

EVOLUCIÓN DE MICROORGANISMOS PRESENTES EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS ESTUDIO DE LAS VARIACIONES DE CALIDAD Y CANTIDAD DE SUSTRATO

H. Campaña, M. Uribe, P. Benedetti, A. Airasca

GEIA - Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Bahía Blanca

11 de Abril 461 - 8000 Bahía Blanca – Argentina

Tel. 0291-4555220 - e-mail: hcampaña@frbb.utn.edu.ar, pbenedet@criba.edu.ar

RESUMEN

La digestión anaeróbica, permite tratar efluentes orgánicos obteniendo biofertilizante y biogás, mediante la fermentación llevada a cabo por los microorganismos presentes en ausencia de oxígeno.

Los grupos tróficos de anaerobios presentes son: heterótrofos fermentativos, reductores de protones y archaea metanogénicas. La acción de éstos se puede determinar por recuento de las bacterias anaeróbicas totales en el sedimento, el número de bacterias anaerobias facultativas y como varían sus proporciones en el digestor.

En este trabajo se estudia las diferentes variables que influyen en el proceso (pH, agregado de sustratos como Acetato y Propionato de Sodio, relación barro fresco/barro estabilizado) y se analizan parámetros microbiológicos comparando relaciones de carga, DQO inicial del barro sin tratar, del barro estabilizado y estadios intermedios. Se mide también volumen de biogás generado, pH y conductividad con el fin de comparar su evolución a lo largo del ensayo y su relación con la producción de biogás.

Palabras clave: biogás, barro anaeróbico, microorganismos anaeróbicos,

INTRODUCCIÓN

Este trabajo es una continuación de trabajos anteriores efectuados por nuestro grupo de investigación perteneciente al GEIA, (Grupo de Estudio en Ingeniería Ambiental) de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Bahía Blanca, los ensayos se hicieron con el barro proveniente de la planta de tratamiento aeróbico de efluentes de una maltería de cebada cervecera ubicada en las cercanías de Bahía Blanca (barros activados), (Campaña et al. 2006; Campaña et al. 2007; Campaña et al. 2008). En un primer trabajo se estabilizó el barro, tanto a nivel laboratorio como con un reactor piloto instalado en la maltería. En siguientes ensayos realizados en laboratorio, se buscó las mejores condiciones de operación de los reactores, para optimizar tanto la obtención de biogás como la estabilización de los barros, tratando de encontrar la relación óptima de carga (proporción de barro fresco/estabilizado), el agregado o no de un promotor como el azúcar y la mejor temperatura. Después de realizar los experimentos utilizando para programar los ensayos, Diseño de Experimentos a través del método Taguchi (Hernández et al., 2008, Campaña et al. 2009), se encontró un nivel óptimo de carga de los reactores.

En el presente trabajo se tomó como punto de partida dichos ensayos anteriores y se probaron dos sustratos con el fin de investigar si mejoran o no la producción de biogás y además estudiar su posible influencia cuando actúan en forma conjunta con distintas dosis (posible interacción).

El agregado de sustratos tales como Acetato y Propionato de Sodio tienen como objetivo acelerar las vías de formación de metano por parte de las bacterias metanogénicas que tienen como intermediarios estos compuestos.

Los mismos fueron seleccionados por dos razones: son de bajo costo y además son de fácil acceso en el mercado, teniendo en cuenta que luego de la etapa experimental se va a pasar a ensayos en el reactor piloto (Campaña et al. 2009) para lo que se necesitan sustratos con esas características.

Diversas bibliografías refieren (McHugh et al. 2006; Herbert et al. 1995, Jiunn-Jyi et al. 1996) que la formación de metano en medios psicrófilicos se ve favorecida con distintas concentraciones de Propionato. Esto se debe, a que interviene en la formación de gránulos en los que prevalecen las bacterias que lo utilizan como sustrato en la generación de metano, vía acetato. El metano formado proviene aproximadamente en un 70 %, por actividad de las bacterias que utilizan el acetato y sólo un 30 % por las que forman metano a partir de hidrógeno y dióxido de carbono.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Se trabajó con reactores de 2000 mL con una relación de barro fresco/estabilizado de 1:1, (Campaña et al. 2009) y se le agregó Acetato y Propionato de Sodio en dosis que se denominan Baja (50 mg/L) y Alta (100 mg/L).

