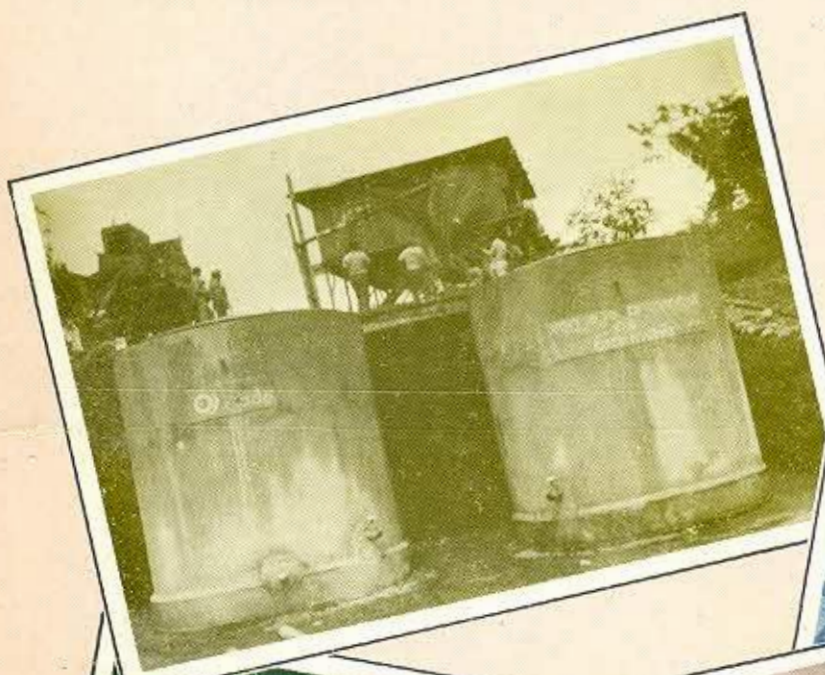




**ORGANIZACION
LATINOAMERICANA
DE ENERGIA**
SECRETARIA PERMANENTE

BOLETIN ENERGETICO No. 14

ENERO /MARZO 1980



montaje de una planta piloto para la producción de gas combustible por fermentación anaeróbica del estiércol de res

RESUMEN

En extensas regiones rurales del país donde las fuentes de energía para uso doméstico se limitan al consumo de leña para combustión, se puede disponer de gas combustible utilizable para la cocción de alimentos y alumbrado. Este gas, esencialmente metano, se genera a partir de una mezcla de estiércol-agua dejada fermentar en un pozo bajo condiciones anaeróbicas. El gas producido emerge a la superficie y se recoge en una campana metálica, de donde se distribuye a los sitios de consumo.

La producción de gas es continua si la mezcla estiércol-agua se alimenta diariamente al pozo de fermentación. El estiércol de unas cuatro reses adultas es suministro suficiente para producir el gas utilizado en cocina y alumbrado por una familia promedio de cinco personas.

La densidad de los sólidos disminuye a medida que fermentan, lo cual permite su recolección al rebosar por la parte superior del pozo. Se estudiaron las características de estos sólidos residuales como fertilizantes y se encontró que superan ampliamente a las propiedades del estiércol sin procesar cuando se usa como abono.

Dr. Carlos Martínez, Ph D.
Universidad Industrial de Santander

Trabajo presentado al IV Congreso Nacional de Ingeniería Química. Tesis de grado realizada por los ingenieros: Emilio Idárraga y William Gutiérrez, bajo la dirección del Dr. Carlos Martínez.

1.- INTRODUCCION

El uso continuado de la leña como combustible en muchas regiones del país ocasiona el empobrecimiento de tierras, contribuye al agotamiento de recursos naturales, y al deterioro de los potenciales hidroeléctricos del país. Según datos estadísticos del INDERENA (1), el consumo de leña en regiones de sólo 22 municipios de los Santanderes se aproxima al medio millón de metros cúbicos anualmente.

El estiércol de animales domésticos se usa generalmente como abono, o como combustible, después de seco. En algunos países se ha intentado la producción de gas a partir de estiércol, para movilizar vehículos o trabajar motores, pero por lo general esto se ha hecho solamente en vía de curiosidad. Tal vez sea la India el único país que hoy en día usa el gas de fermentación de estiércol en forma extensiva como combustible y medio de alumbrado en sus zonas rurales.

