



# Conversión de suero lácteo a biogás

## ► Un potencial invaluable

**Ing. Joaquín A. Víquez Arias**  
**VIOGAZ S.A. ([www.viogaz.com](http://www.viogaz.com))**  
*Especialistas en tecnología de biogás*  
[jviquez@viogaz.com](mailto:jviquez@viogaz.com)  
Oficina: 2265-4495

### Introducción

La tendencia de adopción de sistemas de tratamiento anaeróbicos (biodigestores) para desechos agroindustriales, como el suero lácteo, es atribuido a las nuevas opciones tecnológicas, con las que se logran altos tiempos de retención de sólidos y bajos tiempos de retención hidráulico, lo que permite que sean más pequeños que antes (Erguder, 2001).

Para el tratamiento de sueros, la tecnología de digestión anaeróbica es la única alternativa viable, pues las tradicionales aeróbicas como los lodos activados son completamente inapropiados (Saddoud, 2007). La digestión anaeróbica ofrece ventajas energéticas, al producir biogás y no consumir energía en procesos de aireación, así como ventajas ambientales al reducir el contenido orgánico del suero (Saddoud, 2007). El biogás puede ser utilizado en la industria láctea para alimentar calderas o marmitas (ver estudio de caso 1 y 2 al final de este artículo), o bien el artículo sobre Generación eléctrica con biogás (Revista ECAG Informa 12(52):13-19).

### ¿Qué es suero lácteo?

El suero lácteo es un líquido remanente, luego de la precipitación de la caseína en la leche, en el proceso de elaboración de quesos. Por tanto es un subproducto de la industria láctea, el cual, por cada kilogramo de queso producido, genera cerca de 9<sup>1</sup> kilogramos de suero lácteo (Siso, 1996). Éste contiene altos contenidos de proteína, lactosa y minerales (Saddoud, 2007). Es altamente biodegradable (99%) y tiene un alto contenido de demanda química de oxígeno (DQO) de hasta 70.000 mg/L (Erguder, 2001); rangos de 50.000 a 80.000 (mg/L) (Saddoud, 2007).

<sup>1</sup> Nota del autor: Esta eficiencia puede variar según el tipo de queso y la industria que produzca queso.

En casos de bajos volúmenes de suero, el empleo de tecnologías de recuperación de su valor, como es la extracción de proteína, recuperación de lactosa o secado del suero, para otros usos agroindustriales, resulta difícil por los costos de inversión (Saddoud, 2007). El uso más común en queseras de menor tamaño es para alimentación animal (Kalyuzhnyi, 1997), como por ejemplo los cerdos (Malaspina, 1996).

Por tanto, la conversión del suero a biogás es una alternativa viable. Sin embargo, antes de invertir en un biodigestor que convierta suero en energía, es necesario tomar en consideración algunos aspectos meramente del proceso de digestión anaeróbica. A continuación se explica.

## Consideraciones para convertir suero lácteo en biogás

### 1. 1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)/Demanda química de oxígeno (DQO)

El nivel de biodegradabilidad de un sustrato puede ser "medido" por la correlación entre DQO:DBO (demanda bioquímica de oxígeno). En el caso de suero, esta relación de DQO:DBO es de hasta 2:1, mostrando una alta degradabilidad. Comparado con excreta bovina, la cual presenta restos de pastos y otros compuestos difíciles de degradar, su DQO:DBO ronda los 7:1 a 12:1 (ver artículo Producción y caracterización de excretas en Revista ECAG Informa 11(49):54-56. Esto indica que las excretas de ganado bovino son difíciles de degradar en comparación con el suero (Siso, 1996).

### 2. Alcalinidad-pH

A pesar de las ventajas de realizar un manejo y tratamiento de los efluentes vía la digestión anaeróbica, el suero lácteo por su alta biodegradabilidad mostrada en el punto anterior, además de su alto contenido de materia orgánica presentada como DQO, así

como su baja alcalinidad (50 meq/L), el reactor puede tender a acidificarse fácil y rápidamente (Saddoud, 2007).

La alcalinidad es sumamente importante dentro de un biodigestor, especialmente cuando el sustrato es altamente biodegradable como el suero lácteo. La alcalinidad puede ser agregada artificialmente o bien revolver el suero lácteo con sustratos conocidos por sus altos contenidos de alcalinidad (como excreta de ganado bovino). Operacionalmente, se ha visto que la alcalinidad podría dejar de ser un insumo necesario cuando el biodigestor alcance estabilidad (Kalyuzhnyi, 1997).

