILOTO PARA LA PRODUCCION DE BIOGAS EN EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS. POSIBILIDADES DE OPTIMIZACION EN INVERNADERO

Lucas Seghezzo \*

Ricardo D. Echazú †

Luis R. Saravia ‡

Carlos M. Cuevas §

INENCO

(Instituto de Investigaciones  
en Energía No Convencional)

Buenos Aires 177 - 4400 SALTA

ARGENTINA

## RESUMEN

Se estudió durante tres años la producción de biogas de un digestor anaeróbico continuo de planta rectangular de 3 m<sup>3</sup> de capacidad, en diferentes estaciones. El digestor trabajó sin control de temperatura. El material utilizado para la carga fue estiércol vacuno diluido en agua, con una concentración de materia seca del 9%. La temperatura interna del reactor se mantuvo relativamente constante a pesar de las variaciones de la temperatura del aire. Se obtuvo en las experiencias de verano un rendimiento 3 veces superior al obtenido en invierno. Para incrementar la temperatura de trabajo, y por consiguiente la producción de biogas, se construyó sobre el digestor un invernadero modular.

## 1 INTRODUCCION:

El estiércol vacuno es un sustrato excelente para la digestión anaeróbica. Existen numerosos trabajos que sugieren que el tratamiento de los desechos de los tambos mediante esta vía permite aprovechar el potencial energético de los mismos y mejorar la calidad del efluente final que puede, a su vez, ser utilizado como abono o mejorador de suelos [1] [2] [6] [7].

Se exponen los resultados de la operación de un digestor continuo alimentado con estiércol vacuno. El digestor funciona desde el año 1990, habiéndose obtenido resultados de operación en diferentes estaciones del año, que permitieron conocer su comportamiento ante diversas condiciones de temperatura ambiente.

La existencia de nuevos diseños de invernaderos modulares de bajo costo [4] favorece su empleo como sistema de calefacción de biodigestores, reduciéndose notablemente los tiempos de instalación. Se están iniciando estudios de biodigestión en

\*Becario CONICET

†INENCO. UNSa-CONICET

‡Director INENCO. UNSa-CONICET

§INIQUI (Instituto de Investigaciones para la Industria Química). UNSa - CONICET

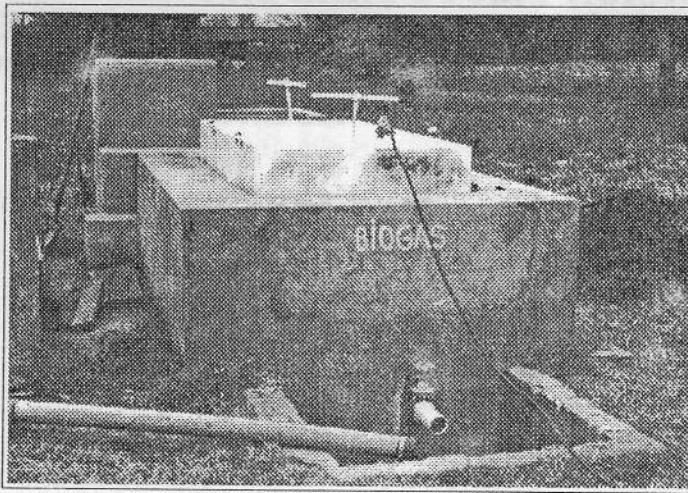


Figura 1: **Fotografía del digester continuo en funcionamiento.** Se observan las paletas agitadoras de la campana, la salida de gas, la manguera de extracción de lodos y, en segundo plano, la cámara de carga.

invernadero, considerándose que de esta manera se incrementaría la temperatura de trabajo y se mejoraría notablemente la eficiencia del proceso de biodigestión.

