

BIODIGESTION DE RESIDUOS FRIGORIFICOS:

EFLUENTES DEL CANAL DE LIQUIDOS VERDES

Eduardo S. GropPELLI, Alicia N. Arese, Hugo Flores, Julio D. Temperini,
Julián F. González, Esther R. de Schenquer, Orlando A. Arpesella.

Instituto de Estudios de la Energía (INEDE)
Facultad de Ingeniería Química - U.N. del Litoral
Santiago del Estero 2829 (3000) SANTA FE

RESUMEN

Se realizaron experiencias de fermentación metanogénica en escala laboratorio (sistema discontinuo) y escala semipiloto (sistema continuo) con residuos orgánicos del canal de líquidos verdes de un frigorífico de la zona. En todos los casos la temperatura de trabajo se mantuvo en el rango mesófilico. La concentración de la carga osciló entre los 7 y 9 % S.T. con 82 a 86 % S.V.

Para las fermentaciones discontinuas se utilizaron digestores de tres litros de volumen, colocados en baño termostático de agua a 35 °C, y se obtuvieron valores promedios de 315 (lt biogas a PTN / kg S.V. cargados) al cabo de doscientos días de operación. En la puesta en marcha de los digestores semipiloto se obtuvo una conversión máxima de materia orgánica en biogas que puede tomarse alrededor de 454 (lt biogas a PTN / kg S.V. adicional).

En funcionamiento continuo se trabajó con digestores de flujo pistón de veinte y treinta litros de volumen en un ambiente con aire termostaticado a 33 °C. Las experiencias arrojaron resultados de 440 (lt biogas a PTN / kg S.V. adicional) y 13,42 (lt biogas a PTN / kg S.V. en digestión.día), para un tiempo de retención de 31,6 días; 333 (lt biogas a PTN / kg S.V. adicional) y 14,04 (lt biogas a PTN / kg S.V. digestión.día), para un tiempo de retención de 23,2 días.

1. INTRODUCCION

El considerable incremento de la contaminación ambiental es un problema universal que está en relación directa con el aumento de la población y con la localización de asentamientos urbanos e industriales no planificados.

El vuelco indiscriminado de efluentes orgánicos en ríos, lagos, corrientes de agua, etc. produce desequilibrios ecológicos, pérdida de la capacidad autodepuradora de las aguas y consecuencias negativas para la existencia de especies biológicas que tradicionalmente son parte importante de los recursos destinados para la alimentación.

Las agroindustrias son generadoras de volúmenes considerables de residuos orgánicos con elevada carga contaminante, lo que hace necesario el tratamiento de los mismos en plantas depuradoras a fin de contribuir a la disminución de la contaminación ambiental previniendo la contaminación de arroyos y cursos de agua, y cumpliendo de esa manera, además, con las disposiciones reglamentarias oficiales al respecto. Esto implica inversiones para procesar materiales que no forman parte del producto elaborado pero que inciden económicamente aumentando su costo final, por lo cual será conveniente emplear sistemas eficientes de tratamiento de efluentes, con instalaciones adecuadamente diseñadas y que contemplen un uso racional de la energía.

La digestión anaeróbica, proceso biológico que convierte la materia orgánica en metano y dióxido de carbono en ausencia de oxígeno, puede emplearse para tratar los desechos orgánicos agroindustriales, ya que permite reducir la cantidad de materia orgánica polucionante y al mismo tiempo producir energía. La preeminencia de uno de estos dos objetivos sobre el otro depende de las necesidades de descontaminación del medio ambiente y de la naturaleza y origen del residuo e influirá decisivamente en el tipo y tamaño del digestor a adoptar, así como en sus condiciones de operación (1). Si al hecho de producir una corriente de biogas combustible, con un valor energético mayor que la energía necesaria pa-

ra mantener al sistema en su temperatura óptima cuando la materia orgánica está lo suficientemente concentrada, añadimos la obtención de un residuo estabilizado no contaminante con características fertilizantes y la pequeña o nula producción de malos olores, el proceso anaerobio para tratamiento de efluentes resulta una alternativa interesante.

