

EL CONTENIDO RUMINAL COMO RESIDUO DEL PROCESO FABRIL DE LA INDUSTRIA CÁRNICA Y LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE Y ABONOS ORGÁNICOS

Por M. Sc. Denny Rodríguez Alarcón*

* Dirección de Economía y Planificación. Poder Popular Granma, Cuba.

E-mail: denny@mzlllo.capgrm.co.cu

Resumen

La generación de los desechos orgánicos sólidos y agua residual del proceso industrial con altas cargas contaminantes es una problemática ambiental mundial, y en especial los que se generan en la industria cárnica; y al mezclarse estos en los efluentes del sistema de evacuación la carga orgánica se eleva más todavía, en valores que alcanzan los 1.00 (MTon/año) , y la problemática es mayor, siendo casi nulos el manejo y aprovechamiento.

Este trabajo realiza una descripción sobre el manejo de los desechos del proceso industrial, en especial la industria cárnica, es por ello que lejos de ver a los desechos como un contaminante, contenido ruminal unos 1.00 (MTon/año) , y un agua residual que alcanza un volumen promedio de unos $10.5 \text{ m}^3/\text{d}$, se le debe de prestar atención a la potencialidad que tienen los mismos para la obtención de biogás: unos $207.1 \text{ m}^3/\text{d}$, como fuente de energía renovable, la sustitución de abonos químicos convencionales por orgánicos unos $26,94 \text{ (MTon/año)}$ y su significado desde el punto de vista económico, unos $1807,93 \text{ (MM \$ USD/año)}$, y la estimación de las contaminaciones que estos emiten al medioambiente $12634.1 \text{ (Ton CO}_2\text{)}$ y $8992 \text{ (kg DQO/año)}$. En la mayoría de los casos el desarrollo de estas tecnologías en nuestro país se ha quedado en simples demostraciones.

Palabras clave: Contenido ruminal, energía no convencional, problemas medioambientales, bioabono.

THE RUMEN CONTENTS WASTE AS A MANUFACTURING PROCESS FOR PRODUCING MEAT INDUSTRY AND RENEWABLE ENERGY AND ORGANIC FERTILIZERS

Abstract

The generation of waste organic solids and residual water of industrial process with discharges loads pollutants are a world environmental problem, and especially, those generated by the meat industry, and when mixing the same ones in efluentes of evacuation system, the organic load rises, but still value that reach those and this problem is bigger, being almost null its handling and use.

At work a description on the handling of the waste matter of the industrial process comes true, specially instructs her meat, you are for it than far from seeing towards the waste matter like a contaminant, contents ruminal 1.00 (MTon/año) , and of residual water attains an average volume $10.5 \text{ m}^3/\text{d}$, they are supposed to pay attention to the potentiality that they have the same as to obtaining: of biogas $207.1 \text{ m}^3/\text{d}$, like source of renewable energy, the substitution of chemical conventional payments for organic ones $26,94 \text{ (MTon/año)}$ his significance from the economic approach $1807,93 \text{ (MM \$ USD/año)}$, and the amount of the contaminations that these emit to the ambient $12634.1 \text{ (Ton CO}_2\text{)}$ and $8992 \text{ (kg DQO/año)}$. For the most part the development of these technologies at our country has remained in simple demonstrations.

Keywords: Rumen contents, non conventional fuels, world environmental problem.

I. Introducción

Actualmente la generación de los desechos orgánicos es uno de los principales causantes de contaminación ambiental en nuestro país, debido a que se producen en grandes volúmenes, se acumulan en espacios inadecuados, muchas veces es necesario emplear combustible para llevarlos hasta el vertedero y de esta manera contribuir aún más a la contaminación ambiental [Marcos Hernández, 2016].

Por otra parte, en muchos países las empresas que conforman la industria cárnica y, en especial, los mataderos, se han clasificado dentro del grupo de empresas que presentan una alternativa valiosa de recursos energéticos para la industria, por medio de los desechos que se producen en estos lugares. Un uso adecuado de estos desechos no solamente redundará en beneficio de la producción fabril, sino que también contribuirá a la protección ambiental.

Con base a lo anterior, podemos hacer notar que todos los sectores productivos generan residuos propios de su sistema, que en algunos casos tienen alguna aplicación. Del total de residuos orgánicos, con respecto a su uso poco se ha avanzado, ya que su manejo es difícil al estar mezclado con otros materiales. Sin embargo, uno de los procesos que menos se emplea es el tratamiento anaeróbico de estos residuos; en el mismo no solo se elimina al desecho, sino que también se puede producir un material útil como abono agrícola.

