

# FERMENTACION ANAEROBICA DE TOMATE EN UN REACTOR GAS-LIFT

Gloria del C. Plaza \*

INENCO  
(Instituto de Investigaciones  
en Energía No Convencional)  
Buenos Aires 177 - 4400 SALTA  
ARGENTINA

## RESUMEN

El tratamiento de los desechos vegetales, tomate en particular, fue desarrollado debido a su alta producción en la Provincia de Salta.

El excedente de la producción de tomate que no tuvo salida por venta en la localidad de Apolinario Saravia, superó las 4.000 tn durante la campaña 1.992-93. Este desecho puede ser tratado en sistema anaeróbico dando metano y un residuo utilizable como biofertilizante.

En esta publicación se describe el comportamiento del mismo mezclado con estiércol vacuno en un reactor del tipo *gas-lift*, sabiendo que este sistema es más eficiente que uno convencional con recirculación de carga [1]. Se analiza las causas de inestabilidad del proceso, infiriendo técnicas de control de operación.

## 1 INTRODUCCION.

El tomate, por ser un fruto estacional y perecedero, debe ser comercializado dentro de los diez días posteriores a su cosecha; pasado este período comienza su etapa de descomposición y pierde su valor económico. Además, el irregular comportamiento del Mercado, cuya demanda generalmente varía en forma inversa a la producción, hace que en ciertos períodos el precio del producto no cubra los costos de producción, quedando el fruto sin comercializar. En ambos casos, éste pasa a aumentar considerablemente la cantidad de desechos agronómicos de la región, superando en la campaña 92-93 las 4.000 tn sólo en la localidad de Apolinario Saravia.

Todos estos desechos son fuentes de contaminación al medio por lo que un control de su descomposición es necesario, considerando además, el interés de recuperar la energía de  $765 \frac{kJ}{kg}$  contenida en la biomasa [2].

El interés del tratamiento anaeróbico de desechos sólidos creció en la últimas décadas debido a las diversas ventajas frente a otros tratamientos.

---

\*INENCO. UNSa-CONICET

En la fermentación anaeróbica se encuentran en equilibrio las fases acidogénicas y metanogénicas debido a que la misma se basa en una interacción de poblaciones microbianas simbióticas y balanceadas.

Polímeros orgánicos y ácidos grasos de alto peso molecular son convertidos a intermediarios por bacterias acidogénicas. Los intermediarios son ácidos grasos volátiles principalmente ácido propiónico y butírico.

Para el caso del tomate, el factor más importante de control de la acidez, es la competencia entre las bacterias productoras de ácido butírico y las bacterias productoras de ácido láctico, actuando a su vez la capacidad buffer de la mezcla [4].

El ácido acético, conocido como el intermediario predominante en la metanogénesis, es formado a través de la degradación de los ácidos propiónicos y butíricos (fermentación acetogénica) y a través de la oxidación de hidrógeno (respiración acetogénica).

El metano puede ser sólo formado por bacterias específicas, las cuales utilizan el ácido acético (metanogénicas acetoclásticas) o hidrógeno (metanogénicas que oxidan el Hidrógeno). Cuando se perturba este balance simbiótico entre las metanogénicas y acidogénicas, resulta una inestabilidad del proceso de tratamiento anaeróbico que puede ocurrir por excesivos cambios de la carga orgánica o por distintos químicos inhibidores de la población [6].

## 2 EXPERIENCIA

### 2.1 Equipo experimental

Las experiencias se realizaron en régimen discontinuo en dos unidades anaeróbicas idénticas del tipo *gas-lift*, insertos en una cámara de aire controlada en su temperatura a 35°C. Los reactores cilíndricos de 8 litros de capacidad total son trabajados con 6 litros de volumen útil. Para homogeneizar la mezcla se hace recircular el biogas producido mediante un compresor de 1/5 IIP.