La industria cárnica genera residuos como consecuencia de la faena de animales, la producción de subproductos, y de la limpieza de las instalaciones. Estos están compuestos por sustancias grasas, carbohidratos y proteínas, materiales de fácil descomposición que se retiran del establecimiento por arrastre con un gran caudal de agua. De acuerdo con reglamentaciones vigentes respecto a la evacuación de los efluentes frigoríficos, ésta se efectúa por dos canales:

- Canal de líquidos "verdes": donde descargan efluentes producidos en el lavado de camiones, corrales, bretes, contenido de panzas; lavado general de planta y playa de faena.

- Canal de líquidos "grasos": en él descargan los efluentes provenientes de playa de faena, por eviscerado y lavado de medias reses, lavado de panzas y menudencias, y efluentes en general de la planta.

El presente trabajo tiene por objetivo evaluar las características y digestibilidad de los residuos orgánicos del canal de líquidos verdes. Los datos experimentales obtenidos se usarán para resolver los balances de masa y energía que permitan determinar la factibilidad del empleo de la tecnología de digestión anaeróbica de efluentes frigoríficos en la región.

2. MATERIALES Y METODOS EMPLEADOS

La materia prima utilizada en las experiencias de fermentación metanogénica fue aportada por un frigorífico de la zona que faena vacunos (Frigorífico Rafaela S.A.). En el establecimiento existe actualmente un sistema de tratamiento primario de los residuos producidos en las distintas etapas del proceso consistente en piletas de decantación, de las cuales se tomó el material a fermentar.

Experiencias discontinuas de digestión anaeróbica:

Para efectuar las fermentaciones en

escala laboratorio se usaron frascos vidrio con boca ancha de tres litros volumen, provistos de un tubo de salida del biogas y una toma de muestra para determinar pH y eventualmente alimentar con solución de hidróxido de sodio al para corregirlo. La temperatura de trabajo se fijó en 35 °C colocando los gestores en un baño termostático de agua.

Se analizó el material empleado en distintos ensayos y se determinó humedad, sólidos volátiles, cenizas, carbono y nitrógeno. Los resultados se presentan en el Cuadro N° 1. La relación C con que se trabajó osciló en 27, valor dentro del rango recomendado para este col vacuno (2). Se usó inóculo proveniente de la planta de digestión anaerobia de aguas cloacales de la ciudad de Rafaela. El pH se mantuvo entre 7 y 7,5. La masa en digestión se agitó en forma manual diariamente durante un minuto. El biogas se recogió en gasómetros con sello de agua y se midió el volumen diario de gas producido. La duración de las experiencias fue de doscientos días.

EXPERIENCIA N°	2	5	6
Humedad (%)	92,00	91,24	93,00
Sólidos Totales (%)	8,00	8,76	6,97
Sólidos Volátiles (%)	6,93	7,54	6,24
Cenizas (%)	1,07	1,22	0,73
Carbono (sobre base seca)	42,63	42,63	42,63
Nitrógeno (sobre base seca)	1,63	1,63	1,63

Cuadro N° 1: Características de los materiales fermentados en forma discontinua.

Experiencias continuas de digestión anaeróbica:

A fin de obtener datos de productividad (m^3 gas / m^3 dig. día), útiles para el dimensionamiento del digester, se realizaron experiencias en escala semipilota en dos digestores de forma cilíndrica uno de veinte litros de volumen total otro de treinta litros (Figura N° 1) se ubicaron en un ambiente con aire termostático, a aproximadamente 33 °C. Dado que no se dispuso de agitación los digestores pueden considerarse como "jato pistón". Solamente se colocó un agitador de paletas en la parte inferior de uno de los digestores a efectos de distribuir la alimentación entrante.

En la etapa de puesta en régimen se

BIODIGESTION DE RESIDUOS FRIGORIFICOS:

EFLUENTES DEL CANAL DE LIQUIDOS VERDES

Eduardo S. GropPELLI, Alicia N. Arese, Hugo Flores, Julio D. Temperini,
Julián F. González, Esther R. de Schenquer, Orlando A. Arpesella.

