

## **GENERACIÓN DE BIOGAS A PARTIR DE LA DEGRADACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE FRIGORÍFICOS**

**Sogari N<sup>1</sup>, Vazquez F, Martinez F, Gomez C, Bertona V, Monzón V, Planisich N.**  
- FaCENA- UNNE

Avenida Libertad 5460 C.P. 3400 – Corrientes - Argentina  
Tel. (54) - 3783 - 473931 int 134. e-mail: [noemisogari@gmail.com](mailto:noemisogari@gmail.com)

*Recibido 10/08/16, aceptado 10/10/16*

**RESUMEN:** Se presentan los primeros resultados obtenidos del estudio de los parámetros característicos de la degradación de residuos orgánicos colectados en un frigorífico de peces ubicado en Bella Vista – Corrientes- Argentina. Se armaron 8 reactores a escala de laboratorio y un digestor de 200 l instalado a campo abierto. Las temperaturas de trabajo en ambas situaciones fueron entre 25 y 35 °C, tiempo de retención hidráulico 30 días, y el contenido de estiércol en la suspensión: 10%, 25%, 50% y 100% en el laboratorio y 50% en el digestor de campo. Los reactores de laboratorio se hicieron funcionar de manera discontinua. Se midieron la cantidad de biogás generado y acumulado. La concentración de metano en el biogás generado a campo abierto varió entre 45% y 60%. Se concluyó que el tratamiento anaerobio del efluente colectado en el frigorífico es una opción de depuración biológica y técnica de generación de energía útil.

**Palabras clave:** biogás, efluentes, metano

### **INTRODUCCIÓN**

La generación de desechos orgánicos es una problemática ambiental mundial y en especial los que se generan en la industria cárnica, porque los métodos tradicionales para el saneamiento de esos efluentes no han logrado una eficiencia óptima, en la disminución de los índices de contaminación del agua, además su aplicación es costosa por lo que las industrias optan por verter los desechos al río o laguna. La carga orgánica de los mismos es demasiada (Uicab Brito 2003), siendo la sangre el principal contaminante, aporta una DQO total de 375.000 mg/l y una elevada cantidad de nitrógeno, con una relación carbono/nitrógeno del orden de 3:4. Se estima que alrededor de un 20% de la sangre va a los vertidos finales. También las proteínas y las grasas, componentes de la carga orgánica, están presentes en las aguas de lavado. Se estima que entre el 35 - 55% del total de la carga contaminante medida en DBO<sub>5</sub>, son arrastradas por las aguas de limpieza (Maldonado M, J 1992). Dado que el manejo y aprovechamiento de la carga orgánica son casi nulos, en Latinoamérica, se puede afirmar que la problemática es seria.

Los desechos orgánicos obtenidos en los mataderos podrían ser considerados como una productiva fuente de energía en lugar de solo un contaminante del ambiente.

Los residuos orgánicos procedentes de la actividad en mataderos generan altos niveles de contaminación, situación que se vuelve especialmente difícil en los pequeños establecimientos, donde las limitaciones técnicas y económicas no permiten operar medidas de gestión medioambiental adecuadas para resolver el problema de forma permanente. Las principales fuentes de contaminación de las aguas residuales de las plantas de procesamiento de carne son la sangre, los residuos de carne y grasa, estiércol, pelos, plumas, huesos, proteínas (Muñoz Muñoz, Deyanira 2000).

---

<sup>1</sup> Directora del PI 12F021 de CyT-UNNE

Los tratamientos aerobios y anaerobios constituyen las dos grandes opciones de depuración biológica. El hecho de no necesitar aireación hace que la digestión anaerobia resulte mucho más favorable económicamente, permitiendo en muchos casos la autonomía o autosuficiencia de las plantas de tratamiento.

El tratamiento de los desechos, mediante una mayor eficiencia en el proceso de transformación de bienes y servicios, significa altos costos económicos, por lo que resulta necesario optar por una tecnología simple en el manejo de los residuos generados, que sea orientada hacia la economía y simplificación de los procesos.

En virtud de los elevados costos de operación y funcionamiento intrínsecos de los tratamientos convencionales (el uso de sustancias químicas quelantes, la desinfección adicionando cloro antes pasar por la precipitación química y la sedimentación) la implementación de sistemas de tratamiento de agua residual es un problema significativo. A partir de ello surge la necesidad de la adaptación de tecnologías de tratamientos modernos capaces de remover los principales contaminantes de las aguas residuales, con bajos costos de construcción, económicamente factibles y autosostenibles (Guerrero E. 2004.) El objetivo del presente trabajo ha sido estudiar los parámetros físico- químicos de los efluentes de un frigorífico de peces, a fin de analizar la factibilidad de desarrollar un sistema de biodigestión de desechos como parte del tratamiento de efluentes.