### 3. Nutrientes

En una investigación se determinó que la presencia de nutrientes y algunos metales son importantes para el proceso de degradación del suero lácteo, ya que sin ellos se produjo un 15% menos de biogás y se requirió de más tiempo de estabilización: 35 días sin suplemento, contra 16 días con suplemento (Erguder, 2001).

De acuerdo con un estudio de Kelly y Switzenbaum (1984), presentado en (Speece, 2008), se determinó que con sueros lácteos con deficiencias similares de nutrientes también hubo grandes diferencias en el funcionamiento de los reactores anaeróbicos. En términos generales, nutrientes como magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca), fósforo (P), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), Zinc (Zn), molibdeno (Mo), Boro (B), níquel (Ni) y Selenio (Se) son importantes para un proceso de digestión adecuado, aunque en cantidades mínimas.

Por tanto y considerando la alta biodegradabilidad del suero, los requerimientos de alcalinidad, cuidando que el pH del reactor no caiga por debajo de 6,6 (Speece, 2008), así como la necesidad de un suplemento nutricional; es necesario que durante el diseño e implementación del biodigestor, éste y sus componentes pue-

dan lidiar con los puntos anteriores, para asegurar que la producción de biogás se exitosa.

## Configuración del biodigestor

La configuración del reactor tiene mucha influencia en los resultados finales de la conversión de suero lácteo a biogás. La configuración de un reactor (o biodigestor) puede ser desde un sistema de agitación completa (llamados en inglés: CSTR - Completely Stirred Tank Reactor) o bien reactores de lecho fijo como lo es el reactor de flujo ascendente (llamado en inglés UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket). Los sistemas de flujo continuo, como el biodigestor tipo Taiwán, utilizado en sistemas rurales y semi-rurales, puede ser funcional; pero es necesario prestar atención a la correcta operación del mismo.

Un estudio investigó el uso de un reactor de 2 fases, una acidogénica y otra metanogénica; esta última acoplada con una membrana para extracción de efluentes sin sólidos (Saddoud, 2007).

Al decidir la configuración del biodigestor, es necesario que el sistema ofrezca ventajas para que las arqueas metanógenas (ver artículo Descripción de la comunidad de microorganismos dentro de un biodigestor anaeróbico en Revista UTN-Informa 13(58):40-45, logren mantener el ritmo de producción de metano, el cual es producido a partir de ácidos grasos generados por las bacterias acidogénicas. Cuando esto no ocurre, la acumulación de ácidos grasos volátiles, consumen la alcalinidad del reactor. Esto hace que baje el pH por debajo de los rangos óptimos para que los metanógenos metabolicen estos ácidos; por tanto el biodigestor deja de funcionar (Kalyuzhnyi, 1997).

Otro aspecto que también es determinante es el "arranque del biodigestor". Es importante no iniciar su alimenta-



ción, basado en su diseño original; más bien se debe hacer lentamente para procurar llegar a un estado de equilibrio. Una vez alcanzado este equilibrio, se acelera por inóculo de otro biodigestor, que tarda de 1 a 3 meses, se le puede empezar a agregar todo el suero proyectado en el diseño del mismo (Kalyuzhnyi, 1997).

El diseñador o diseñadora del sistema de biodigestión, basado en suero lácteo, y/o con la combinación de otros sustratos como excretas de ganado, debe tomar en cuenta aspectos en la configuración del biodigestor (ya sea agitación completa, flujo ascendente, lecho fijo y otros) para que se provean todas las condiciones aptas que permitan convertir el suero en biogás. El uso de tecnologías estándares, basadas en conceptos empíricos, puede llegar a fallar fácilmente.

## Facilidades del uso de suero para producción de biogás

### Alta producción de biogás

La producción de biogás se puede estimar teóricamente, con el índice de 0,35 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub> por cada kg de DQO, destruido dentro de un biodigestor (Speece, 2008). En este caso, 1.000 L de suero podrían estar generando 36 m<sup>3</sup> de biogás, con 65% de metano, lo que equivale a 22 L de gasolina, aproximadamente). Algunos estudios de Erguder (2001) y Mawson (1994), respectivamente, han reportado en la práctica 20 a 35 m<sup>3</sup> de biogás, por cada 1.000 L de suero, utilizando digestores de flujo ascendente.