## 2 MATERIALES Y METODOS

El digester utilizado (Figura 1) es de planta rectangular, con paredes de ladrillo, y tiene dos cámaras de fermentación separadas por un tabique de 0.7 m de altura. El diseño del reactor puede verse en las Figuras 2 y 3. Nótese en la Figura 3 que el digester está parcialmente enterrado. Esto se hizo así para disminuir las pérdidas de temperatura a través de las paredes. Entre éstas y el suelo se colocó polietileno para evitar el pasaje de humedad. La pendiente del piso (exagerada en el esquema) favorece la descarga de los lodos digeridos.

El material de carga, diluido con un día de anticipación para favorecer el inicio de la fermentación, ingresa al reactor por uno de los extremos a través de un embudo, y es forzado a pasar por sobre la pared divisoria, asegurándose de esta manera un tiempo mínimo de permanencia en el reactor. La descarga se realiza diariamente a través de dos llaves esclusas ubicadas en el extremo opuesto al embudo de carga. El material de descarga desemboca en dos piletas de cemento de 1m x 3m x 0.08m, en las que es secado por acción de los rayos solares.

El biogas producido se acumula en una campana de chapa que cubre el digester (Figura 4), y que posee dos guías para el desplazamiento de las paletas agitadoras. El volumen de acumulación de la campana es de 1m<sup>3</sup>. El material utilizado para la construcción de la campana fue chapa de hierro pintada con pintura epoxi para evitar la corrosión. Se realizó agitación manual dos veces por día mediante el dispositivo de paletas que puede verse en la Figura 4. Las paletas agitadoras, de chapa y hierro

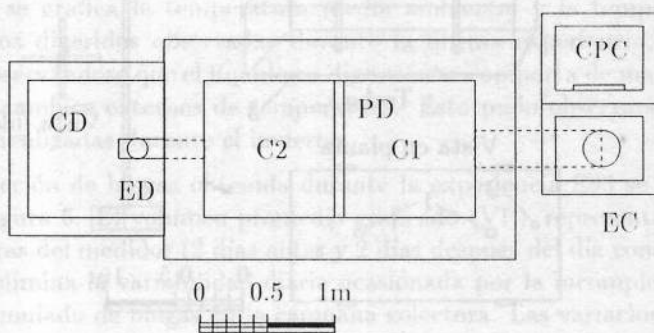


Figura 2: **Vista en planta del digestor.** Volumen operativo: 3 m<sup>3</sup>. CPC: cámara de fermentación y carga; EC: embudo de carga; C1 y C2: cámaras de fermentación 1 y 2 respectivamente, separadas por una pared divisoria PD; ED: esclusas de descarga de lodos digeridos y sobrenadante; CD: cámara para realizar las operaciones de descarga.

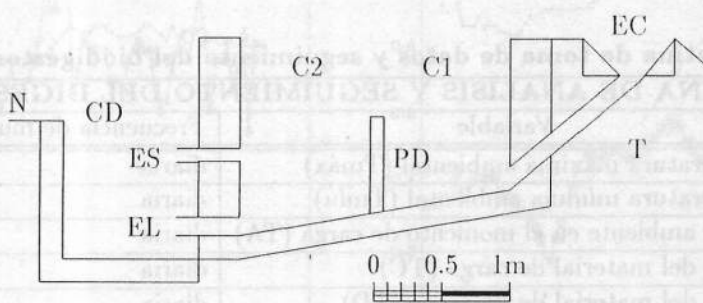


Figura 3: **Corte longitudinal del digestor.** N: nivel del terreno; T: terraplén; ES: esclusa para descarga de sobrenadante; EL: esclusa para descarga de lodos digeridos; EC: embudo de carga; C1 y C2: cámaras de fermentación 1 y 2; PD: pared divisoria; CD: cámara de descarga.

