

Incremento en la solubilidad y producción de biogás al pretratar térmicamente el sustrato

Miriam Medina, Oscar Vargas Vicente Cisneros, Claudia Bustamante y Roberto Vázquez

M. Medina, O. Vargas, V. Cisneros, C. Bustamante y R. Vázquez
Universidad Tecnológica de Salamanca, Av. Universidad Tecnológica No. 200, Col. Ciudad Bajío, C.P. 36764,
Apartado Postal 204, Salamanca, Guanajuato, México
mmedina@utsalamanca.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago,
Guanajuato, 2013.

Abstract

Biogas is considered a clean and renewable fuel, so the purpose of this study is to improve the treatment of organic matter through anaerobic digestion to obtain a stable waste and to increase the production of biogas. The research reported in this paper determines the effect thermal pretreatment on substrate of anaerobic digestion at four different temperatures (40, 60, 80, 100 °C). The variable analyzed for the pretreatment was solubility's ratio sCOD/tCOD and in the process of anaerobic digestion net production (ml CH₄) and yield of biogas (ml CH₄ /g tCOD). The results indicated that the optimal process is one which carries a pretreatment at 80°C with a net production and yield of 481 ml CH₄ and 0.346 ml CH₄/g tCOD, respectively. However, considering the energy cost was concluded that the pretreatment temperature should be at 60°C, because the difference in the variables is not as significant, 412 ml CH₄ and 0.328 ml CH₄/g tCOD.

19 Introducción

Hoy en día la dependencia de los combustibles fósiles es una problemática de interés mundial ya que provocan un fuerte impacto ambiental además de diversos trastornos económicos. El reto está en buscar y mejorar las fuentes alternativas de energía que vayan sustituyendo paulatinamente a esos combustibles. La digestión anaerobia es un proceso atractivo de ser aprovechado como una oportunidad de solución a dicha problemática, ya que permite tanto obtener una fuente de energía alternativa, biogás, como dar tratamiento a diversos residuos orgánicos que representan un foco de infección en el medio ambiente por su inadecuado manejo (Giraldo E., 1998). La digestión anaerobia es un proceso por el que un grupo de microorganismos (que mantienen una relación de orden trófico) en ausencia de oxígeno son capaces de degradar la materia orgánica por medio de una serie de reacciones complejas que dan lugar a que una parte de la materia se oxide a dióxido de carbono (CO₂) y otra se reduzca a metano (CH₄), produciendo una mezcla de gases, que contiene 50 – 75 % de CH₄ y 50 – 25 % de CO₂, y algunas trazas de otros gases como nitrógeno (N₂), hidrógeno (H₂), entre otros, llamada biogás, que puede aprovecharse como combustible por su alto contenido de CH₄ (Kelleher y col., 2000; Schievano A. y col., 2008). El proceso se compone de dos fases consecutivas, licuefacción y metanogénesis. La fase de licuefacción, se divide a su vez en dos etapas, en la primera los microorganismos toman la materia orgánica y la hidrolizan (por la acción de enzimas extracelulares) pasando de moléculas de elevado peso molecular como carbohidratos, proteínas y lípidos, a componentes más pequeños como azúcares y aminoácidos. Estos productos solubles de la hidrólisis son absorbidos por lo microorganismos para degradarlos a moléculas de cadena corta como ácido láctico, alcoholes, ácidos grasos volátiles (AGV), CO₂ e hidrógeno (H₂). Los AGV son degradados a ácido acético en la segunda etapa conocida como acidogénesis. Aquí, da inicio la metanogénesis con un segundo grupo de microorganismos conocidos como metanogénicos, que son los encargados de producir el biogás, y es hasta esta fase donde realmente se elimina la materia orgánica, ya que en la primera únicamente hay conversión de moléculas de alto a pequeño peso molecular (Masse y col., 2003). Estudios realizados por Eastman y Ferguson (1981) revelaron que la etapa limitante del proceso de digestión anaerobia anteriormente mencionado es la hidrólisis de las moléculas de gran peso molecular a productos solubles como ácido láctico y AGV. La desintegración mecánica y los pretratamientos al sustrato tienen la finalidad de mejorarla, así como de solubilizar la materia ya que los microorganismos solo pueden degradar materia orgánica en fase soluble, entre los pretratamientos, están los del tipo químico mediante la adición de una base o ácido, tratamientos térmicos e hidrólisis biológica mediante la adición de enzimas (Miah M.S. et al., 2005).

Por todo lo anterior, surge la inquietud de investigar el efecto de dar un tratamiento térmico a la materia orgánica previo al proceso de digestión anaerobia con el fin de solubilizar la materia orgánica, y así mejorar el proceso de hidrólisis, etapa limitante del proceso biológico, aprovechando el biogás producido dentro del mismo proceso y así obtener una mayor productividad de biogás y un ahorro energético importante.