Comparando el suero con excreta de vaca, una finca con 50 animales en ordeño, podrían producir el equivalente en biogás, a una quesera que produce 23 kg de suero al día. Para esto, se requieren alrededor de 180 a 200 L de leche, que lo podrían aportar 13 vacas en ordeño. Por tanto, el suero tiene mucho potencial para producción de biogás.

## Facilidad de manipulación

El suero es un líquido, siendo en su mayoría de sólidos disueltos, con baja concentración de sólidos suspendidos (Erguder, 2001), por lo que no se requiere de sistemas de separación sólida, como en el caso de excretas de cerdo o de vaca (ver artículo Comparación de tres métodos de separación de sólidos para excretas, en fincas lecheras, en Revista ECAG Informa 11(47):40-44. Esta diferencia facilita mucho su manejo, manipulación e inclusive el bombeo, de ser necesario.

## El uso de biodigestores pequeños

Un digestor anaeróbico con utilización de sueros lácteos, tiene la ventaja que, por diseño, podría ser factible desacoplar el tiempo de retención hidráulica con el de retención de sólidos, pudiéndose lograr biodigestores con tiempo de retención hidráulica de hasta 2 a 5 días, solamente (Erguder, 2001). Más importante que el tiempo de retención hidráulica, es la carga orgánica de alimentación (ver artículo ¿Cómo diseñar un biodigestor para lecherías?, en Revista ECAG Informa 12(51):61-64.

En sistemas convencionales de biodigestión, se utiliza entre 0,5 a 1 kg de DQO, por cada m<sup>3</sup> de volumen de biodigestor por día (Eddy, 2003).

Sin embargo, con variaciones en diseño, a temperaturas submesofílicas (20-30 °C), se puede lograr hasta 10 kg DQ/m<sup>3</sup> de biodigestor/día, reduciendo así diez veces su tamaño inicial. Esto se logra con ajustes en diseño y operación del biodigestor (Kalyuzhnyi, 1997).

## ESTUDIO DE CASO 1.

### Finca La Quinta de don Víctor Rojas e Hijos

#### Proyecto asesorado por VIOGAZ®

La finca "La Quinta de don Víctor Rojas e Hijos" es un ejemplo de la búsqueda y aprovechamiento de recursos internos. Desde hace 5 meses, la misma cuenta con un sistema de biodigestión, que busca realizar la conversión de aproximadamente 200 kg de excreta y 280 L de suero, en biogás y fertilizante.

El sistema consta de una área de separación de sólidos, para el caso de la excreta de vaca y un biodigestor tubular



**VIOGAZ®** con capacidad de 42.000 L. con 16 días de tiempo de retención hidráulica, se está logrando una remoción de 76,6% de la carga contaminante del "agua residual", ahora visto como un biofertilizante.

Diariamente, se producen 2.300 L de biofertilizante, el cual contiene nitrógeno y fósforo mineralizado, por el proceso de biodigestión, con capacidad para fertilizar 3,17 ha. Adicionalmente, por efecto del suero y la excreta de vaca, se logran producir 8.700 L de biogás al día, que se utilizan para sustituir gas licuado de propano (LPG) para el procesamiento de lácteos.

## ESTUDIO DE CASO 2. Finca El Páramo

### Proyecto asesorado por VIOGAZ®

La finca El Páramo, en su búsqueda de soluciones para innovar y aumentar su competitividad, cambió la producción de queso fresco al tipo mozzarella. Esto implicó la compra de una caldera de diesel. Con el mejoramiento en ventas por queso y para bajar costos por combustibles, se inició un proyecto de biodigestión, aprovechando los 150 kg de excretas producidas en la lechería, junto con 950 L de suero de su pequeña industria.

Se instaló un separador de sólidos para la excreta, y un sistema de homogenización del suero con la excreta. Para alimentar un biodigestor de 60.000 L de capacidad. Aunque este proyecto no se ha analizado minuciosamente, se ha reducido el impacto ambiental significativamente. Con avances tecnológicos, se logró la modificación de su caldera de diesel para trabajar con biogás. En este momento, se han estimado ahorros de alrededor de  $\$2$  millones anuales ( $\$3910 = 1 * \$512.39$ ), lo que representa un tiempo de recuperación no mayor de dos años.

## Conclusiones

El suero es un excelente recurso de la agroindustria, pues por cada 100 L, provenientes de la producción de 10 kg de queso, aproximadamente, se podría producir, potencialmente, el equivalente a 2 L de gasolina en biogás (Walsh, 1988).

