

# Retos y experiencias con la producción de biogás a partir de aguas mieles del proceso del beneficiado de café



**Ing. Joaquín A. Víquez Arias, M.Sc.**

VIOGAZ S.A.  
Costa Rica  
jviquez@viogaz.com  
Oficina +506.2265.3374



**Ing. Johnnatan Brenes Monge**

VIOGAZ S.A., Asesor  
Costa Rica  
jbbrenes@viogaz.com  
Oficina+506.2265.4495



**Ing. Rubén Gallozzi Cáliz**

SNV, Asesor  
Tegucigalpa, Honduras  
rgallozzi@snvla.org  
Oficina: +504.2239.6938

## Introducción

En la cosecha de café 2011-2012, Honduras se convirtió en el mayor productor de en Centroamérica, superando a Guatemala. Tomando en cuenta este contexto, se puede asumir que a mayor producción de café, se tendrá un nivel más alto de

residuos, relacionados con su procesamiento (aguas mieles y pulpa).

El manejo de los residuos generados por el beneficiado de café ha sido una fuente de contaminación significativa, en todas las regiones cafetaleras de Honduras, lo que ha provocado problemas ambientales

en las comunidades cercanas, afectando la calidad del agua, suelo, flora y fauna locales. En la actualidad, el mucílago no tiene ningún uso, por sí solo. La pulpa (27% es materia orgánica-celulosa, azúcares- y 73% es agua) tiene algunos usos en la agricultura, debido a sus nutrientes. Sin

embargo, al ser un residuo agrícola, compuesto por químicos polimerizados, como la celulosa y lignina, por su contenido de polifenoles, flavonoides, ácidos cafeico y cloro génico, no es posible usarlo directamente como alimento animal.

Por lo anterior, la mayor proporción de contaminación en las zonas cafetaleras de Honduras, corresponde a las beneficiadoras de café, que vierten la pulpa y el mucílago directamente a los cuerpos de agua, cuya capacidad de polución como materia orgánica es alta. La mayor parte de los beneficios son rústicos (fincas menores de 7 hectáreas); es decir, utilizan grandes cantidades de agua para el procesamiento de café y no poseen mecanismos para evitar la contaminación ocasionada por los residuos.

Con motivo de esta situación, desde diciembre de 2010, la organización SNV (Organización para el Desarrollo sin fines de lucro de Holanda), junto con la AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el desarrollo), en coordinación con la Empresa Asociativa ARUCO y la Cooperativa Cafetalera Ecológica La Labor de Ocotepeque (COCAFELOL), en el occidente de Honduras, se dedicaron a trabajar en la construcción e implementación de plantas para producir bioetanol, biogás y biofertilizante, a partir de los residuos del beneficiado de café. El modelo implementado busca reducir la contaminación y generar ingresos alternativos a la producción de café, en las mencionadas empresas.

Este documento tiene como objetivo presentar los retos y las experiencias documentadas, específicas del proyecto de biogás, diseñado e implementado por VIOGAZ S.A.

## Revisión de literatura

Típicamente, el procesamiento del café se inicia en el área de recibo, seguido de una primera separación sólida para eliminar material rocoso (piedras), luego el despulpado (pulpa y líquidos remanentes), se continúa con la selección y fermentado (durante un día), finalizando con la etapa húmeda, con el desmucilaginado manual o mecánico. En esta experiencia, las aguas del proceso se reciclan antes de su descarga, para adicionar aguas limpias nuevamente.

Los principales "residuos" del beneficiado del café son la pulpa, lixiviado de pulpa, aguas mieles y vinaza, a partir de las aguas mieles. Los mismos se mencionan en este proyecto, pues la planta de bioetanol también instalada, generaba vinaza que está siendo enviada a la planta de biogás. El lixiviado corresponde a la fracción más líquida que sale de la pulpa del café, las aguas mieles son las aguas del proceso completo del beneficiado, después de los ciclos de recirculación y la vinaza es un subproducto líquido de la planta de bioetanol. Estos sustratos corresponden a las materias primas que se suministran al sistema de biogás.