El biogás representa una alternativa de promoción de las energías renovables para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. El biogás es energía limpia y renovable, la que sería una buena alternativa para aprovechar los desechos orgánicos generados en los mataderos.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Materia prima**

Los efluentes generados en la planta están constituidos por una fracción líquida que incluye a la sangre y a las aguas de lavado partículas de grasa, pedazos de carne y vísceras, cabezas, aletas y espinazos. Para lograr una mejor caracterización, las muestras fueron recolectadas al momento de la faena en la salida de desagüe durante los momentos de: desangrado, eviscerado y prolijado. Las muestras fueron empaquetadas en bolsas de polietileno y almacenadas en un congelador hasta su uso. La porción sólida de la mezcla utilizada estuvo constituida por vísceras, en tanto que la líquida estuvo formada por la sangre y las aguas de lavado generadas durante la etapa de prolijado.

Como inóculo, se utilizó estiércol de cerdo. Se utilizaron cuatro porcentajes de inóculo: 10, 25, 50 y 100%, calculados respecto del volumen de sólido, por lo que el último digestor no poseía vísceras. Se armaron dos reactores en paralelo para cada porcentaje de inóculo fijado, en total se armaron 8 equipos en el laboratorio.

### **Reactor**

En el laboratorio, las experiencias se realizaron usando digestores tipo batch, el cual se carga una sola vez en forma total y la descarga se efectúa una vez completado el proceso, según lo descrito por Sievers y Brune (1978). Cada reactor estaba equipado con los puertos de entrada y salida para la alimentación de la mezcla del sustrato más inóculo y del gas respectivamente. El volumen de los kitsatos usados como reactores fue de 1 litro (Fig 1).

El volumen total de mezcla ocupó 2/3 de la capacidad total del reactor, considerando esto como una medida de seguridad pues se necesita contemplar el volumen de biogás almacenado en el mismo.

### **Condiciones de operación**

Los reactores (8 en total) trabajaron a temperatura ambiente, normalmente entre 25 y 32°C, las que se corresponden con un régimen mesofílico de crecimiento bacteriano.

Para medir el biogás generado en cada reactor, se empleó un sistema de desplazamiento de agua haciendo uso de un dispositivo conformado por un Kitasato de 500 ml, que trabajó como frasco de

Mariotte (15 % NaOH), provisto de un tapón de goma al que se le ha incorporado una pequeña tubuladura que lo atraviesa. (Figura 2 y 3)



Figura 1. Aspecto de los reactores en laboratorio

Figura 2. Medidor de biogás generado

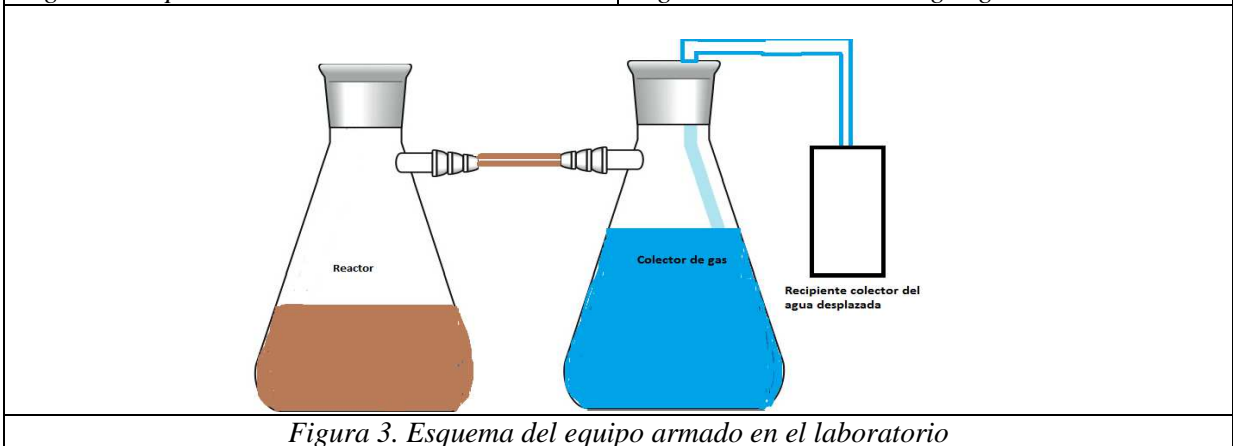


Figura 3. Esquema del equipo armado en el laboratorio

Los parámetros operacionales se determinaron de acuerdo con el “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (Edición 1989):