El caso de estudio es la UEB Raúl Chacón Jorge, Combinado Cárnico donde el contenido ruminal es uno de los contaminantes con mayor impacto ambiental; este genera una alta carga orgánica en los efluentes de esta industria, que por su forma de depósito llegan a fosas sépticas, basureros municipales y sus aguas residuales penetran en el manto acuífero con un tratamiento poco eficaz, fomentando la contaminación. Sin embargo, el contenido ruminal en lugar de ser visto como un contaminante es una fuente valiosa de producción de energía cuando se incorpora a la

generación de biogás, debido a que representa el alimento no digerido ingerido por los poligástricos, que posee una gran cantidad microbiana que acelerará el proceso de digestión anaerobia.

II. Materiales y métodos

Recopilación, sistematización y análisis de la información recopilada de las fuentes secundarias. Caso de estudio Combinado Cárnico UEB Raúl Chacón Jorge, de Manzanillo.

Con el apoyo de los departamentos de Economía, Mantenimiento y los trabajadores de la entidad, se recopiló la información de los registros de residuos diarios que se generan en el proceso de la matanza del ganado mayor. Esto permite el procesamiento de datos cuantitativos y cualitativos, con el fin de obtener el porcentaje de residuos de forma general que genera esta institución; además, se tuvieron en cuenta documentos técnicos, medios de prensa, folletos informativos, hojas de cálculos, estudios de casos similares, software aplicados y documentos académicos relacionados con el área de estudio, entre otros.

Caracterización de residuos generados por el proceso fabril

El rumen en animales adultos puede contener hasta 100-120 Kg de materia en digestión, las partículas de fibra permanecen en él de 20 a 48 horas debido a que la fermentación bacteriana es un proceso lento [Marcos Hernández, 2016]. Inicialmente se realiza un análisis del porcentaje que representa el rumen como residuo generado, según [Colectivo de autores, 2006], arrojando así información cuantitativa y cualitativa de los datos con los cuales se interactúan.

Por lo observado en la tabla 1 se obtuvo en 2018 un promedio de 1006,45 toneladas de desperdicios, que van a parar al vertedero municipal e incrementan la contaminación ambiental.

Tabla1. Desperdicio ganado vacuno*

Desperdicio ganado vacuno (Año de referencia 2018) UM (Ton)							
Mes	Cant. vacas	Peso pie	Peso unitario	Banda	Cuero	Desperdicio Día	Mes
Enero	448	5,77	0,31	2,59	0,37	2,30	55,29
Febrero	389	5,77	0,35	2,36	0,34	2,61	62,67
Marzo	662	9,40	0,21	3,92	0,53	4,17	100,16
Abril	661	8,95	0,21	3,87	0,54	3,76	90,33
Mayo	704	9,67	0,20	4,00	0,60	4,27	102,39
Junio	677	9,59	0,20	4,03	0,59	4,16	99,91
Julio	510	7,57	0,27	3,21	0,47	3,25	77,96
Agosto	579	8,24	0,24	3,54	0,51	3,48	83,51
Septiembre	513	7,61	0,27	3,27	0,51	3,17	76,20
Octubre	493	7,58	0,28	3,49	0,42	2,98	71,41
Noviembre	631	9,52	0,22	4,11	0,59	3,99	95,82
Diciembre	597	8,63	0,23	3,65	0,46	3,78	90,80
Total año	6864	98,30708		42,04	5,92		1006,45

*Datos obtenidos por el autor, in situ.

III. Resultados y discusión

Cálculo de la carga orgánica total que le aporta el rumen al agua que circula por el interior del recinto de la matanza.

Por estudios de laboratorio, que se le realizaron a una muestra determinada de rumen, se obtuvieron los resultados siguientes que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Caracterización del rumen

Peso rumen muestreado (g)	Peso seco (g)	% de sólidos totales
67,53	8,03	88,11
71,62	8,95	87,50
71,69	8,63	87,97
70,37	8,12	88,47
72,2	7,84	89,14

Según el peso promedio del rumen obtenido, 3,49 Ton, esto representa 0,38 Ton de material seco [Rodríguez Alarcón, 2012].

Caracterización de residuos sólidos de origen industrial y estimación del potencial de biogás

El contenido estomacal e intestinal, denominado contenido ruminal, tiene una alta carga contaminante [Marcos Hernández, 2016] y van al depósito de recogida. Se pudo establecer la cantidad que se dispone (Tablas 3 y 4). Para ello se utilizó el software de cálculo [Hilbert, 2011].

Caracterización del agua residual que se utilizara para la preparación de la mezcla

Para el cálculo se utilizan los datos obtenidos por el estudio realizado por GEOCUBA [Colectivo de autores, 2018] de las aguas residuales, y se propone un biodigestor UASB que alcanza una eficiencia de 70 % (Chernicharo de Lemus, 2007) y si tenemos en cuenta que las proporciones recomendadas para la preparación de la carga está entre 1÷3 veces la cantidad de agua por residuos, seleccionamos la mayor proporción al ser este un material que no se encuentra totalmente degradado y contiene gran contenido de material sólido.