19.1 Método

El sustrato que se utilizó fue una mezcla de estiércol con cascaras de frutas y verduras en una relación masa de 2:1. Se trituro, homogenizo y diluyo hasta alcanzar una concentración de 50 g de sólidos totales (ST) por kg de muestra. Posteriormente se le dio pretratamiento térmico a cuatro diferentes temperaturas, ver la tabla 19, por una hora y se dejó una muestra control sin pretatar. Las muestras fueron caracterizadas antes y después del pretratamiento, conforme a lo establecido por Standard Methods (APHA, 1995): Demanda Química de Oxígeno Total y Soluble (DQOt y DQOs), Sólidos Totales y Volátiles (ST y SV), potencial hidrógeno (pH). Inmediatamente después del pretratamiento el residuo se paso a botellas serológicas (70 ml) con un volumen útil de 60 ml, se sellaron y se mantuvieron a 35°C con agitación a 90 rpm.

Tabla 19 Condiciones de pretratamiento a cada muestra

Muestra	Temperatura de pretratamiento (°C)
Control	Sin pretratamiento
A	40
B	60
C	80
D	100

Se monitoreo diariamente la producción de metano mediante un sistema de desplazamiento volumétrico de una columna de NaOH 1M. La sosa se reemplazó cuando el pH estuvo por debajo de 12, ya que a valores de pH menores la solución se encuentra saturada con carbonato de sodio, y ya no absorbe más CO₂. Cada tercer día se determinó DQOt, DQOs, pH, AGV, SV y ST hasta que la producción de biogás cesó.

19.2 Resultados y discusión

En la tabla 19.1 podemos ver los resultados obtenidos de la caracterización del sustrato antes de los pretratamientos, como se ve el sustrato presentó 83.65% de SV con respecto a los ST indicando que la mayor parte es materia orgánica. Sin embargo, la relación DQOs/DQOt tan solo representa 0.534, indicando que no toda la materia orgánica se encuentra biodisponible.

Tabla 19.1 Caracterización del sustrato

Parámetro	Sustrato
ST, g/kg	174.60 ± 3.65
SV, g/kg	146.05 ± 2.39
SST, g/kg	134.21 ± 3.28
SSV, g/kg	123.92 ± 3.83
DQOt, g/L	232.32 ± 3.73
DQOs, g/L	123.98 ± 3.38
AGV, g/L	15.33 ± 1.23
pH	6.79 ± 0.27

Después de aplicar el pretratamiento térmico se obtuvieron los resultados de solubilidad que se muestran en la figura 19. Como se puede observar en todas las muestras el pretratamiento aumento la solubilidad de la materia orgánica, siendo la muestra C la que obtuvo una mayor relación de solubilidad DQOs/DQOt alcanzando un 0.925, seguida por la muestra B con 0.908, la muestra A y D no tienen un aumento tan representativo como es el caso de las anteriormente mencionadas, lo anterior puede inferirse debido a que durante el pretratamiento haya existido una interacción microbológica que provoque el aumento de la materia soluble y al mismo tiempo una disminución en la materia orgánica debido a que los microorganismos son estimulados a tener una mayor actividad metabólica a temperatura de 40 °C degradando la materia orgánica antes del proceso biológico.

Grafico 19 Gráfica de comportamiento de la relación DQOs/DQOt con el pretratamiento a diferentes temperaturas