Instituto de Estudios de la Energía (INEDE)
Facultad de Ingeniería Química - U.N. del Litoral
Santiago del Estero 2829 (3000) SANTA FE

RESUMEN

Se realizaron experiencias de fermentación metanogénica en escala laboratorio (sistema discontinuo) y escala semipiloto (sistema continuo) con residuos orgánicos del canal de líquidos verdes de un frigorífico de la zona. En todos los casos la temperatura de trabajo se mantuvo en el rango mesófilico. La concentración de la carga osciló entre los 7 y 9 % S.T. con 82 a 86 % S.V.

Para las fermentaciones discontinuas se utilizaron digestores de tres litros de volumen, colocados en baño termostático de agua a 35 °C, y se obtuvieron valores promedios de 315 (lt biogas a PTN / kg S.V. cargados) al cabo de doscientos días de operación. En la puesta en marcha de los digestores semipiloto se obtuvo una conversión máxima de materia orgánica en biogas que puede tomarse alrededor de 454 (lt biogas a PTN / kg S.V. adicional).

En funcionamiento continuo se trabajó con digestores de flujo pistón de veinte y treinta litros de volumen en un ambiente con aire termostático a 33 °C. Las experiencias arrojaron resultados de 440 (lt biogas a PTN / kg S.V. adicional) y 13,42 (lt biogas a PTN / kg S.V. en digestión.día), para un tiempo de retención de 31,6 días; 333 (lt biogas a PTN / kg S.V. adicional) y 14,04 (lt biogas a PTN / kg S.V. digestión.día), para un tiempo de retención de 23,2 días.

1. INTRODUCCION

El considerable incremento de la contaminación ambiental es un problema universal que está en relación directa con el aumento de la población y con la localización de asentamientos urbanos e industriales no planificados.

El vuelco indiscriminado de efluentes orgánicos en ríos, lagos, corrientes de agua, etc. produce desequilibrios ecológicos, pérdida de la capacidad autodepuradora de las aguas y consecuencias negativas para la existencia de especies biológicas que tradicionalmente son parte importante de los recursos destinados para la alimentación.

Las agroindustrias son generadoras de volúmenes considerables de residuos orgánicos con elevada carga contaminante, lo que hace necesario el tratamiento de los mismos en plantas depuradoras a fin de contribuir a la disminución de la contaminación ambiental previniendo la contaminación de arroyos y cursos de agua, y cumpliendo de esa manera, además, con las disposiciones reglamentarias oficiales al respecto. Esto implica inversiones para procesar materiales que no forman parte del producto elaborado pero que inciden económicamente aumentando su costo final, por lo cual será conveniente emplear sistemas eficientes de tratamiento de efluentes, con instalaciones adecuadamente diseñadas y que contemplen un uso racional de la energía.

La digestión anaeróbica, proceso biológico que convierte la materia orgánica en metano y dióxido de carbono en ausencia de oxígeno, puede emplearse para tratar los desechos orgánicos agroindustriales, ya que permite reducir la cantidad de materia orgánica polucionante y al mismo tiempo producir energía. La preeminencia de uno de estos dos objetivos sobre el otro depende de las necesidades de descontaminación del medio ambiente y de la naturaleza y origen del residuo e influirá decisivamente en el tipo y tamaño del digestor a adoptar, así como en sus condiciones de operación (1). Si al hecho de producir una corriente de biogas combustible, con un valor energético mayor que la energía necesaria pa-

ra mantener al sistema en su temperatura óptima cuando la materia orgánica está lo suficientemente concentrada, añadimos la obtención de un residuo estabilizado no contaminante con características fertilizantes y la pequeña o nula producción de malos olores, el proceso anaerobio para tratamiento de efluentes resulta una alternativa interesante.

La industria cárnica genera residuos como consecuencia de la faena de animales, la producción de subproductos, y de la limpieza de las instalaciones. Estos están compuestos por sustancias grasas, carbohidratos y proteínas, materiales de fácil descomposición que se retiran del establecimiento por arrastre con un gran caudal de agua. De acuerdo con reglamentaciones vigentes respecto a la evacuación de los efluentes frigoríficos, ésta se efectúa por dos canales:

- Canal de líquidos "verdes": donde descargan efluentes producidos en el lavado de camiones, corrales, bretes, contenido de panzas; lavado general de planta y playa de faena.