En el Cuadro 1, se presenta un resumen de análisis de las aguas mieles obteni-

das, en una campaña de muestreo en COCAFELOL y en ARUCO, acompañada de una revisión de literatura.

Como se ha presentado en artículos anteriores, los sustratos, como las aguas mieles para los procesos de digestión anaeróbica, tienen un gran potencial para la producción de biogás; pero dado su alto contenido de azúcares, fácilmente fermentables y su alcalinidad nula, es necesario controlar la alimentación al digestor, como también aumentar la alcalinidad interna.

Por la naturaleza de las aguas mieles, para el digestor como tal, se recomienda agregar inóculo en el orden de 10 a 30% del volumen total del digestor (Speece, 2008). Lo ideal sería utilizarlo de un digestor que haya estado en operación, por un buen tiempo (mínimo 4X TRH), con actividad metanogénica alta, buenas propiedades físicas (alta gravedad específica) y que esté climatizado con el sustrato (Bello-Mendoza, 1998; Boopathy, 1987).

## Parámetros de diseño del proyecto

El proyecto fue diseñado bajo conceptos de ingeniería de tratamiento de aguas, utilizando modelos de cinética microbiana y diseños hidráulicos acordes. El Cuadro 2, resume los volúmenes de aguas residuales, generadas diariamente en promedio, como también los parámetros de diseño.

**Cuadro 1.** Características físicas y químicas de las aguas mieles para la digestión anaeróbica

Parámetro	Aguas Mieles			
	COCAFELOL	ARUCO	(Devi, 2008)	(Haddis, 2008)
Demanda química de oxígeno (DQO), mg/L	13.872	16.294	22.000	25.600
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), mg/L	7.252	9.502	12.000	14.200
pH	4	4	4,5	3,6
Sólidos totales (ST), mg/L	6.142	6.732	2.050	ND
Sólidos suspendidos totales (SST), mg/L	3.746	1.200	700	ND
Nitrógeno total (NT), mg/L	213	162	ND	144.5-248*
Fósforo total (PT), mg/L	ND	ND	ND	7-13*
Alcalinidad, mg CaCO <sub>3</sub> /L	1	1	0	0

\* (Adams, 2007). Nitrógeno total (mg/L)



**Cuadro 2.** Volumen de aguas residuales para cada beneficio de café y parámetros de diseño del sistema de biogás

Parámetro	Beneficio	
	COCAFELOL	ARUCO
Flujo (m <sup>3</sup> /día)	9,12	3,31
DQO (mg/L)	66.210	75.056
COA (Kg DQO/m <sup>3</sup> .día)	4	4
TRH (día)	14,7	18,8
Diseño	Flujo ascendente híbrido	Flujo continuo

## Retos y experiencias

Dado el alto riesgo de caída de pH dentro del biodigestor y considerando condiciones óptimas de operación de pH entre 6,4-7,8, así como una alcalinidad que oscila en un rango de 1.000-3.000 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; en ambos beneficios de café, se instaló un sistema de filtración de sólidos mayores de 0,5-1 cm de diámetro, un tanque de acopio y aplicación de alcalinidad artificial, a partir de carbonato de sodio, mediante el uso de bombas semiautomáticas. Actividades operativas, como la falta de adición de alcalinidad al sistema, pueden generar que el proceso de metanogénesis sea bloqueado y de esta forma, se reduce la eficiencia y emisión de gases como dióxido de carbono principalmente, en lugar de metano.

La realización de ambos proyectos requirió de mejoras en el sistema de conducción de afluentes, obra gris para registros y sus tanques para estabilización química de las aguas residuales. Los biodigestores, en geomembrana de PVC VIOGAZ®, permitieron obtener un volumen adecuado, según el tipo de sustrato. Para asegurar la hermeticidad y maximizar la vida útil de los sistemas, fue necesario emplear cercas perimetrales y estructura de protección.