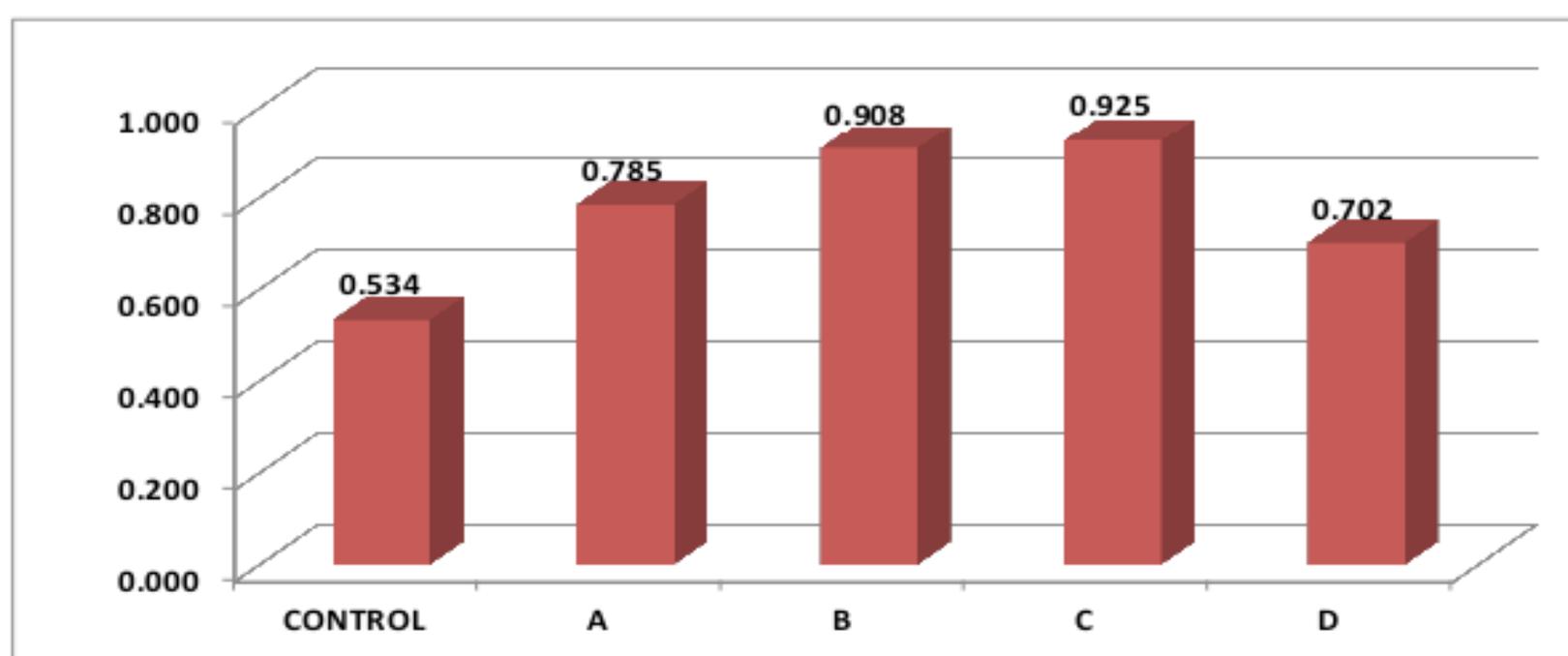


Grafico 19.1 Gráfica de producción neta de biogás

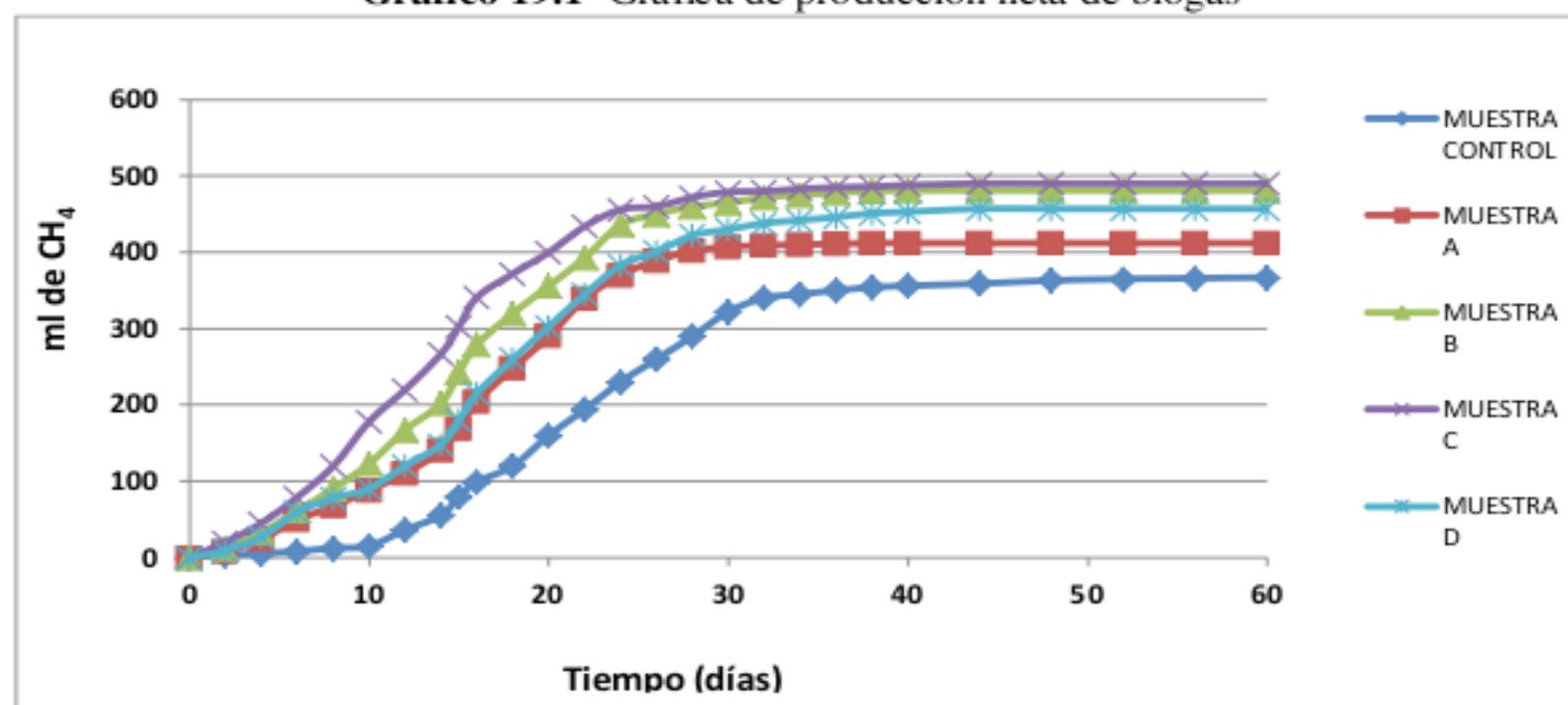


Tabla 19.2 Rendimiento de biogás con respecto a la materia orgánica removida

Muestra	Rendimiento (ml CH ₄ /g DQOt removido)
Control	0.271
A	0.315
B	0.328
C	0.346
D	0.316

Como se puede observar en la figura 19.2, el pretratamiento térmico tuvo un efecto evidente en la producción neta de biogás, aumentando hasta un 12.3, 31, 33.5 y 24.5% de metano para las muestras A, B, C, y D, respectivamente, comparándolo con la muestra sin pretratamiento. Con lo anterior, se concluye que el pretratar el sustrato tiene un efecto positivo e incrementa la producción de metano. Los resultados anteriores son corroborados al determinar el rendimiento de metano producido por g de DQOt removido (ver tabla 3) como se muestra el rendimiento más alto fue para la muestra C alcanzando los 0.346 ml de CH₄/g de DQOt y seguido por la muestra B con 0.328 ml de CH₄/g de DQOt removido.

19.3 Conclusiones

Con estos resultados se llegó a la conclusión que el pretratamiento térmico al sustrato de la digestión anaerobia mejora el proceso e incrementa notablemente la producción de biogás. La temperatura óptima para el pretratamiento es de 60°C, a pesar de no ser la temperatura a la que se produce más biogás y de no tener el rendimiento más alto, la diferencia en los parámetros como la producción de biogás y relación de solubilidad de la materia orgánica disponible con respecto a la muestra de 80°C no es tan significativa comparado con el gasto energético que se requiere para alcanzar y mantener constante la temperatura durante una hora.