- Canal de líquidos "grasos": en él descargan los efluentes provenientes de playa de faena, por eviscerado y lavado de medias reses, lavado de panzas y menudencias, y efluentes en general de la planta.

El presente trabajo tiene por objetivo evaluar las características y digestibilidad de los residuos orgánicos del canal de líquidos verdes. Los datos experimentales obtenidos se usarán para resolver los balances de masa y energía que permitan determinar la factibilidad del empleo de la tecnología de digestión anaeróbica de efluentes frigoríficos en la región.

2. MATERIALES Y METODOS EMPLEADOS

La materia prima utilizada en las experiencias de fermentación metanogénica fue aportada por un frigorífico de la zona que faena vacunos (Frigorífico Rafaela S.A.). En el establecimiento existe actualmente un sistema de tratamiento primario de los residuos producidos en las distintas etapas del proceso consistente en piletas de decantación, de las cuales se tomó el material a fermentar.

Experiencias discontinuas de digestión anaeróbica:

Para efectuar las fermentaciones en

escala laboratorio se usaron frascos de vidrio con boca ancha de tres litros de volumen, provistos de un tubo de salida del biogas y una toma de muestra para determinar pH y eventualmente alimentar con solución de hidróxido de sodio para corregirlo. La temperatura de trabajo se fijó en 35 °C colocando los frascos en un baño termostático de agua.

Se analizó el material empleado en los distintos ensayos y se determinó humedad, sólidos volátiles, cenizas, carbono y nitrógeno. Los resultados se presentan en el Cuadro N° 1. La relación C/N con que se trabajó osciló en 27, valor dentro del rango recomendado para este tipo de cultivo (2). Se usó inóculo proveniente de la planta de digestión anaeróbica de aguas cloacales de la ciudad de Rafaela. El pH se mantuvo entre 7 y 7,5. La masa en digestión se agitó en forma manual diariamente durante un minuto. El biogas se recogió en gasómetros con un litro de agua y se midió el volumen diario de gas producido. La duración de las experiencias fue de doscientos días.

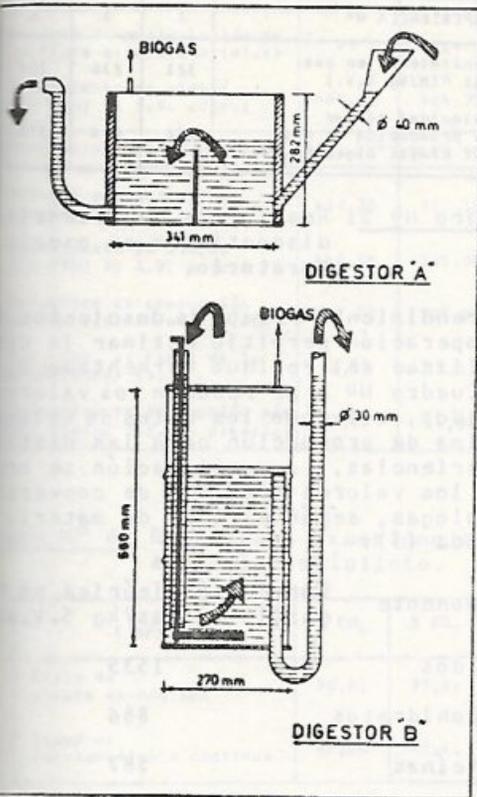
EXPERIENCIA N°	2	5	6
Humedad (%)	92,00	91,24	93,00
Sólidos Totales (%)	8,00	8,76	6,97
Sólidos Volátiles (%)	6,93	7,54	6,24
Cenizas (%)	1,07	1,22	0,73
Carbono (sobre base seca)	42,63	42,63	42,63
Nitrógeno (sobre base seca)	1,63	1,63	1,63

Cuadro N° 1: Características de los materiales fermentados en forma discontinua.