Se aplicó un Diseño Especial para Factores con Niveles Múltiples (Evangelaras et al. 2006; Fang et al. 2000; Grove et al. 1991; Lewis et al. 2001; Lin et al. 2006; Madaen et al. 2006), el orden de los experimentos fue con dos factores a dos niveles, todos los ensayos se hicieron por duplicado de la siguiente manera:

Factor A: Acetato de Sodio a dos niveles: Bajo y Alto

Factor B: Propionato de Sodio a dos niveles: Bajo y Alto

Ensayo 1 (Reactor 1 y Reactor 1'; R ₁ , R ₁ '):	A _{Bajo} , B _{Bajo}
Ensayo 2 (Reactor 2 y Reactor 2'; R ₂ , R ₂ '):	A _{Bajo} , B _{Alto}
Ensayo 3 (Reactor 3 y Reactor 3'; R ₃ , R ₃ '):	A _{Alto} , B _{Bajo}
Ensayo 4 (Reactor 4 y Reactor 4'; R ₄ , R ₄ '):	A _{Alto} , B _{Alto}

Los reactores utilizados se ven en la siguiente figura:



Figura 1. Reactores utilizados en Laboratorio

Después de preparar cada uno de los reactores se procedió a agitarlos durante 3 minutos y se midió pH a la carga de cada Reactor.

Reactor	Reactor 1	Reactor 1'	Reactor 2	Reactor 2'	Reactor 3	Reactor 3'	Reactor 4	Reactor 4'
pH	7,56	7,55	7,61	7,58	7,63	7,63	7,61	7,63

Tabla 1. Valores iniciales de pH

Se midió en forma periódica el volumen de biogas producido, el pH, DQO, DBO y la conductividad eléctrica de la carga de cada reactor.

Además se hizo análisis del tipo microbiológico en los que se determinó el número de bacterias tanto aerobias como anaerobias: se realizó recuento de unidades formadoras de colonia (UFC) en placa, donde el medio utilizado para bacterias aerobias fue el Agar Plate Count (PCA), y para bacterias anaerobias Agar Tioglicolato (Caldo Brewer con 10% de Agar). Se prepararon diluciones de la carga del reactor desde 10^{-1} hasta 10^{-5} , éstas se realizaron en una solución isotónica de líquido de dilución, constituido por 1% de triptona y 8.5 % de NaCl.

La siembra se realizó siguiendo la técnica del agar volcado (1 mL de cada dilución más el medio correspondiente). Los cultivos se incubaron a 35 – 37 °C en estufa, para ambos recuentos y en Jarra de anaerobiosis con reductor catalítico para las bacterias anaeróbicas.

En la figura 2 se ve el volumen de biogas producido en el tiempo para todos los reactores y en la figura 3 la evolución del pH de la carga de los mismos, en las figuras 4 y 5 se muestra el recuento de unidades formadoras de colonias para bacterias aerobias y anaerobias respectivamente.

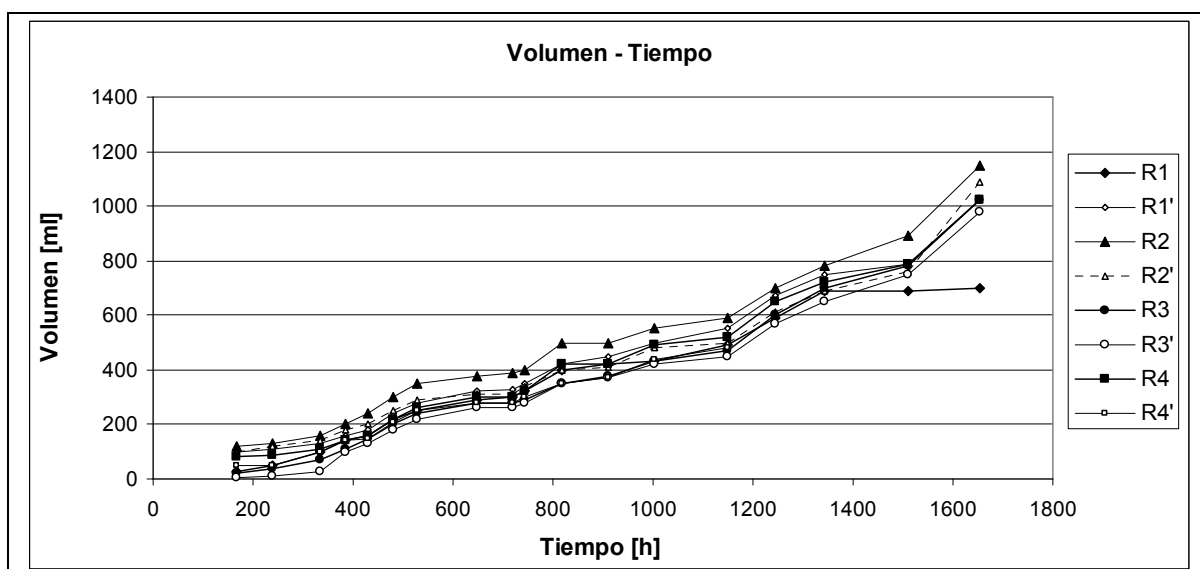


Figura 2: Volumen de biogas generado en el tiempo para todos los reactores.