Para determinar el volumen de biogas se emplean depósitos de vidrio de 5 litros de capacidad, a los que se incorpora agua acidulada. El biogas producido en el reactor, desplaza el agua de los depósitos hacia una probeta y por la medida del volumen de ésta, se conoce el biogas obtenido. El porcentaje de metano se mide en un equipo ORSAT.

### 2.2 Carga de los reactores

Se trabajó con una mezcla de tomate y estiércol en relación de 80 a 20. Se incorporó a la mezcla la suficiente cantidad de agua para obtener la concentraciones de sólidos totales deseadas. La mezcla titulada y homogeneizada fue cargada a los reactores, incorporándose inóculo de un digestor en actividad, en una proporción de 5 % de la carga.

Características de las experiencias				
Experiencia	Sólidos totales %	Sólidos volátiles %ST	Homogeneización	Controles
1	5.645	77.86	Recirculación de biogas	Agregado de cal pHfinal=6.32
2	7.235	81.58	Recirculación de biogas	Carga inicial con max. cant. de cal admitida pHfinal=12.26
3	7.198	82.65	15 días recirc. de biogas, luego con gas natural	agregado de cal días 1, 8, 12 pHfinal=7 a partir día 15 recirc. con GN

Tabla 1: Experiencias desarrolladas a temperatura controlada de 35°C.

### 2.3 Experiencias desarrolladas

Las tres experiencias batch que se llevaron a cabo presentan las características más sobresalientes que se detallan en la tabla siguiente:

### 2.4 Técnicas analíticas

Los análisis se realizan de acuerdo con el "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" [3]. Trabajos recientes indican que la alcalinidad medida a pH 5.75 da un valor más cercano al real, evitándose la interferencia de ácidos grasos volátiles que se verifica en la determinación clásica a pH 4 [5].

## 3 RESULTADOS EXPERIMENTALES

En la figura 1 se expresan los valores del volumen de biogas (ml), alcalinidad (mg CaCO<sub>3</sub>/l a pH 5.75), ácidos grasos volátiles (mg/l) y pH correspondientes a los 15 primeros días en que transcurrió la experiencia 1. Los datos experimentales muestran que la disminución del pH inicial de carga de 7.96 a 5.10 en el segundo día es consecuencia de una alta velocidad de producción de ácidos volátiles. Al no lograrse un equilibrio de las poblaciones bacterianas, la producción de metano disminuye hasta llegar a una inhibición total, como se observa en la figura, ésta situación ocurre el día 11.

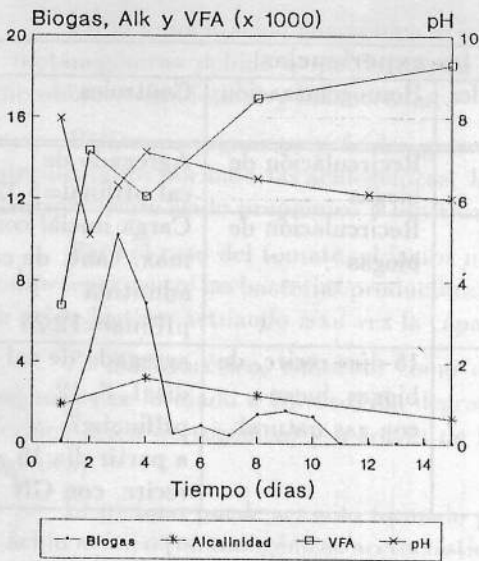


Figura 1: Producción diaria de biogas (ml), alcalinidad (mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ) y ácidos grasos volátiles (mg/l) correspondientes a experiencia 1.