Siendo Colombia un país con grandes extensiones de tierras dedicadas a la ganadería, en donde por lo general la disponibilidad de energía es precaria, la implantación de este sistema de producción de gas combustible utilizable eficientemente en el consumo doméstico, podría generalizarse para evitar el uso irracional de bosques y rastrojos en la obtención de leña, al tiempo que mejoraría el bienestar del campesino. Para este estudio se construyó un pozo piloto de fermentación en donde se estudiaron y determinaron las condiciones de fermentación que maximizan la producción de gas. Además se desarrolló un estudio comparativo de fertilidad de los sólidos residuales del proceso.

2. EL PROCESO DE FERMENTACION

El estiércol fresco diluido con agua en proporción 1:1 fermenta en ausencia de aire, por acción de bacterias metanógenas las cuales se encuentran en la mayoría de los desechos orgánicos.

En un período aproximado de 30 días de fermentación se genera la mayoría del potencial de gas. El pozo de fermentación debe por lo tanto ser capaz de contener por lo menos 30 veces el volumen de mezcla estiércol-agua que se desee alimentar diariamente.

Para iniciar una fermentación vigorosa en la planta, es conveniente el uso de materiales que contengan concentraciones altas de metanobacterias, lo cual puede conseguirse agregando inicialmente estiércol de cerdo y aguas negras.

3. CONDICIONES DE FERMENTACION

3.1 Temperatura

Siendo un fenómeno biológico, la fermentación es decididamente influenciada por la temperatura. En la acción metanógena se caracterizan tres zonas de actividad:

Zona termofílica por encima de 42°C; Zona intermedia o mesofílica, entre 23 y 42 °C; Zona baja, de 10 a 28 °C.

La zona de mayor actividad es la mesofílica; sin embargo, desde el punto de vista práctico la producción de gas es aceptable en sitios con temperatura promedios desde los 22°C, B.R. Saubolle (2) reporta los siguientes datos de producción V.S. temperatura.

Temperatura promedio durante el mes °C.	Producción de gas C.ft/lb. estiércol.
28	1.5
23	1.0
17	0.8
12	0.5

3.2 pH

El proceso de formación de metano por fermentación de residuos orgánicos tiene dos etapas. En la primera se presenta la formación de ácidos orgánicos sobre la cual actúa posteriormente la metanobacteria para producir el gas. Debido a este mecanismo el medio tiende a acidularse a medida que fermenta, disminuyendo gradualmente la formación de metano. En diferentes trabajos de metanofermentación se reportan rangos óptimos de pH entre 6.8 y 7.2 (3). En este estudio se mantuvo este rango dosificando pequeñas cantidades de cal comercial.

3.3. Presión

La velocidad de producción de gas varía ampliamente con la presión mantenida sobre la masa en proceso de fermentación.

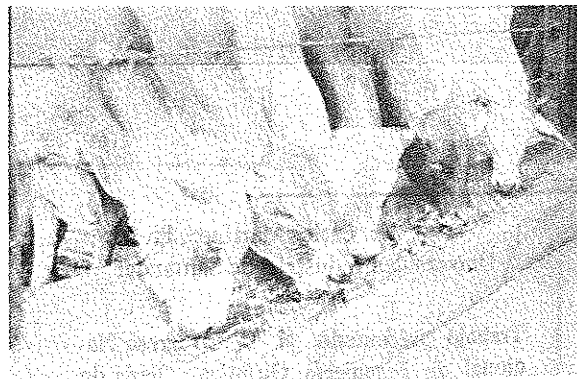
Teniendo como base una presión de 1 at. se encontró que una sobrepresión de 5 cms. de agua reduce la producción de gas en un 10 o/o, mientras que una presión subatmosférica de 6 cms. de agua incrementa la producción en 20 o/o.

Debido a esta sensibilidad de la generación de gas con respecto a la presión es aconsejable que durante los períodos de acumulación de gas en la campana recolectora (cuando no hay consumo), ésta se mantenga contrabalanceada ojalá manteniendo un pequeño vacío..

4. PLANTA EN PRODUCCION

En base a experimentación a nivel de laboratorio sobre producción de gas y tiempos de residencia (tiempos de fermentación), y a datos de consumo diario de este gas (15 C.ft. diarios por persona) reportados por Sauballe (2); se dimensionó y construyó una planta de producción de gas a partir de estiércol como se representa esquemáticamente en la figura 1.