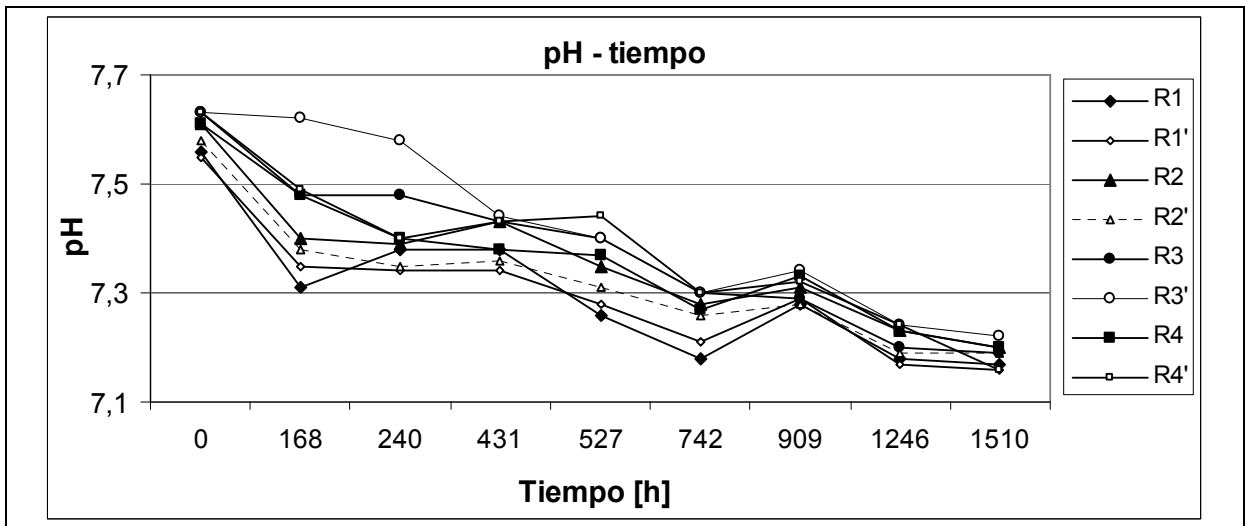


Figura 3: Variación del pH de la carga de cada uno de los reactores en el tiempo.

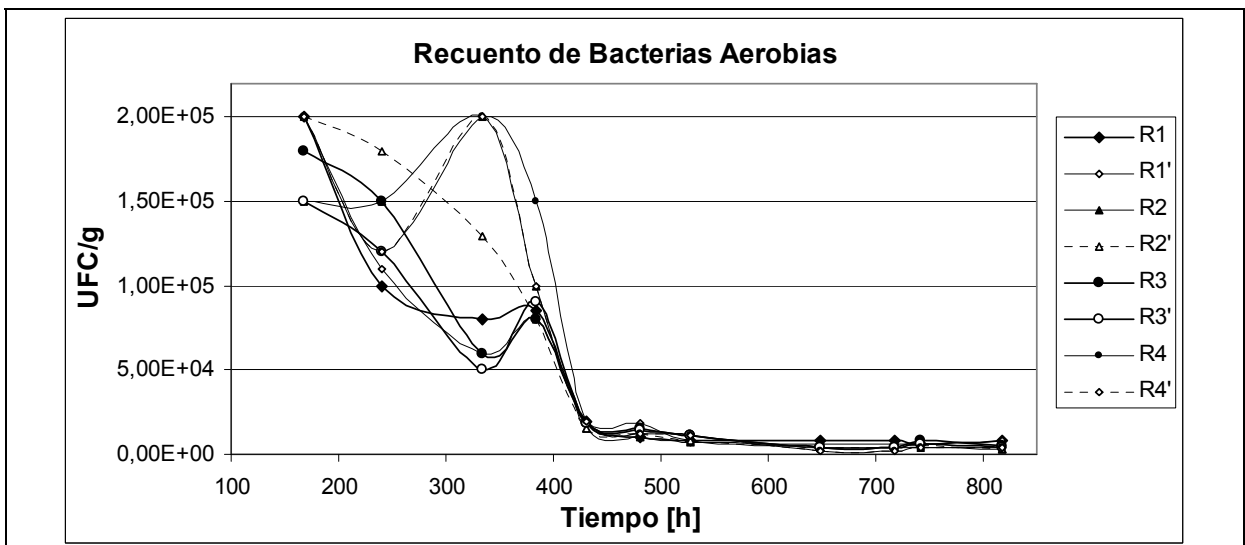


Figura 4: Recuento de Bacterias Aerobias en el tiempo para todos los reactores.