Con el aprovechamiento del mismo biogás producido durante la digestión anaerobia es posible mejorar la generación del mismo y por lo tanto contribuir a la disminución de problemas ambientales como la disminución del efecto invernadero al aprovechar el metano que se encuentra disponible en el biogás producido, el cual es uno de los principales gases de efecto invernadero, de ahí la importancia de trabajar en el mejoramiento del proceso y el aprovechamiento de los residuos para la generación de energía renovable.

19.4 Referencias

APHA (1995). "Standard methods for the examination of water and wastewater". Washington, DC. 19va edición.

Chen Y., Cheng J.J., Creamer K.S. (2008). Inhibition of anaerobic digestion process: A review. *Bioresour. Technol.*; 99, 4044 – 4064.

Eastman J.A., Ferguson J.F. (1981). Solubilization and particulate organic carbon during the acid phase of anaerobic digestion. *Water Pollut.*; 53, 352 – 366.

Giraldo E. (1998). Modelación matemática del proceso de la digestión anaerobia para el tratamiento de aguas residuales industriales. Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental. Universidad de los Andes. Bogotá Colombia.

Kelleher B.P., Leahy J.J., Henihan A. M., O'Dwyer T.F., Sutton D., Leahy M.J. (2000). Advances in poultry litter disposal technology – a review. *Bioresour. Technol.*; 83, 27-36.

Masse L., Massé D.I., Kennedy K.J. (2003). Effect of hydrolysis pretreatment on fat de degradation during anaerobic digestion of slaughterhouse wastewater. *Process Biochem.*; 38, 1365 – 1372.

Miah M.S., Tada C., Yingnan Y., Shigeki A. (2005). Aerobic thermophilic bacteria enhance biogas production. *Waste Manag.*; 7, 48 – 54.

Schievano A., Pognani M., D'Imporzano G., Adani F. (2008). Predicting anaerobic biogasification potential of ingestates and digestates of a full – scale biogas plant using chemical and biological parameters. *Bioresour. Technol.*; 30, 1-5.