Tabla 3. Características del contenido ruminal

Tipo de residuo	ST ($\frac{g}{kg}$)	MO (%ST)	Carga orgánica ($\frac{kg_{ST}}{m^3 d}$)	Índice de metano ($\frac{m^3}{kg_{ST}}$)
Contenido ruminal	115 - 120	90 - 95	3,6	0,27

Tabla 4. Generación de biogás según residuos generados

Tipo de residuos generada		Concentración		Rendimiento		Generación de biogás	
Descripción	$kg_{S_{total}}$	Sólidos volátiles Mínima %	Sólidos volátiles Máxima %	Mínimo l/KgSV	Máximo l/KgSV	Mínima	Máxima
Rumen sin tratamiento *	3495	12** 12,3***	16** 15,8***	30**	60**	34,52	92,10

** Análisis de Laboratorio Empresa Comandante Manuel Fajardo.

***[Marcos Hernández, 2016].

Aplicando el procedimiento desarrollado (Chernicharo de Lemus, 2007):

$$S_{DQO_{Afinente}} = 51.4 \frac{kg_{DQO}}{m^3} \quad S_{DQO_{Zafra}} = 35.98 \frac{kg_{DQO}}{m^3}$$

[Colectivo de autores, 2009]

Caudal de agua residual $Q_{ar} = 10.5 m^3/d$

Presión atmosférica $P = 1.017 atm$

DQO correspondiente a un mol de CH₄

$$K_{DQO} = 64 \frac{kg_{DQO}}{mol}$$

Constante de los gases $R = 0.08206 \text{ atm ltsmol}^{-1} K$

Temperatura de trabajo $T = 25^\circ C$

Coefficiente de producción de sólidos en el sistema, en términos de DQO: $Y_{DQO} = 0.11 + 0.23 \frac{kg_{DQO}}{kg_{DQO}}$, seleccionamos un valor medio 0,17.

Considerando que la cantidad de metano presente en el biogás de acuerdo a varios autores es del orden de 60 a 70 %.

Corrigiendo el factor de temperatura de operaciones del reactor, mediante la expresión siguiente:

$$f(T) = \frac{P \times K_{DQO}}{R \times (273 + T)} \quad (kg_{DQO} m^3) \quad (1)$$

Donde: $f(T)$ factor de corrección para la temperatura operacional del reactor y se obtiene que $f(T) = 2.74$

$$(kg_{DQO} m^3)$$

Cálculo de la DQO_{CH_4} producida en función de la carga contaminante, el caudal de agua y coeficiente de producción de sólidos en el sistema:

$$DQO_{CH_4} = Q_{ar} \times (S_p - S) - Y_{DQO} \times S_p \quad (kg) \quad (2)$$

Sustituyendo en la ecuación (2) obtenemos que

$$DQO_{CH_4} = 70.1 \text{ kg}$$

Por lo tanto, para calcular el volumen teórico de gas metano se utiliza ecuación la siguiente:

$$Q_{CH_4} = DQO_{CH_4} / (V) \quad (w/d) \quad (3)$$

Donde:

Q_c Es la producción volumétrica de metano, y al sustituir los valores en la ecuación (3) se tiene que el volumen de metano es $Q_{CH_4} = 192 \text{ m}^3/d$

Como el gas metano representa aproximadamente 60 % del biogás, entonces el volumen teórico de biogás se obtiene por medio de la ecuación (4):

$$Q_{Biogas} = Q_{CH_4} / 0.6 = 115 \text{ m}^3 \quad (4)$$

Donde: Q_{Biogas} Es la producción volumétrica de biogás m^3/d

El bioabono resultante

Como resultado del proceso de digestión anaerobia, además de biogás se obtiene un residual líquido y un lodo

digerido, ambos con muy buenas propiedades fertilizantes [Marcos Hernández, 2016], y utilizando la hoja de cálculo [Hilbert, 2011], se obtienen los resultados que se muestran en las Tablas 5 y 6.

Con un porcentaje de pérdidas (%) para el

$$N_{Total} \rightarrow 60, P_{2O_5Total} \rightarrow 40$$

$$N_{Total\ Generado} = N_{Total} * \left(\frac{100 - \% \text{ Pérdidas } N}{100} \right)$$

Valoración de los impactos medioambientales y socio-económicos

Contrariamente a lo que sucede con los combustibles fósiles, el uso de la biomasa como alternativa en los combustible garantiza que el CO_2 , liberado a la atmósfera forme parte del ciclo natural del carbono, por lo que para este análisis no se toman las concentraciones emitidas como válidas; sin embargo, teniendo en cuenta que el CH_4 producido será quemado, convirtiéndose en CO_2 y agua, es decir $1 \text{ Ton}_{CH_4} = 32 \text{ Ton}_{CO_2Dias}$. Ver Tabla 7