El uso de digestión anaeróbica es una opción muy viable, ya que con los avances en diseño y tecnología, se pueden lograr sistemas de bajos tiempos de retención hidráulica, que requieren de menor inversión de capital.

Por otro lado, dar tratamiento a estos sueros tiene efectos muy positivos sobre el ambiente. Comparativamente, 100 L de suero (que provienen de la producción de cerca de 10 kg de que-

so), equivalen desde un punto de vista de contaminantes, a las aguas negras generadas por 55 personas (14.000 L de aguas negras) (Comino, 2009).

Aunque el biodigestor no lograría un tratamiento completo del suero para su disposición final a una fuente de agua, conforme con el "Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales" de Costa Rica; la disminución que se logra de DQO, además de la conversión de nutrientes, facilitaría mucho un postratamiento. Adicionalmente, sin esta remoción de DQO por parte del biodigestor, el tratamiento convencional tendría tamaños importantes.

## Otros artículos publicados por el autor:

Comparación de tres métodos de separación sólida para excretas en fincas lecheras. Revista ECAG Informa 11(47):40-44.

Producción y caracterización de excreta. Revista ECAG Informa 11(49):54-56.

Biogás: energía recuperable. Revista ECAG Informa 11(50):24-27.

Sistema integrado de aprovechamiento y tratamiento de excretas para energía con biogás. Revista ECAG Informa 11(50):28-31.

¿Cómo diseñar un biodigestor para lechería? Revista ECAG Informa 12(51):61-64.

Generación eléctrica con biogás. Revista ECAG Informa 12(52):13-19.

Mejoramiento de prácticas agroambientales. Revista ECAG Informa 12(52):38-39.

Remoción de sulfuro de hidrógeno en el biogás. Revista ECAG Informa 12(53):16-20.

Biogás, una nueva perspectiva de uso y aprovechamiento. Revista ECAG Informa 12(54):64-66.

¿Por qué la excreta porcina produce biogás con mayor concentración de metano, en comparación a la bovina? Revista ECAG Informa 13(55):70-74.

Digestor anaeróbico de flujo ascendente y humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales de la industria porcina. Revista UTN Informa al sector agropecuario 13(57):37-42.





Descripción de la comunidad de microorganismos en un digester anaeróbico. Revista UTN Informa al sector agropecuario 13(58):40-45.

## Referencias:

Comino, E.; Rosso, M.; Riggio, V. 2009. Development of a pilot scale anaerobic digester for biogas production from cow manure and whey mix. In Elsevier: Vol. 100. P.5072-5078.

Eddy, M.A. 2003. Wastewater engineering treatment and reuse. In The McGraw Hill Companies Inc New York.

Erguder, T.H.; Tezel, U.; Guven, E.; Demirer, G.N. 2001. Anaerobic biotransformation and methane generation potential of cheese whey in batch and UASB reactors. In Elsevier: Vol. 21. P.643-650.

Kalyuzhnyi, S. V.; Martinez, E. P.; Martinez, J. R. 1997. Anaerobic treatment of high-strength cheese-whey wastewaters in laboratory and pilot UASB-reactors. In Elsevier: Vol. 60. P.59-65.

Malaspina, F.; Cellamare, C. M.; Stante, L.; Tilche, A.1996. Anaerobic treatment of cheese whey with a downflow-upflow hybrid reactor. In Elsevier: Vol. 55. P.131-139.

Mawson, A. J.1994. Bioconversions for whey utilization and waste abatement. In Elsevier: Vol. 47. P.195-203.

Saddoud, A.; Hassairi, I.; Sayadi, S. 2007. Anaerobic membrane reactor with phase separation for the treatment of cheese whey. In Elsevier: Vol. 98. P. 2102-2108.



Siso, M. I. 1996. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. In Elsevier: Vol. 57. P.1-11.

Speece, R. E. 2008. Anaerobic biotechnology and odor/corrosion control for municipalities and industries. Nashville, TN, Archae Press. 586 p.

Walsh, J.; Roos, C.; Smith, M.; Harper, S.; Wilkins, A. 1988. Handbook on biogas utilization. USA. Environment, Health and Safety division Georgia Tech Research Institute. 133 p.

# VIOGAZ

Especialistas en la  
tecnología de **biodigestión**



Los sueros lácteos son un excelente recurso para la producción de biogás;  
**energía renovable.**