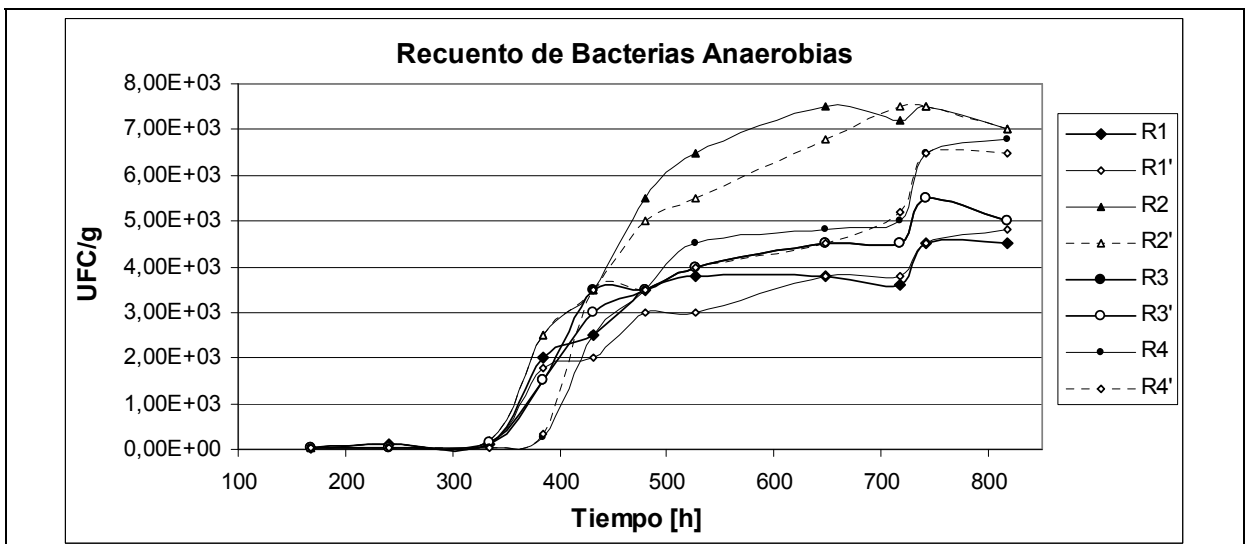


Figura 5: Recuento de Bacterias Anaerobias en el tiempo para todos los reactores.

En las tablas 2 y 3 se dan los valores para conductividad eléctrica (CE), para DBO y para DQO. Se consignan los datos tomados en tres tiempos que corresponden, T₁, al inicio del ensayo, T₂, a un estado intermedio y T₃, donde el barro esta estabilizado anaeróbicamente.

CE (mS/cm)	R ₁	R ₁ '	R ₂	R ₂ '	R ₃	R ₃ '	R ₄	R ₄ '
T ₁	16,93	17,40	17,20	16,90	16,20	17,10	16,70	16,42
T ₂	17,30	16,70	17,00	17,30	17,30	17,60	17,10	17,15
T ₃	17,31	16,90	17,10	17,33	17,20	16,98	17,19	16,90

Tabla 2. Valores de conductividad eléctrica en distintos tiempos

Tiempo (h)	DBO				DQO			
	R ₁ - R ₁ '	R ₂ - R ₂ '	R ₃ - R ₃ '	R ₄ - R ₄ '	R ₁ - R ₁ '	R ₂ - R ₂ '	R ₃ - R ₃ '	R ₄ - R ₄ '
T ₁	3270	2680	2260	2910	5600	5000	3500	3125
T ₂	3390	3100	3600	3780	5100	4980	3300	3100
T ₃	1920	1990	1910	1960	3920	3860	2850	3510

Tabla 3. Valores de DBO y DQO en distintos tiempos

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Con el avance del proceso de digestión anaeróbica, tiende a acidificarse levemente el medio, por ese motivo hay un pequeño aumento en la CE asociado con la disminución del pH.