- Sólidos Sedimentables (SS): determinado por decantación a partir de un volumen de muestra dejado en reposo en un recipiente Imhoff durante 10 minutos y a las 2 horas, expresándose el volumen sedimentado en el fondo del cono en ml/L. Los SS nos dieron idea de la cantidad de lodos que se producirán en la decantación primaria.
- Sólidos Totales (o residuo total): se realizó evaporando un volumen conocido de muestra y secando el residuo en estufa a 105°C, hasta pesada constante, indicándose el resultado en mg/L. Esta medida nos permitió conocer el contenido total de sustancias no volátiles y volátiles presentes en la muestra.
- Sólidos Fijos (o residuo fijo): determinado mediante la ignición del residuo producido en el análisis de ST a peso constante en un horno de mufla a una temperatura de 600°C durante 2 horas, luego de lo cual se obtuvo el peso del residuo. El resultado se indicó en mg/L y nos permitió conocer la porción de materia mineral de la muestra
- Sólidos volátiles (o residuo volátil): indicador de la cantidad de materia orgánica presente en la muestra, se lo calculó por diferencia entre los sólidos totales y los fijos. El resultado se indicó en mg/L.
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): La cantidad de oxígeno equivalente (g. L-1) necesaria para oxidar químicamente todos los compuestos oxidables presentes en el ensayo se obtuvo al inicio y al final de la experiencia realizada en el laboratorio.
- Ácidos Grasos Volátiles: Se determinó destilando el líquido sobrenadante de la muestra y luego valorando el destilado con solución de hidróxido de sodio. El resultado se expresó como ml/L de ácido acético. El contenido de AGV que no excedieron los 100 – 300mg/L indicaron que las condiciones ambientales eran favorables para el desarrollo de bacterias metanogénicas.

- Test bioquímico de potencial de Metano, permitió determinar el rendimiento de metano de un sustrato de la materia orgánica por digestión anaerobia. La prueba de BMP es ampliamente aplicada a determinar la biodegradabilidad anaerobia de residuos y resultó de utilidad para determinar la cantidad de metano (l metano / g DQO eliminado) que los residuos pueden potencialmente producir en condiciones anaeróbicas (Angelidaki I, 2009)

## RESULTADOS

Las distintas proporciones de inóculos mezclados con los efluentes extraídos del frigorífico, se analizaron con respecto a los sólidos totales, volátiles y fijos y DQO.

Parámetros	10%	25%	50%	100%
Residuo total (mg/L)	127950	105380	101250	124330
Residuo fijo (mg/L)	4230	7370	14130	49110
Residuo volátil (mg/L)	123720	98010	87120	75220
DQO (mg/L)	130020	99220	90040	77400

*Tabla 1. Parámetros medidos al inicio de la digestión.*

Parámetros	10%	25%	50%	100%
Residuo total (mg/L)	108040	102880	92380	62920
Residuo fijo (mg/L)	6410	11030	13100	30990
Residuo volátil (mg/L)	101640	91850	79280	31930
DQO (mg/L)	103820	79500	68040	32240

*Tabla 2. Parámetros medidos al final de la digestión.*

El contenido de sólidos totales fue mayor en la mezcla al 10% de inóculo, tanto al inicio como al final de la experiencia.

### Producción de Gas

El biogás se recogió diariamente por el desplazamiento de agua en la botella. La concentración de metano en el biogás se determinó con un cromatógrafo de gases Agilent 7890 A, gas portador Nitrogeno, y detector FID y de captura electrónica.

La evolución del proceso de digestión anaerobia se representa en la Figura 2. Los volúmenes empezaron a medirse a partir del quinto día del proceso ya que en los primeros días solo se producen gases H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>. Puede observarse que entre los 30 y 40 días todos los digestores manifestaron una merma en la producción de biogás, llegando incluso a cero en los reactores R10 y R25. Este fenómeno se atribuye al descenso de la temperatura ambiente que había alcanzado los 22°C en el período mencionado, inhibiendo o retrasando el crecimiento bacteriano.