El pozo de fermentación, cosntruído en ladrillo, tiene un volumen de 4.8 m³. (170 ft³). En la parte inferior del pozo y hasta una altura de 2 metros a partir del fondo el diámetro es 1,4 metros, en la parte superior éste es de 1,5 metros, formándose así un reborde sobre el cual puede apoyarse la campana recolectora de gas (B). En la primera línea superior de ladrillos se deja un vertedero por el cual se evacuan diariamente los sólidos ya fermentados que ascienden dentro del pozo por pérdida de densidad. La mezcla estiércol-agua que se alimenta diariamente se prepara en la unidad alimentación (G), constituida por un



Para el volumen estipulado del pozo la alimentación diaria de mezcla estiercol-agua en proporción 1:1 fue de 320 libras (aproximadamente 160 litros).

Technical drawing of a water supply system for a fermentation tank. The diagram shows a cross-section of the system with various components labeled A through H. Dimensions are given in meters and inches.

Legend:

- A. Pozo Fermentado
- B. Campana Recolectora
- C. Soporte
- D. Cable
- E. Poleas
- F. Carretel-volante
- G. Tanque de alimentación
- H. Conducto de alimentación

19

La campana recolectora de gas (B) fué construída en lámina galvanizada calibre 20 y reforzada con armadura de platina de 1/4 por 1 1/2 pulgadas. El volumen de la campana es de 1.76 m³ (62 ft³). En la parte superior de la campana se instalaron las válvulas de salida de gas, a las cuales se conectan las líneas de conducción requeridas, (es recomendable la instalación de tranpas de humedad en las líneas de conducción).

Con el fin de permitir la elevación de la campana para regular la presión del gas dentro de la misma, se instaló un sistema de elevación como se muestra en la figura No. 1 (partes E,C,D,F,)

El costo total aproximado de la planta fue de \$ 5.000.00 pesos.

5. PRODUCCION Y CONSUMO DE GAS

En la planta instalada y bajo las siguientes condiciones más recomendadas de operación:

- Dilución de la mezcla estiércol-agua para alimentación 1:1.
- pH de la mezcla en fermentación entre 6.8 y 7.2
- Contrabalanceo de la campana durante el tiempo de llevado para generar unos 5 centímetros de agua de vacío.
- Temperatura ambiente promedio 28°C.

la producción promedio de gas fue de 120 ft³. en 12 horas (equivalente al volumen de dos campanas recolectadas), con un tiempo promedio de llenado de la campana de cuatro horas y media. Esta producción corresponde al 1.5 ft³ de gas por libra de estiércol.

El análisis Orsat de los gases producidos presentó una composición de 68 o/o de CH₄, 23 o/o de CO₂, y 1.5 o/o CO; equivalente a un poder calorífico de 690 BTU/ft³, st. El contenido de gas de una campana descendiendo bajo su propio peso (equivalente a una presión manométrica de 3 centímetros de agua) alimenta una cocineta de gas con sus dos quemadores al más alto nivel de consumo durante un período de cuatro horas y media, lo cual es suficiente para la cocción diaria de alimentos de una familia promedio. Las características de combustión de este gas son muy favorables: arde con llama casi invisible a la luz del día, no desprende humos, es inodora y no tóxica.

El consumo de gas para alumbrado parece ser menor que el de los quemadores de cocina pero se requiere mayor presión para alcanzar una luminosidad

satisfactoria. El uso adecuado de este gas en alumbrado no se ha estudiado detalladamente, es posible que sea necesario el diseño de lámparas que puedan operar con este gas a baja presión.

6. SOLIDOS RESIDUALES COMO FERTILIZANTES

Los sólidos residuales del proceso de fermentación fueron utilizados en un estudio comparativo de fertilización de suelos en un cultivo de tomate marglobe.

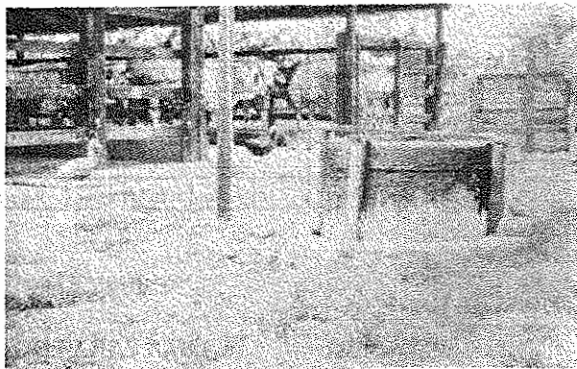
6.1 Generalidades

No existe un concepto comunmente aceptado del término fertilidad aplicado a suelos. Se considera sinembargo que un suelo fértil tiene que suministrar en cantidades razonables y en equilibrio adecuado los principios nutritivos que una planta toma de las fracciones minerales y orgánicas del suelo. Parte de la materia orgánica de los suelos comprende una fracción coloidal conocida por HUMUS y considerada la de mayor importancia en el desarrollo de los cultivos.

