

Manejo de Vinazas: Metanización y Compostaje, Aplicaciones Industriales

*Philippe Conil**

Las vinazas, como subproducto de la destilación de alcohol, tienen una carga orgánica muy alta, que las hacen potencialmente contaminantes. Una destilería de 150.000 litros diarios genera la misma carga orgánica que una ciudad de 1 millón de habitantes. La carga orgánica depende sin embargo de la materia prima utilizada (datos aproximados):

- melaza - 7% ST
- jugo de caña – 3% ST
- miel B o mezcla de melaza y jugo de caña – 5% ST

Para facilitar la presentación de esta exposición, utilizaremos las vinazas “más probables” de las destilerías del Valle de Cauca (Colombia), provenientes de una mezcla de 40% de melaza y 60% de jugo de caña, o de una miel B, con una carga contaminantes del orden de 5% a 6% de ST (DQO de 50.000 a 60.000 mg/l).

Afortunadamente la naturaleza de esta carga orgánica facilita su manejo y aprovechamiento. La vinaza siendo muy concentrada, el volumen a manejar es bajo: 13 m³/m³ de alcohol generado, o aún menos en caso de recirculaciones internas de la vinaza (hasta 4 m³/m³). Además todos los componentes de la vinaza provienen de la materia prima (jugo de caña y melaza) y pueden servir de abono o aún alimento. No hay patógenos ni metales pesados ni componentes tóxicos. Los principales limitantes a su uso son su alto contenido de potasio, del orden del 6% de sus ST (Sólidos Totales), tanto para abono como para alimento, así como su alto contenido de sulfuros.

Este subproducto es idóneo, y aún ideal, para metanización, a saber para su descomposición anaerobia (en ausencia de aire), primer paso de su tratamiento como efluente. Su conveniencia para metanización varía sin embargo según la materia prima utilizada para la producción de alcohol, siendo ideal el jugo de caña y más complicada la melaza, por su mayor contenido de sulfato.

La metanización es la forma más común de tratamiento de las vinazas en el mundo, a la par con la ferti-irrigación. Su tratamiento por

compostaje (en pilas aireadas) es menos común pues implica la disponibilidad de grandes cantidades de cachaza u otra materia prima como soporte seco y fibroso.

Compostaje

El compostaje es una técnica centenaria que aplica para residuos secos y fibrosos. No es aplicable a la vinaza líquida ni concentrada en sí, pero las vinazas pueden ser añadidas al proceso de compostaje de otros residuos (co-compostaje). Una tecnología similar se utiliza para lodos de depuradoras, así como para los lodos de la industria petrolera. La cachaza de los ingenios azucareros es un sustrato ideal para compostaje. El compostaje de la cachaza permite reducir su humedad, volumen y peso, y en consecuencia reducir sus costos de transporte y de aplicación. Por esta razón este compostaje suele justificarse económicamente, con y sin adición de vinazas. Un Ingenio de 5.000 T de caña por día en el Valle del Cauca produce hasta 300 toneladas diarias de cachaza. En otras partes del planeta (países que tienen una zafra limitada a la estación seca) la producción de cachaza es un poco menor por tonelada de caña molida, pero esta cachaza es mas seca y orgánica que en Colombia, donde la cosecha de la caña a lo largo del año arrastra mucha tierra.

La adición de vinaza al compostaje de cachaza se hace desde hace más de 20 años en el mundo, con bastante éxito. Sin embargo las cantidades añadidas son generalmente menores de 1 m³ de vinaza por tonelada de cachaza. Esta proporción no permite dar una “solución” al manejo de las vinazas pues representa una parte pequeña de la vinaza generada. Un ingenio de 5.000 t/día con destilería (60% jugo + 40% melaza) produce 150.000 litros de alcohol al día y 2.000 m³ de vinazas al día, de las cuales solo 300 m³ (15%) pueden ser incorporadas al compostaje de la cachaza.

Dos vías existen para aumentar este porcentaje: (1) la recirculación de las vinazas dentro de la destilería, para reducir el volumen de descarga (pero aumentar su concentración).

Se puede llegar a generar solo 600 m³ de vinaza por día al 17% de ST, en vez de 2.000 m³ al 5%; y (2) La concentración de las vinazas por evaporación.

Ambos sistemas son factibles, con sus ventajas y desventajas. Pueden también ser combinados. Debe de aclararse que la concentración de las vinazas por evaporación tiene un costo relativamente alto de energía, así como de químicos para el lavado periódico del sistema, y además genera otro tipo de aguas residuales (las flemazas) que deben también ser tratadas.