Experiencias continuas de digestión anaeróbica:

A fin de obtener datos de productividad (m^3 gas / m^3 dig. día), útiles para el dimensionamiento del digestor, se realizaron experiencias en escala semipilota en dos digestores de forma cilíndrica, uno de veinte litros de volumen total y otro de treinta litros (Figura N° 1) que se ubicaron en un ambiente con aire termostático, a aproximadamente 33 °C. Dado que no se dispuso de agitación los digestores pueden considerarse como "estático pistón". Solamente se colocó un agitador de paletas en la parte inferior de uno de los digestores a efectos de distribuir la alimentación entrante.

En la etapa de puesta en régimen se



Cuadro No 1: Digestores continuos a escala semipiloto.

VARIABLES	DIG. "A"	DIG. "B"
Volumen total (lt)	20	30
Volumen biomasa (lt)	13,417	21,150
Tiempo de funcionamiento discontinuo (días)	188	182

Cuadro No 2: Condiciones de funcionamiento de los digestores en escala semipiloto durante la puesta en régimen.

en forma discontinua en las condiciones que se resumen en el Cuadro No 2. No se agregó ningún tipo de inóculo, por lo que fue necesario un periodo de aclimatación de la flora microbiana acidogénica y acetogénica-mesofílica presente naturalmente en el material tratado, a las condiciones y temperatura de trabajo para obtener el equilibrio fisicoquímico-microbiológico del sistema y posibilitar una buena producción de gas. Durante este tiempo fue preciso controlar diariamente

el pH mediante la adición de solución de hidróxido de sodio. Logrado el equilibrio de la biomasa en digestión, no fue necesario hacer ninguna corrección posterior, estabilizándose el pH en aproximadamente 7,2.

Al degradarse el material cargado inicialmente (demostrado por la baja producción de biogás), se comenzó la alimentación y descarga periódica de los digestores en las condiciones que se detallan en el Cuadro No 3.

VARIABLES	DIG. "A"	DIG. "B"
Velocidad de carga volumétrica (kg S.V./m ³ dig.dfa)	1,20	1,08
Período de funcionamiento en régimen (días)	59	47
Presión de trabajo del digestor (mm de agua)	226	165
Tiempo de residencia	31,50	23,20

Cuadro No 3: Condiciones de funcionamiento en régimen de los digestores en escala semipiloto.

En el Cuadro No 4 se presentan las características del material con el cual se cargaron inicialmente los digestores y del material de carga en funcionamiento en régimen. Al igual que en las experiencias en escala laboratorio, se recogió el gas en gasómetros con sello de agua y diariamente se midió el volumen de biogás producido.

COMPOSICION	CARCA PUESTA EN REGIMEN		CARCA CONTINUA	
	DIG. "A"	DIG. "B"	DIG. "A"	DIG. "B"
Humedad (%)	90,17	94,37	93,85	94,29
Sól. Tot. (%)	9,83	5,63	6,15	5,71
Sól. Volát. (%)	8,02	4,55	5,36	5,02
Cenizas (%)	1,81	1,08	0,79	0,69
Relación C/N	33,5	35,3	--	--

Cuadro No 4: Características del material usado en fermentaciones continuas a escala semipiloto.

Métodos analíticos:

Los análisis realizados sobre las materias primas se llevaron a cabo en base a los siguientes métodos:

Humedad: hasta pesada constante en estufa a 80 °C.

Cenizas: calcinación de la muestra por una hora y media a 550 °C.

Sólidos Totales: por diferencia entre peso total y humedad.

Sólidos Volátiles: por diferencia entre sólidos totales y cenizas.

Carbono: por la técnica de Walkey-Black.

Nitrógeno: por el método Kjeldahl.

Se contrastaron las dos últimas determinaciones con un analizador automático Carlo Erba de carbono, hidrógeno y nitrógeno utilizando helio como transportador, obteniéndose valores similares con ambos métodos.