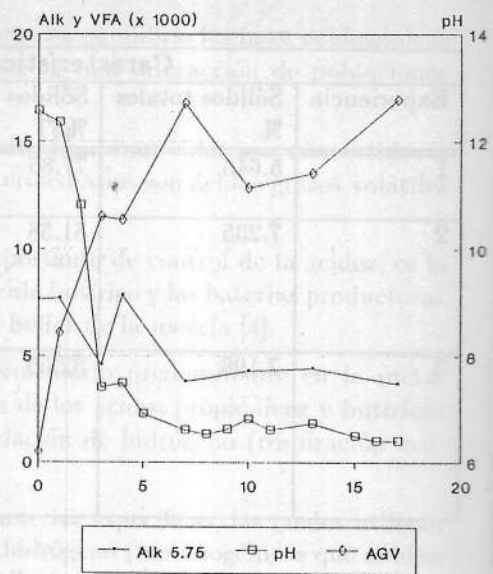


Figura 2: Alcalinidad (mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ) y ácidos grasos volátiles (mg/l) correspondientes a experiencia 2.

En la figura 2 y 3 se grafican los valores de alcalinidad (mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$  a pH 5.75), ácidos grasos volátiles (mg/l) y pH correspondientes a las experiencias 2 y 3.

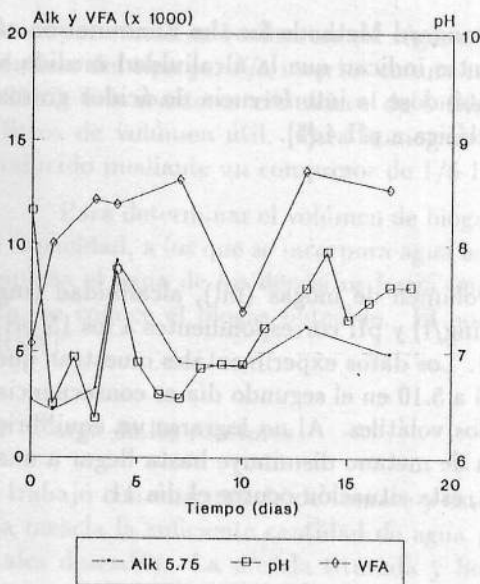


Figura 3: Alcalinidad (mg  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ ) y ácidos grasos volátiles (mg/l) correspondientes a experiencia 3.

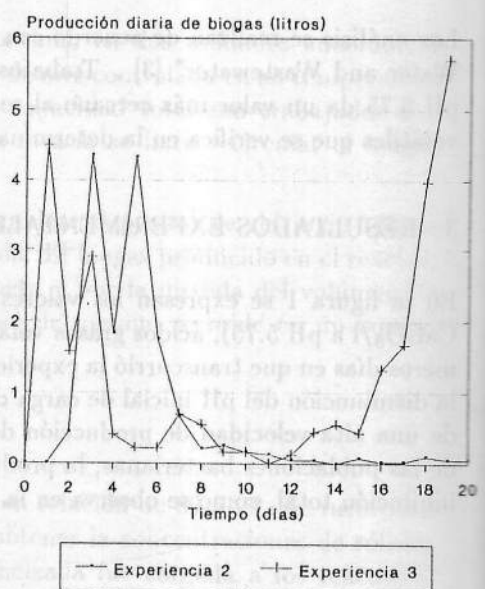


Figura 4: Producción diaria de biogas (litros), correspondientes a la experiencia 2 y 3.

Los valores graficados en la figura 2, muestran que la producción de ácidos grasos volátiles fue inhibida inicialmente dado que a los 6 litros de carga se le agregó 48g de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  antes de incorporarla al digestor. Si bien el pH inicial fue de 12.26, al tercer día de digestión el pH de la mezcla bajó a 7.40, por acumulación de ácidos grasos. Desde el día 3 en adelante los valores de ácidos grasos volátiles fueron superiores a los aconsejados para el buen desarrollo de la digestión anaeróbica (1000 a 5000 mg/ml) [5]. La producción de biogas del día 3 fue de 4350 ml con 73% de  $\text{CH}_4$ , este porcentaje no se mantuvo, disminuyendo al día siguiente a 50 % de  $\text{CH}_4$  en 1820 ml de biogas medidos, y así continuamene hasta que en el día 14 la producción se inhibió totalmente (figura 4).