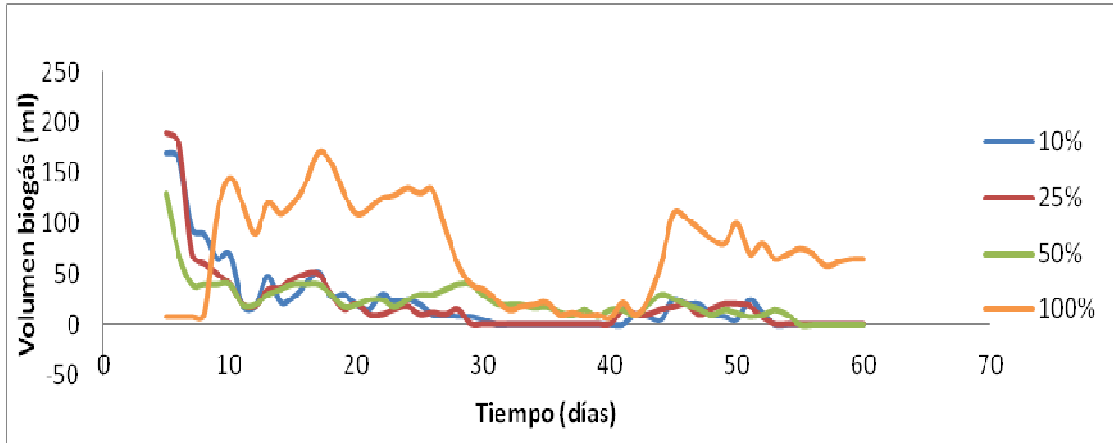


Figura 4. Evolución de la producción de biogás generado en los ensayos.

El nivel de biogás generado después de 60 días, indicó que la conversión orgánica se había completado. El biogás acumulado en el reactor al 50% fue aproximadamente de 1030 ml. El porcentaje máximo de gas metano obtenido a partir de las cuatro muestras fue del 30,2 %, 40,4, 46% y 60,5%, que es el rango típico (Karellas et al., 2010). En todos los casos, la máxima concentración de metano se alcanzó entre el día 45 y 55. La concentración de metano en el reactor que contenía la mezcla al 10% de inóculo fue menor que en el resto.

En el campo bajo condiciones reales.

El equipo armado e instalado en el campo, bajo condiciones reales, consta de dos tachos de 200 litros, uno se utilizó para la degradación de la biomasa y el segundo para retener el biogás dentro de una campana formada por un tacho de plástico en trampa de agua (Fig. 5 y 6). El digester posee dos grifos, uno superior para controlar el nivel de líquido y uno inferior para el vaciado. Ambos tachos se conectan por mangueras de PVC y la campana de biogás se posee salida al exterior previo paso por un manómetro.

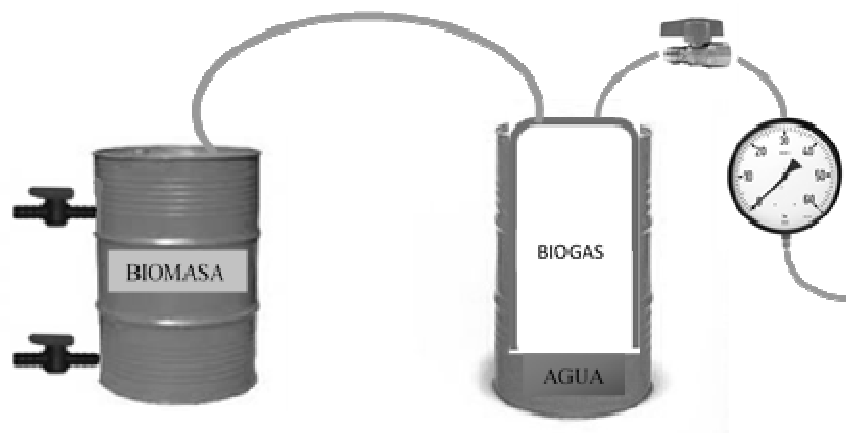


Figura 5. Esquema del biodigestor.



*Figura 6. Biodigestor. Tacho de la izquierda contiene la biomasa y el de la derecha la campana para recoger el biogás.*

Se cargó, las dos terceras partes del digestor con la mezcla, alcanzando un total de 120 kg de inóculo más vísceras.

La mezcla incorporada al fermentador, consistió en 50% estiércol de cerdo (inóculo) y 50% vísceras de pescados (sustrato). Se completó las dos terceras partes del volumen del fermentador, dejando la tercera parte libre para el biogás.

Los parámetros físico-químicos determinados fueron los mismos que los obtenidos durante la experiencia en laboratorio. Los resultados de los análisis se exponen en la tabla 3.