Sobre el biogas producido se analizó metano, anhídrido carbónico y aire-humedad, empleando un cromatógrafo gaseoso con detector de conductividad térmica a temperatura ambiente. Se usó una columna de tres metros de longitud y un octavo de pulgada de diámetro, rellena con PORAPAK Q (malla 50-80) con hidrógeno como transportador (50 ml/min).

En el residuo digerido se determinó el porcentaje de carbono por el método de Walkey-Black, fósforo por digestión ácida con ácido sulfúrico y método fotocolorimétrico con vanadato como reactivo, y nitrógeno por Kjeldahl.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

En funcionamiento discontinuo a escala laboratorio se obtuvieron valores de rendimiento en biogas B (lt PTN / kg S.V.), (Figura N° 2) en función del tiempo.

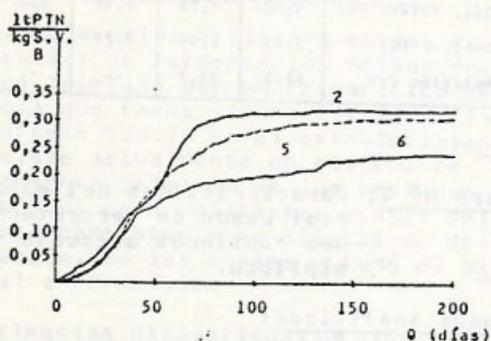


Figura N° 2: Producción de biogas en funcionamiento discontinuo a escala laboratorio.

EXPERIENCIA N°	2	5	6
Rendimiento en gas (lt PTN/kg S.V.)	321	236	308
Velocidad máxima de producción de gas (lt PTN/lt digestor.d(a))	376	448	370

Cuadro N° 5: Resultados experiencia discontinuas en escala laboratorio.

El rendimiento al cabo de doscientos días de operación permitió estimar la disponibilidad del residuo fermentado B₀. En el Cuadro N° 5 se resumen los valores obtenidos, así como los datos de velocidad máxima de producción para las distintas experiencias, y a continuación se presentan los valores teóricos de conversión en biogas, según el tipo de materia orgánica (3):

Componente	Conversión Teórica en gas (lt biogas/kg S.V.)
Lípidos	1535
Carbohidratos	886
Proteínas	587

Sobre el valor máximo teórico sólo se tiene un determinado porcentaje de la materia orgánica (orden del 10%) se consume en síntesis de nuevas células y que ciertos tipos de compuestos como lignina, paja, etc. son fácilmente digeribles por los organismos de la flora anaeróbica-facultativa presente.

El análisis del residuo digerido de la Experiencia N° 2 arrojó los siguientes resultados:

Materia orgánica	81%
Nitrógeno	1,73%
Fósforo	1,38%

Estos son comparables a los citados en la bibliografía (2) para estiércol vacuno.

En funcionamiento continuo se obtuvieron valores promedio de rendimiento en biogas B₀ = 454 (lt PTN / kg S.V.) durante el período de puesta en régimen. Los resultados de las experiencias a escala semipiloto se representan en el Cuadro N° 6. Los valores obtenidos son sensiblemente menores a los mencionados para el estiércol vacuno (4).

Se hicieron algunas determinaciones

PUESTA EN REGIMEN	DIG. "A"	DIG. "B"
Período de aclimatación de la flora microbiana (días)	29	24
Rendimiento en biogas (lt PTN/ kg S.V. adic.)	464,61	444,95
FUNCIONAMIENTO EN REGIMEN	DIG. "A"	DIG. "B"
Volumen producido de biogas (lt PTN)	417,75	351,10
Rendimiento en biogas (lt PTN/ kg S.V. adic.)	440,04	333,00
Velocidad de producción máxima (lt PTN/m ³ dig.día)	267,00	700,00
Ed. Tot. al final de la experiencia (%)	70,53	49,83
Velocidad de producción máx (lt PTN/kg S.V. en dig.día)	13,42	14,04

Carbono (%)	32,22
Fósforo (P ₂ O ₅) (%)	0,81
Nitrógeno (%)	2,41
Relación C/N	13,36

Cuadro N° 8: Composición del residuo digerido - Digestor "A".

observan en el Cuadro N° 8 y son comparables a los bibliográficos (2). La relación C/N es similar a la del humus (aproximadamente 10), lo que facilita la humificación del residuo cuando se lo utiliza como fertilizante (6).