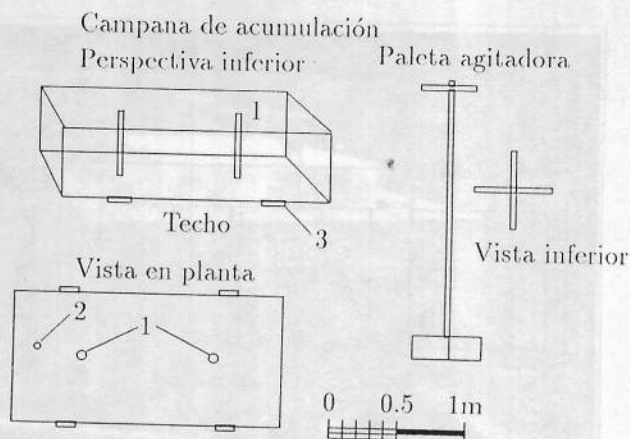


Figura 4: Campana colectora de biogas y dispositivo de agitación. 1: guías para las paletas agitadoras; 2: salida del biogas; 3: manijas de la campana.

estructural de 10 mm se desplazan dentro de guías hechas con caños de 3/4 de pulgada durante las operaciones de mezclado.

Se aplicó un tiempo de retención hidráulica de 30 días, con lo que el volumen diario de carga fue de 100 litros de mezcla estiércol-agua, con una proporción de materia seca del 9%, aproximadamente. Los datos que se tomaron durante todas las experiencias, como así también la frecuencia de obtención, se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1: Rutina de toma de datos y seguimiento del biodigestor continuo.

RUTINA DE ANALISIS Y SEGUIMIENTO DEL DIGESTOR	
Variable	Frecuencia de muestreo
Temperatura máxima ambiental ( $T_{m\acute{a}x}$ )	diaria
Temperatura mínima ambiental ( $T_{m\acute{i}n}$ )	diaria
Temp. ambiente en el momento de carga ( $T_A$ )	diaria
Temp. del material de carga ( $T_C$ )	diaria
Temp. del material de descarga ( $T_D$ )	diaria
Presión del gas (en un manómetro en U)	Control diario
Volumen de gas acumulado	diario

El volumen acumulado de biogas se midió en un medidor standard de gas natural. Con los datos de  $T_{m\acute{a}x}$  y  $T_{m\acute{i}n}$  se calcula una temperatura media diaria  $T_M$ . La temperatura de la descarga  $T_D$  es la que indica la temperatura interna del reactor. La presión de trabajo se midió en un manómetro en U, y se mantuvo aproximadamente constante en 10 cm de agua mediante el agregado de pesos sobre la campana colectora.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 5 se grafica la temperatura media ambiental y la temperatura de la descarga de lodos digeridos observadas durante la última experiencia, realizada en verano (E93), observándose que el líquido en digestión se comporta de manera bastante estable frente a cambios externos de temperatura. Esto pudo observarse también en las experiencias realizadas durante el invierno.

La producción de biogas obtenida durante la experiencia E93 se incluye como ejemplo en la Figura 6. El volumen promedio graficado (VP), representa el promedio de 5 lecturas del medidor (2 días antes y 2 días después del día considerado). De esta manera se elimina la variabilidad diaria ocasionada por la incompleta utilización del volumen acumulado de biogas en la campana colectora. Las variaciones periódicas que se observan en la producción de biogas se deben a diferencias en el estado de conservación del material de carga. Tanto la variación en las condiciones del material de carga como el pobre control de la temperatura influyen notoriamente en la producción diaria de biogas [9].

Se obtuvo durante la experiencia E93 una producción promedio de  $0.433 \text{ m}^3$  de biogas por día, a una temperatura interna media de  $23^\circ\text{C}$ , lo que representa un rendimiento volumétrico de  $0.144 \text{ m}^3/\text{día} \cdot \text{m}^3$  de digestor. En experiencias anteriores realizadas en invierno a menores temperaturas medias ( $17.8^\circ\text{C}$  en el año 1992 y  $17.6^\circ\text{C}$  en el año 1991) se obtuvieron rendimientos tres veces menores ( $0.126 \text{ m}^3$  de biogas por día en ambos casos;  $0.042 \text{ m}^3/\text{día} \cdot \text{m}^3$ ).