Los estiércoles son una fuente muy eficaz para lograr aumentar el contenido de HUMUS de los suelos debido a su contenido relativamente alto de nitrógeno y también porque poseen ya cantidad considerable de humus que ha sido producido por degradación en el tubo digestivo de los animales (5). El proceso de fermentación sufrido por el estiércol, causa una mayor degradación de la materia orgánica, lo cual conlleva a que posiblemente el estiércol fermentado sea un mejor productor de humus y consecuentemente un mejor fertilizante.

6.2 Ensayo de Fertilización

El tomate marglobe fue utilizado como planta de estudio. Se efectuó el rastreo del desarrollo de las



plantas (crecimiento, frondosidad, y florecimiento) en macetas conteniendo tierra prodecente del mismo terreno, alguna de ésta tratada con sólidos residuales de la fermentación y otra con estiércol seco sin procesar. Las tablas 1 y 2 presentan el análisis de la tierra utilizada y de los sólidos residuales de la fermentación.

TABLA No. 1

		Análisis de dos muestras de tierra						
		Ca Mg Na K						
Muestra								
No.	pH.	o/oC	o/oN	P(ppm)	Meg/100gr.	suelo		
1	6.8	3.12	0.30	0.47	27.4	9.1	0.44	1.48
2	6.8	3.18	0.36	0.47	26.8	9.2	0.40	1.53

TABLA No. 2

		Análisis de dos muestras de sólidos residuales del proceso de fermentación						
		Ca Mg Na K						
Muestra								
No.	pH.	o/oC	o/oN	P(ppm)	Meg/100 gr	suelo		
1	8.2	26.4	1.7	28.0	38.0	12.5	3.6	7.5
2	8.2	2.62	1.7	36.0	36.0	12.0	3.8	8.2

6.3 Procedimiento

A cuatro macetas, con 1.500 gr. de tierra cada una, se agregaron sólidos residuales del proceso, secados previamente al sol, en proporciones del 10 o/o, 20 o/o, 30 o/o y 50 o/o en peso. Además, por recomendación del laboratorio de suelos del Departamento de Santander se dosificó la tierra con 3 gramos de "Calphos" para suplir la deficiencia en fósforo de la tierra.

En cada maceta se sembró una planta de tomate de aproximadamente 11 centímetros de altura, procedente del mismo almacigo.

Igual procedimiento se siguió para otras cuatro macetas, en las cuales se cambiaron los sólidos residuales por estiércol fresco seco.

Finalmente, en otras cuatro macetas se suprimió el fertilizante orgánico y se agregó solamente calphos; las plantas cultivadas en esta forma sirvieron de base de comparación.

6.4 Resultados

Los resultados de crecimiento y desarrollo de las plantas se muestran en la figura 2, para mezclas con 30 o/o de abono orgánico (este porcentaje resultó ser el más apropiado).

Los resultados mostraron claramente el amplio margen de beneficio logrado con el uso de estiércol fermentado. La frondosidad y florecimiento de las plantas fue proporcional a su crecimiento.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de producción de gas obtenidos en este estudio, son altamente satisfactorios para que se pueda recomendar la instalación de estos sistemas en las áreas rurales de los climas templados o cálidos en los cuales la disponibilidad de energía sea precaria.

El gobierno, en sus niveles seccionales y nacional, interesado en el bienestar de la clase campesina, podría incluir estos sistemas de producción económica de energía dentro de los programas de desarrollo rural que se adelantan o planean en el país. Instituciones como el Inderena, la Caja Agraria, y otros, podrían ser los promotores para la instalación de estos pozos de fermentación en los sitios de mayor conveniencia.

Desde el punto de vista técnico se hace necesario estudiar sistemas eficaces de alumbrado utilizando el gas producido.