De los datos obtenidos, se ve también que tanto la DBO como la DQO bajan con el tiempo, debido al avance del proceso de estabilización anaeróbica.

Los análisis microbiológicos del material de todos los reactores a lo largo del tiempo reflejan que se produce una disminución de la carga aerobia y un aumento de las bacterias anaerobias, lo que se corresponde con un aumento del volumen de biogas formado.

El pH obtenido se encuentra en el rango de los primeros ensayos efectuados, cuando se buscaba la mejor carga operativa para el reactor, donde los mismos variaban entre 7 y 7.7 para el rango de concentración 1:1. (Campaña et al. 2009).

Al comparar el rendimiento de producción de biogás, teniendo en cuenta las concentraciones variables de los dos sustratos utilizados, haciendo el análisis en forma estadística, no se observa una diferencia significativa en el efecto de los mismos en la producción de biogás, ni tampoco hay una incidencia en la interacción de ambos sustratos.

Sin embargo, de la figura 2, y para los volúmenes obtenidos se ve que para una mayor producción de biogas la mejor relación de los sustratos que se tiene es en el Reactor 2-2' que es Baja concentración de Acetato de Sodio y Alta de Propionato de Sodio, siendo a su vez la peor combinación la del Reactor 3-3', que es que es Alta concentración de Acetato de Sodio y Baja de Propionato de Sodio.

Se continuarán estudios con variaciones en la concentración de sustratos a efectos de encontrar dosificaciones y relaciones de carga óptimas (maximizar producción de biogás).

REFERENCIAS

- Duffie J. A. y Beckman W. A. (1991). Solar Engineering of Thermal Processes, 2ª edición, pp. 54-59. Wiley Interscience, New York.
- McHugh S., Collins G. y O'Flaherty V. (2006). Long-term, high-rate anaerobic biological treatment of whey wastewaters at psychrophilic temperatures. *Bioresource Technology* 97 1669 – 1678.
- Methane Release rate and Methanogenic Bacterial populations in lake sediments, Jiunn-Jyi L, Takashi M y Tatsuya N., 1996 *Wat. Res.* Vol 30. No 4, pp 901-908
- Performance and Sludge characteristics of UASB process treating propionate-rich wastewater, Herbert H, Fang Y and Chui, H. 1995. *Wat. Res.* Vol 29 No 3. pp. 895-898
- Campaña H., Benedetti P., Prieto A., Linquimán P. (2006). Producción de Biogás a partir del exceso de barros del tratamiento de efluentes de una maltería de cebada. XXII IACChE (CHIQ) 2006 / V CAIQ- Octubre 06.
- Campaña H., Benedetti P., Prieto A., Linquimán P. (2007). Optimización del balance energético en la estabilización de barros residuales – producción de biogas – escalas laboratorio y piloto. 2º Congreso HYFUSEN – Junio 07 – Posadas – Argentina.

- Campaña H., Linquiman P., Prieto A., Benedetti P. (2008) - Anaerobic Digestion of Activated Sludges from Malting Wastewaters".- pp 195. Proceedings. Sequencing Batch Reactor Technology – 4th Conference – Universidad de la Sapienza – Roma – Italia.
- Hernández A., Campaña H., Benedetti P. (2008). Aplicación del Diseño de Experimentos. Método de Taguchi a un proceso de Digestión Anaeróbica. 8^o Congreso Latinoamericano de Sociedades de Estadística (CLATSE), Montevideo, Uruguay.
- Campaña H, Benedetti P, Hernández A, Airasca A, (2009). Optimización de parámetros que controlan la evolución de biogas en la estabilización de barros activados residuales de malterías de cebada. Avances en Energías Renovables y Ambiente Número 13 y presentados al XXXII Congreso de ASADES, Río Cuarto, Córdoba, 16 al 19 de Noviembre de 2009.

ABSTRACT

Biogas and biofertilizer can be obtained from organic wastewater treated by anaerobic digestion, through fermentation processes developed by microorganism consortia in absence of oxygen. Anaerobic trophic group includes fermentative heterotrophs, proton reductors and methanogenic archaea bacteria. Activities of those can be follow accounting total anaerobic bacteria and facultative bacteria, and relationship of both at blanket sludge in the reactor. At this presentation several key parameters of anaerobic digestion were studied (pH, temperature, granulation, sodium acetate and propionate, charge relationship, fresh to total sludge volume). Microbiological parameters have been studied and related to charge relationship, initial, intermediates and final COD's. Biogas volume generation, pH and electrical conductivity were measured in order to compare assay performance.

Keywords: Biogas, anaerobic sludge, microbial anaerobic