En términos de tratamiento de aguas, los proyectos instalados en ARUCO y en COCAFELOL, presentaron rendimientos similares a los reportados en literatura, de remociones de 60-65% de demanda química de oxígeno, 60-70% de sólidos suspendidos totales, como transformaciones claras de nitrógeno orgánico a amoniacal

(amonificación), proceso importante para el tratamiento de aguas residuales.

El proyecto de COCAFELOL mostró problemas operativos en cuanto a la adición de alcalinidad, por lo que no se logró una concentración de metano superior al 50%. Sin embargo, en ARUCO se consiguió encender exitosamente una llama constante. De igual forma, en los análisis finales de cada proyecto, se estimó una producción importante de 20 m<sup>3</sup> de biogás/día para ARUCO y 45 m<sup>3</sup> de biogás/día para COCAFELOL. Estos volúmenes de biogás representan cantidades interesantes para su uso en generación eléctrica.

## Conclusiones

Desde una perspectiva técnica, es posible producir biogás, a partir de aguas mieles u otros sustratos, como vinaza, del proceso de producción de bioetanol. La tecnología es lo suficientemente flexible para producir biogás con variedad de sustratos.

Por la característica de alta concentración de azúcares, altamente fermentables, durante la producción de biogás, resulta factible obtener gran cantidad de ácidos orgánicos, que potencialmente disminuyan el pH del reactor, a límites no permisibles para la producción de metano. Para mantener el pH en rangos óptimos, es altamente recomendado adicionar alcalinidad externa.



Los beneficios de café tienen gran potencial, pues sus aguas residuales, con altas cargas orgánicas, presentan posibilidades para generar grandes volúmenes de biogás, que podrían ser utilizados para la sustitución de energía eléctrica u otras.

Por la naturaleza de la tecnología de biogás, se tiene también la oportunidad de sistemas con gran capacidad para la reducción de parámetros de agua, que pueden beneficiar los tratamientos ya instalados, para cumplir o bien mejorar los parámetros de vertido, exigidos por la legislación.

## Referencias

Adams, M.; Ghaly, A. E. 2007. Maximizing sustainability of the Costa Rican coffee industry (Vol. 15, pp. 1716-1729): Elsevier.

Bello-Mendoza, R.; Castillo-Rivera, M. F. 1998. Start-up of an Anaerobic Hybrid (UASB/Filter) Reactor Treating Wastewater from a Coffee Processing Plant\* 1 (Vol. 4, pp. 219-225): Elsevier.

Boopathy, R. 1987. Inoculum source for anaerobic fermentation of coffee pulp (Vol. 26, pp. 588-594): Springer.

Devi, R.; Singh, V.; Kumar, A. 2008. COD and BOD reduction from coffee processing wastewater using Avacado peel carbon (Vol. 99, pp. 1853-1860): Elsevier.

Haddis, A.; Devi, R. 2008. Effect of effluent generated from coffee processing plant on the water bodies and human health in its vicinity (Vol. 152, pp. 259-262): Elsevier.

Speece, R. E. 2008. Anaerobic biotechnology and odorcorrosion control for municipalities and industries. Nashville, Tennessee: Archae Press.

## Otros artículos publicados por el autor:

Ing. Joaquín A. Víquez Arias, M.Sc.

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 hidrogeno 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 que 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 digestor anaeróbico. Revista UTN Informa al Sector Agropecuario 13(58):40-45.

Conversión de suero lácteo a biogás. Revista UTN Informa al Sector Agropecuario 14(60):41-45.



**VI OG AZ**  
 ENERGÍA RENOVABLE

Somos especialistas en biodigestores. Instalamos y ponemos en marcha proyectos que convierten desechos en biogás, para el aprovechamiento de energía en su propia finca.



Contáctenos

Telefax: (506) 2265.3374 / Email: info@viogaz.com - www.viogaz.com