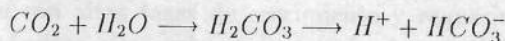
En la figura 3 se muestra los datos obtenidos durante el desarrollo de la experiencia 3. El pH fue regulado los días 1, 8 y 12 con el agregado de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en una cantidad total por debajo de la máxima admitidad (50 g/6 litros de carga). El pH se mantuvo en los valores apropiados para mantener buenos rendimientos de degradación de materia orgánica y de producción de metano (6,8 y 8), no obstante la producción diaria de biogas fue disminuyendo hasta el día 14 con un porcentaje medio de  $\text{CH}_4$  de 50% (figura 4). A partir del día 15 se recirculó con gas natural con el propósito de analizar el efecto del  $\text{CO}_2$ . La producción de ácidos grasos volátiles comenzó a disminuir manteniéndose prácticamente constante el pH.

#### 4 CONCLUSIONES

El equilibrio entre las poblaciones de la comunidad microbiana presente en un digestor es fundamental para el buen funcionamiento del proceso. Para lograr este equilibrio y controlar la inestabilidad del proceso es fundamental asegurar las adecuadas condiciones ambientales a que están sometidas, tales como temperatura, pH, concentración de sustrato, de nutrientes, de inhibidores, etc.. El pH del medio es función de la alcalinidad del sistema, de la presión parcial del  $\text{CO}_2$  y de la concentración de ácidos grasos volátiles que existan en el medio, es por ello que los equilibrios químicos juegan un papel fundamental en el establecimiento de las condiciones de vida y actividades de los microorganismos.

El tampón alcalino en un biodigestor está constituido por las baterías hidrolíticas y por el bicarbonato que tiene residencia oficial en un digestor.

El  $\text{CO}_2$  es una especie ácida y su hidrólisis produce  $\text{H}^+$ , por lo que es lógico considerar que la recirculación de biogas con altos porcentajes del mismo dé lugar a una disminución del pH del medio, llegando en las experiencias 1 y 2 a niveles inapropiados para el desarrollo de la actividad metanogénica.



Osea, que si no existen especies alcalinas capaces de consumir el  $\text{H}^+$ , a mayor concentración de  $\text{CO}_2$ , mayor será la acidez del medio. Es por ello que las experiencias desarrolladas corroboran que el nivel de alcalinidad del medio es función de las especies alcalinas generadas por el proceso biológico y de las adicionadas artificialmente al medio, caso de la disolución del  $\text{CO}_2$  con el consiguiente disminución del pH.

La estabilidad de un reactor *gas-lift* cargado con una mezcla de tomate y estiércol

vacuno en porcentajes de 80 a 20 en peso se asegura con un conveniente agregado de cal y utilizando metano para su recirculación.

## 5 AGRADECIMIENTO

Agradezco el asesoramiento de la Dra. Yukie Soito Hirata de IPT-San Pablo, Brasil, del Dr. Carlos Cuevas, UNSa y la colaboración del Lic. Lucas Seghezso.

## REFERENCIAS

1. G. Plaza. *Tratamiento anaeróbico de desechos de tomate en escala laboratorio*. XV Reunión Nacional de Energía Solar y Fuentes Alternativas. Catamarca, 3 al 6 de noviembre de 1.992.
2. *Bulletin issued by the Sprenger Institute*. Anon, 1.979.
3. American Public Health Association (APHA). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* 16th edition. Washington, 1985.
4. I.W. Koster. *Licuefaction and Acidogenesis of Tomatoes in an Anaerobic Two-Phase Solid-Waste Treatment System*. *Agricultural Waste*, 11:241-252, (1984).
5. S.A. Cobb y D.T. Hill. *Volatile fatty acid interference with alkalinity measurements in anaerobic fermenters*. International Summer Meeting, sponsored by the ASAE, 1990.
6. A. DeLorme, R. Kapuscinski. *On Performing Experimental Studies on Transient States of Continuous-Flow Methanogenic Reactors* *Biotechnology and Bioengineering*, 35:746-750, (1990)