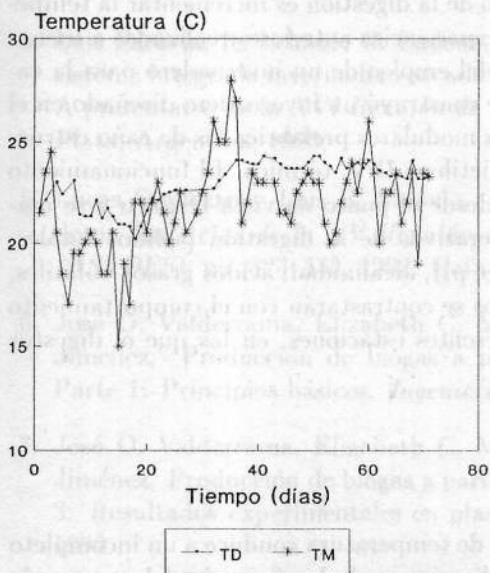


Figura 5: **Experiencia E93.** Comparación de la temperatura media diaria TM y la temperatura interna del digestor TD (temperatura de los lodos de descarga).

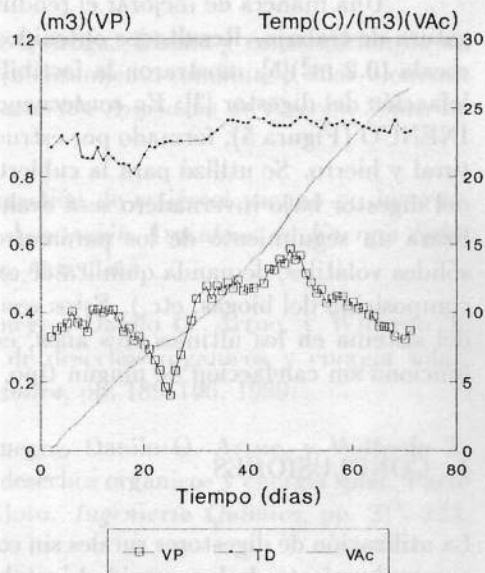


Figura 6: **Experiencia E93.** Producción de biogas y variación de la temperatura de descarga TD en función del tiempo. VP: Volumen Promedio; VAc: Volumen Acumulado.

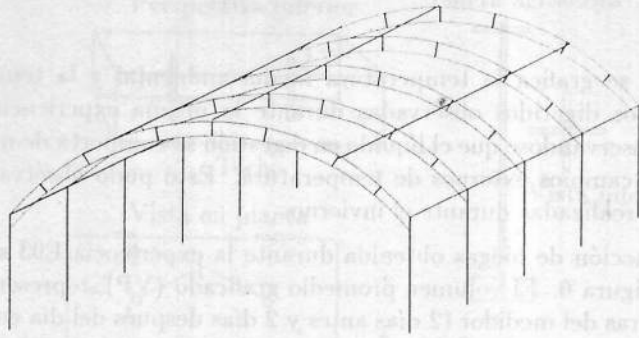


Figura 5: **Perspectiva del invernadero construido según diseño del INENCO.** Materiales utilizados: caño estructural y hierro. Cubierta: polietileno U.V. térmico.

Los resultados obtenidos en E93 son menores que los valores citados en la literatura para la digestión de estiércol vacuno [9] [7] [8], y deben evaluarse considerando que se trabajó a una temperatura interna promedio de  $23.0^{\circ}\text{C}$ ,  $12^{\circ}\text{C}$  por debajo de la óptima.

Una manera de mejorar el rendimiento de la digestión es incrementar la temperatura de trabajo. Resultados obtenidos en experiencias anteriores realizadas a menor escala ( $0.2\text{ m}^3$ ) [5], mostraron la factibilidad del empleo de un invernadero para la calefacción del digestor [3]. En consecuencia, se construyó un invernadero diseñado en el INENCO (Figura 5), formado por estructuras modulares prefabricadas de caño estructural y hierro. Se utilizó para la cubierta polietileno U.V. térmico. El funcionamiento del digestor bajo invernadero será evaluado desde el punto de vista técnico y se realizará un seguimiento de los parámetros operativos de la digestión (sólidos totales, sólidos volátiles, demanda química de oxígeno, pH, alcalinidad, ácidos grasos volátiles, composición del biogas, etc.). Estos resultados se contrastarán con el comportamiento del sistema en los últimos tres años, en diferentes estaciones, en las que el digestor funcionó sin calefacción de ningún tipo.