Si consideramos estos servicios obtenidos en función de los acuerdos de compras de CERs por el Banco Mundial, obtendríamos lo siguiente (Tabla 8):

Tabla 5. Residual líquido y un lodo digerido según tipo de animal

Residuo	Cant.	Producción kg/d					
		Residual húmedo		Bioabono líquido		Bioabono sólido	
		kg/d animal	Año (MTon)	(Litros)	Año (MTon)	kg/d animal	Año (MTon)
Rumen	3494,63	21,2	26 939,38	8,44	10 765,55	12,67	16 161,1

Tabla 6. Concentración de nutrientes (en % de sólidos totales) encontrados en efluentes de biodigestores con diferentes tipos de excretas

Tipo de excreta	N_{RAG}	N_T	$N_{Total\ Generado}$	P_{2O_5}	$P_{2O_{5T}}$	$P_{2O_{5Total\ Generado}}$
Rumen	20,00	183,96	73,60	7,00	64,38	38,63

Tabla 7. Tabla de resultados de la disminución de carga contaminante y toneladas de CO_2 dejadas de emitir a la atmósfera

Por uso de biodigestor UASB	Disminución de la carga contaminante	Toneladas de CO_2 dejadas de emitir a la atmósfera
	Kg/día	Ton/día
Contenido ruminal	12 564	4912
Agua residual	70,1	3680
Total	12 634,1	8592

Tabla 8. Precios de ventas a los diferentes derivados del biogás al Banco Mundial [International Price, 2016]

Producto	Precios	Producción y ventas de CERs al Banco Mundial
Biogás	0,18 $\left(\frac{\$_{USD}}{m^3}\right)$	207,1 (m^3) 37,30 $(\$_{USD})$
Lodos fertilizantes	67,11 $\left(\frac{\$_{USD}}{Ton}\right)$	26,94 $(MMTon/año)$ 1'807,9 $(MM\$_{USD})$
Certificado CERs	4 $\left(\frac{\$_{USD}}{Ton_{CO_2}}\right)$	8,6 $(MTon/año)$ 34,4 $(M\$_{USD})$

IV. Conclusiones

Beneficios económicos, aporte social comunitario y al entorno laboral

- Una inversión muy rentable, no un gasto.
- Mejor conservación de las instalaciones de evacuación del residual y menor intensidad en su necesidad de mantenimiento, al no ser necesario quitar las costras, que no existen, ni limpiar las fosas y no atacarlas los gases.
- Es una alternativa de las PML al convertirse el proceso completo en un ciclo cerrado y aportándole un valor agregado a los residuos, los cuales se convierten a su vez en materia prima para el proceso de producción de combustible y fertilizante orgánico.
- Ahorro de tiempo-dinero en el reparto del fertilizante al conseguir la licuación, mayor cantidad de nutrientes por tonelada y no ser necesario recurrir a echar agua a las fosas, para que no se formen costras.
- Obtención de un gas noble con posibilidades de utilizarlo en la industria y sustituir combustibles convencionales.
- Incrementa puestos de trabajo al necesitar mano de obra encargada del buen funcionamiento de la planta y distribución del fertilizante propuesto

V. Bibliografía

COLECTIVO DE AUTORES (2006). «Manual de Indicadores Principales de Rendimiento y Merms del establecimiento Raúl Chacón

Jorge. Manual de Indicadores Principales de Rendimiento y Merms del Minal». La Habana: Minal. Edición actualizada 2017.CD.

COLECTIVO DE AUTORES (2018). «Estudio Físico Químico de la laguna de oxidación». Bayamo: GEOCUBA: 20.CD.

CHERNICHARO DE LEMUS, C. A. (2007). «Principios de tratamiento biológico de aguas residuales». DESA. Minas de Gerais, DESA. 1.

HILBERT, J. I. H. (2011). «Matriz de cálculo económico energético para biodigestores rurales». INTA 1.

INTERNATIONAL PRICE (2016). www.eia.doe.gov/emeu/international/prices.html. Retrieved enero, 2016, from www.eia.doe.gov/emeu/international/prices.html.

MARCOS HERNÁNDEZ, ALFONSO (2016). «Biodegradación de los residuos de un matadero mediante un digestor continuo». Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura. Programa de Doctorado en modelización y experimentación en ciencia y tecnología. Grupo de Investigación Aplicaciones Industriales de la Inteligencia Artificial.

RODRÍGUEZ ALARCÓN, D. (2012). «Propuesta de un sistema de tratamiento de los residuales del combinado cárnico Raúl Chacón de Manzanillo, como alternativa de las producciones más limpias». Santiago de Cuba: Ceefe, Oriente: 84.

Recibido: 10 de febrero de 2021

Aceptado: 15 de abril de 2021