El contenido de metano en el biogás generado varió entre 45% y 60%. La máxima concentración de metano se obtuvo entre los días 45 y 58 del proceso de degradación.

Parámetros	Semana						
	1	2	3	4	5	6	7
DQO (mg/l)	13850	12775	10973	9785	8446	7432.5	5430
Ácidos libres	1011	342	171	118.5	106.9	42.8	42.8
Sólidos Totales (mg/l)	2488	2176	2154	2148	2134	1974	2148
Sólidos Fijos (mg/l)	190	1270	1134	1078	1094	1406	1222
Sólidos Volátiles (mg/l)	2298	906	1020	1106	1040	568	926

*Tabla N° 3: Parámetros seguidos en función de las semanas*

Los resultados de los análisis expuestos en la tabla 3, muestran que la reducción ha sido del 61%, es decir que el 39% quedó sin oxidarse, este parámetro resulta buen indicador del consumo de materia orgánica, lo que nos permitiría controlar el grado de digestión mediante su seguimiento.

#### **CONCLUSIONES**

Los resultados de este estudio muestran que técnicamente es factible producir biogás a partir de la digestión anaerobia de estiércol de cerdo más efluente de un frigorífico de peces.

Se pudo comprobar que los desechos producidos por el frigorífico de peces contienen una carga orgánica tal que precisa de tratamientos que ayuden a contrarrestarla. A tal fin se realizaron ensayos con biodigestores, que demostraron la factibilidad de utilizar estos residuos para la producción de biogás.

Los datos y conocimientos aportados en trabajo pueden considerarse como preliminares, sin embargo permitieron demostrar la factibilidad de utilizar estos residuos para la generación de energía útil.

La experiencia realizada a campo abierto mostró que la digestión anaeróbica de los efluentes del frigorífico, constituye una alternativa para el tratamiento de éstos, destinada a disminuir el impacto ambiental de la actividad; y al mismo tiempo podría ser aprovechado como un generador de biogás que contribuya proveyendo de energía auxiliar para uso en el establecimiento.

## REFERENCIAS

Angelidaki, I., M. Alves, D. Bolzonella, L. Borzacconi and J.L. Campos *et al.*, 2009. Defining the Biomethane Potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: A proposed protocol for batch assays. *Water Sci. Technol.*, 59: 927-934.

Guerrero E., Jhoniers y Ramírez F., Ignacio. 2004. Manejo ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios. *Scientia et Technica Año X, No 26*. UTP. ISSN: 0122-1701.

Karellas, S., I. Boukis and G. Kontopoulos. Development of an investment decision tool for biogas production from agricultural waste. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 14: 1273-1282. 2010.

Maldonado M, J. Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero. Universidad Nacional de Colombia. 1992

Muñoz Muñoz, Deyanira. Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor a 2000 habitantes. *Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. Vol. 3 ISSN-1909-9959.

Núñez F, Urrutia F, Gonzalez E, Urcelay S. Determinación química en excretas de cerdo sometidas a biodigestión anaeróbica en laboratorio. *Avances en Cs Veterinarias*. Vol 2. N° 1 42-46- 1987

Rivas Solano, Olga; Vargas, Margie Faith; Guillén Watson, Rossy . Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. *Tecnología en Marcha*, Vol. 23, N.º 1, Enero-Marzo 2010, P. 39-46.

Sievers, D, Brune D. Carbon/Nitrogen ratio and anaerobic digestion of swine waste. *Trans. ASAE; Am. Soc. Agric. Eng* 21; 537-541- 1978.

Uicab-Brito, C.A. Sandoval Castro -Uso Del Contenido Ruminal Y Algunos Residuos De La Industria Cárnica En La Elaboración De Composta L.A. - *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 2, Núm. 2, 2003, pp.45-63

## ABSTRACT

The characteristic parameters of the degradation of organic waste collected in a fish slaughterhouse located in Bella Vista – Corrientes- Argentina were study using 8 laboratory scale reactors and 200 l digester. Temperatures in both situations were between 25 and 35 ° C, hydraulic retention time 30 days, and the content of manure in suspension: 10%, 25%, 50% and 100% in the laboratory and 50% in the digester field. Laboratory reactors were operated batchwise. Biogas generated and accumulated were measured. Methane concentration varied between 45% and 60%. The anaerobic treatment of effluent collected in a slaughterhouse, is an option of biological and technical debugging generating useful energy.

**Keywords:** effluents, biogas, methane