#### 4 CONCLUSIONES

La utilización de digestores rurales sin control de temperatura conduce a un incompleto aprovechamiento de la capacidad instalada, disminuyendo la eficiencia del proceso de tratamiento. Por otra parte, la instalación de equipos clásicos de calefacción puede resultar demasiado costosa para los productores pequeños o medianos. La utilización de invernaderos ha mostrado ser eficaz para la calefacción de biodigestores discontinuos de pequeño tamaño ( $0.2\text{ m}^3$ ). En digestores de mayor tamaño, puede ser una alternativa económica de optimización de la digestión anaeróbica. La información que se obtenga en escalas intermedias como la propuesta ( $3\text{ m}^3$ ) son indispensables para un correcto

## 5 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración del Sr. Carlos Choque, quien permitió el acceso a su tambo para la obtención del estiércol vacuno utilizado. También se agradece la permanente colaboración del personal del taller del INENCO (Ricardo Caso, Carlos Fernández, Juan González y Alfredo Zerpa). Los análisis físico-químicos del material de carga y de los efluentes han sido realizados por el Ing. Eduardo Corvalán, en el Laboratorio de Suelos del INTA Cerrillos (Salta). Una parte de la construcción del digestor fue financiada por la Universidad Católica de Salta. El trabajo fue realizado en el marco de los Proyectos n°171 y 319 del Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta.

## REFERENCIAS

1. E.C. Espinosa, J.A. Hilbert, y M.P. Bogliani. *Biogas. Energía y biofertilización. Manual de producción y utilización*. INTA Castelar. Buenos Aires, 1983.
2. A.B. Larsen, F.H. Funch, y H.A. Hamilton. The use of fermentation sludge as a fertilizer in agriculture. *Wat.Sci.Tech.*, 24(12):33-42, 1991.
3. Luis Saravia, R. Echazú, C. Cadena, y C. Cabanillas. Calentamiento solar de invernaderos en la Provincia de Salta. En *Actas de la XV Reunión de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES)*, pp. 371-378, 1992. Catamarca, Argentina.
4. Luis Saravia, R. Echazú, C. Cadena, y M. Quiroga. Diseño y construcción de un sistema integrado invernadero-secador con calentamiento combinado solar-biomasa. A presentarse en la *XVI Reunión de la Asociación Argentina de Energía Solar*. La Plata, Argentina, 1993.
5. Lucas Seghezzeo y Luis R. Saravia. Biodigestión de estiércol vacuno en invernadero. En *Actas de la XV Reunión de la Asociación Argentina de Energía Solar (ASADES)*, pp. 323-330, 1992. Catamarca, Argentina.
6. José O. Valderrama, Elizabeth C. Montenegro, Danilo O. Arrue, y Wilfredo T. Jiménez. Producción de biogas a partir de desechos orgánicos y energía solar. Parte 1: Principios básicos. *Ingeniería Química*, pp. 189-196, 1990.
7. José O. Valderrama, Elizabeth C. Montenegro, Danilo O. Arrue, y Wilfredo T. Jiménez. Producción de biogas a partir de desechos orgánicos y energía solar. Parte 3: Resultados experimentales en planta piloto. *Ingeniería Química*, pp. 215-223, 1990.
8. M.T. Vicent, Lema J.M., y J.M. Paris. Depuración de aguas residuales industriales por digestión anaerobia. *Ingeniería Química*, 1987.
9. A. Wellinger, U. Baserga, y K. Egger. New systems for the digestion of solid wastes. *Wat.Sci.Tech.*, 25(7):319-326, 1992.