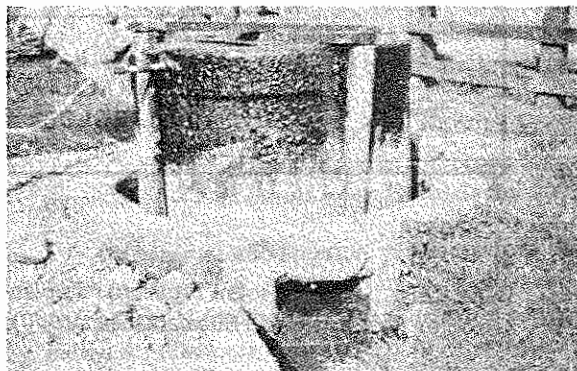
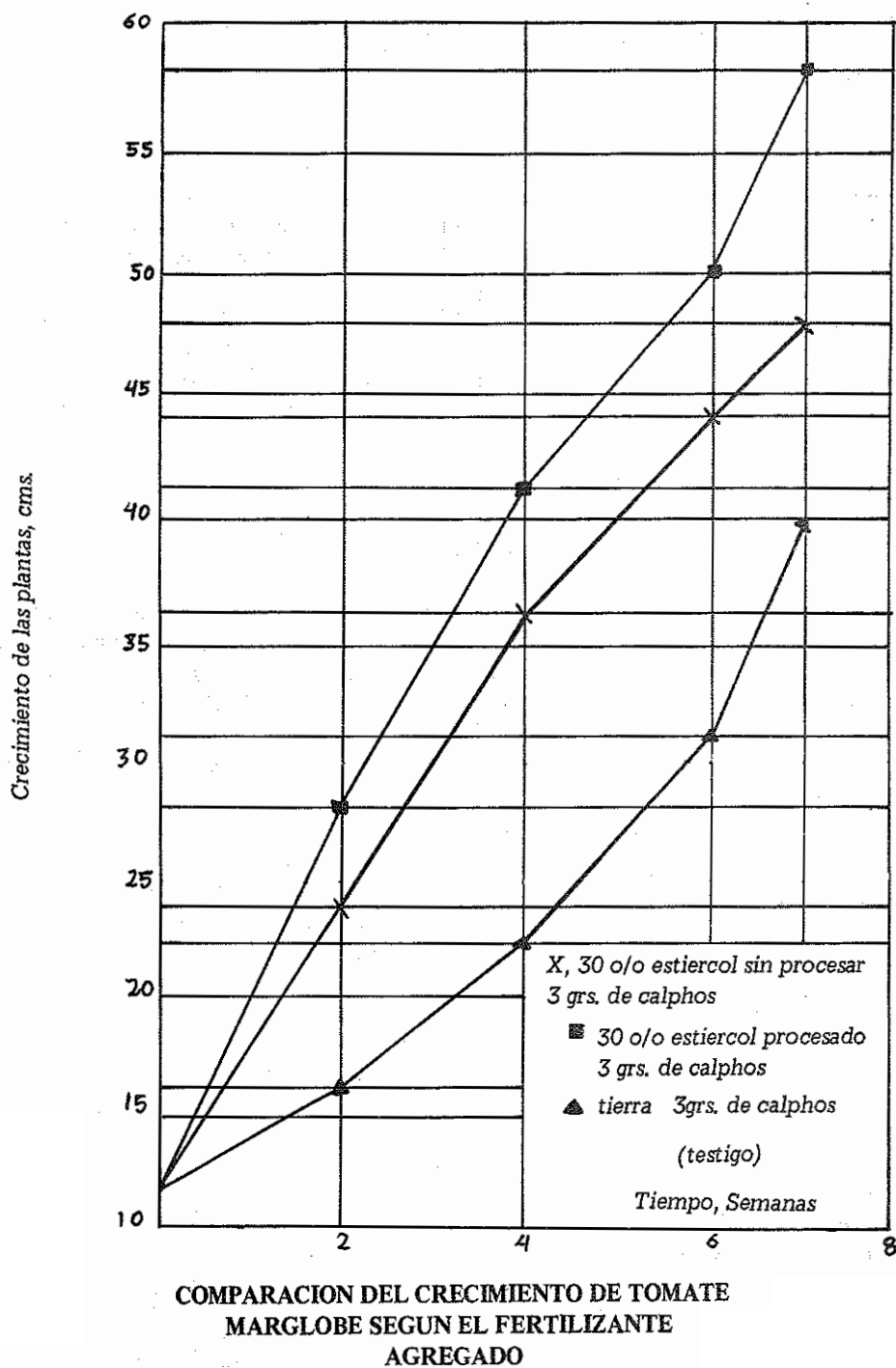


FIGURA No. 2



BIBLIOGRAFIA

- 1.- INDERENA, Informe sobre Proyecto "Implantación de Estufas a Gas"; Bucaramanga, (1970).
- 2.- B.R. Zaubolle, "Fuel Gas from Cowdung" Indian Agricultural Research Inst., New Delhi, (1963).
- 3.- Martínez C.A., "A proposal for Research on a Fermentation Process of Livestock Manure Wich Salebles byproducts"; University of Kansas, Lawrence-Kansas, (1972).
- 4.- Microbiology, Pg. 107; John Wiley, N.Y. (1964)