La presencia en el material tratado de detergentes y compuestos ácido-básicos que se usan en el lavado de la planta, no produjo inhibición sobre la fermentación metanogénica debido probablemente a los relativamente elevados tiempos de retención con los que se trabajó (7).

Cuadro N° 6: Resultados experiencias a escala semipiloto.

ETAPAS	% CH ₄	% CO ₂
Etapa de puesta en régimen	50,81	37,06
Etapa de funcionamiento continuo	42,64	49,61

Cuadro N° 7: Composición del biogas - Digestor "A".

Composición del biogas producido, que se detallan en el Cuadro N° 7. Los resultados para funcionamiento en puesta en régimen están dentro de los esperados para estiércol vacuno (2). Se presenta cierta disminución del porcentaje de metano en el período de carga continua, lo cual posiblemente se deba a la existencia de aire en la carga y/o alguna pequeña filtración de aire durante la operación de alimentación al digestor. Este aire, debido a la presencia de la flora facultativa se convierte en dióxido de carbono.

La reducción de la carga contaminante de los residuos del canal de línea verde que se logra con la fermentación metanogénica de los mismos se puede estimar a través de la producción total acumulada de biogas (5), y resultó de un 42,84% para la experiencia del digestor "A".

Se tomaron muestras del residuo digerido obtenido del digestor "A" luego del período de puesta en régimen, se determinaron concentraciones de carbono, fósforo y nitrógeno. Los resultados se

4. CONCLUSIONES

- Se digirieron en forma satisfactoria a temperatura mesofílica, efluentes del canal de líquidos verdes de un frigorífico que faena vacunos, en sistemas discontinuos a escala laboratorio y continuos en escala semipiloto.

- La conversión de materia orgánica en biogas podría aumentarse trabajando con mayores tiempos de retención.

- El residuo obtenido se presenta estabilizado sin despedir malos olores y su relación C/N, similar a la del humus, posibilita su uso como abono o enmienda para suelos cultivables, huertas, jardines, etc.

- La reducción de la carga contaminante alcanzada puede mejorarse ajustando los parámetros de diseño y funcionamiento de los digestores y tendiendo a lograr un aprovechamiento integral de los residuos del canal de líquidos verdes y líquidos grasos.

- El análisis de los resultados experimentales permite vislumbrar la factibilidad del empleo del proceso de digestión anaerobia dentro de un programa global de tratamiento de efluentes frigoríficos.

5. NOMENCLATURA

PTN: presión y temperatura normales (760 mm Hg y 0 °C).

S.V.: sólidos volátiles.

S.T.: sólidos totales

6. BIBLIOGRAFIA

- (1)- París J.M., Lema J.M, Casas C., "Criterios de selección de tecnología en la digestión anaerobia de aguas residuales", Rev. Ing. Qca. (1983).
- (2)- Gil Espinosa E.C., Hilbert J.A., Bogliani M.P., "Biogas-Energía y biofertilización", INTA Castejar (1983).
- (3)- Hawhes D.L., "Factors affecting net energy production from mesophilic anaerobic digestion", Inter.Symp. on Anaerobic Digestion, Cardiff, Escocia (1979).
- (4)- Chen Y.R., Hashimoto A.G., "Kinetics of methane fermentation", Biotech.and Bioeng. Symp. N° 8, 269 (1978).
- (5)- Chen Y.R., Varel V.H., Hashimoto A.G., "Effect of temperature on methane fermentation kinetics of beef-cattle manure", Biotech.and Bioeng. Symp. N° 10, 325 (1980).
- (6)- Flors A., Lequerica J.L., Madero A., Vallés S., "Producción de metano por fermentación anaerobia.III. Estado de la tecnología", Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment., 20, 4, (1980).
- (7)- Olthof H., Oleszkiewicz J., "Anaerobic treatment of industrial wastewaters", Chem.Eng., 89, 23, (1982).