En los mejores casos, la cantidad de vinaza se puede reducir a 4 m³/m³ de alcohol, lo que permite co-compostarlas con cachaza en proporciones de 2 a 1. Es difícil pero factible. Depende de la composición de la cachaza y de la pluviosidad. Es mucho más difícil en Colombia que en países con zafra. Más concentrada la vinaza, más difícil es aumentar su proporción en la mezcla. Al contrario, si hablamos de vinaza tratada, se asemeja a agua de riego y es más sencillo aumentar la dosis de aplicación.

Metanización

La metanización, o degradación anaerobia de los efluentes, es una tecnología muy eficiente para remover la carga de las vinazas. Permite remover más de 90% de su DBO, aunque solo unos 70% de su DQO (Demanda Química de Oxígeno), pues una parte de la DQO está en forma "dura" (no biodegradable); esta fracción es muy baja cuando la materia prima es jugo de caña, muy alta cuando es melaza, e intermedia cuando se utiliza miel A o miel B.

Sucromiles y Nabisco-Fleishmann en el Valle del Cauca mostraron en los años noventa dos ejemplos a gran escala de metanización de vinazas. El primero utilizó un sistema de lagunas anaerobias cubiertas, y el segundo de reactor de tipo UASB, pues el tipo de vinaza era diferente, así como el vecindario, lo que implicaba diseños diferentes.

La metanización genera biogas como subproducto. Este biogas de vinazas puede tener altas concentraciones de H₂S (componente corrosivo, tóxico y oloroso) cuando la proporción de melaza es alta en la materia prima, pues la melaza tiene altas concentraciones de sulfatos, provenientes del proceso de sulfitación del jugo, que se reducen a sulfuros en el proceso anaerobio. También puede generar olores, por escapes de biogas no captado, o por descargas del efluente con biogas disuelto. Este riesgo

nuevamente es alto cuando se trata de vinaza de melaza y es más bajo cuando se trata de vinaza de jugo de caña.

La metanización es sólo el primer paso de una cadena de tratamiento, hasta cumplir con las normas de descarga fijadas por la Autoridad ambiental.

El principal inconveniente de este sistema de manejo para los Ingenios del Valle del Cauca es la necesidad de cumplir con las normas de descarga fijadas por la autoridad ambiental (200 mg/l de DBO = 99,1% de remoción). Una remoción de DBO tan alta implica una gran cadena de lagunas de 'post-tratamiento', preferiblemente aireadas, con un buen nivel de operación y mantenimiento. Es difícil pero realizable.

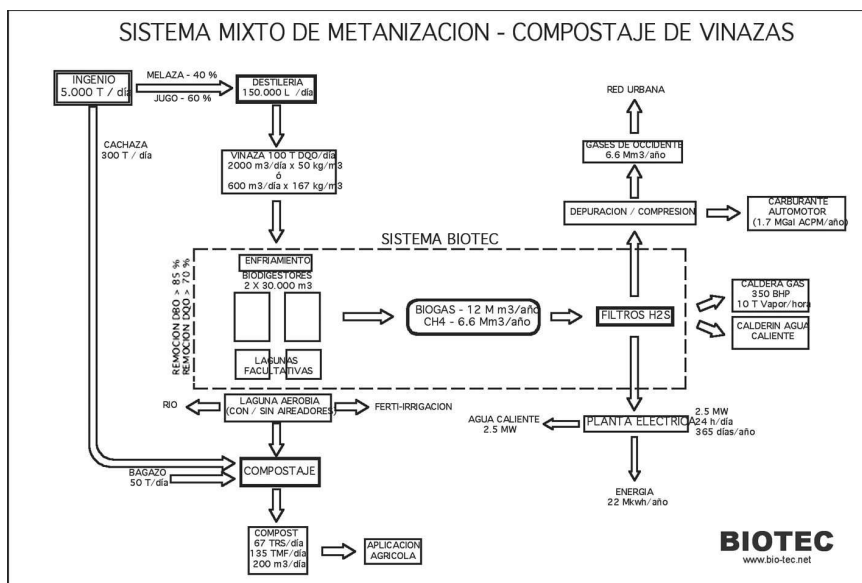
Pero la metanización 'controlada' tiene también ventajas sustanciales para las destilerías, entre ellas:

- Genera altas cantidades de biogas, que hoy en día tiene un mayor valor en el mercado que hace 2 años, por el incremento del precio del petróleo. El mundo está buscando fuentes renovables de energía, y los Ingenios tienen la posibilidad de ser unos actores importantes en este suministro. El biogas puede servir para: Vender a Gases de Occidente para distribución domiciliaria / Generar vapor en una caldera de gas, y electricidad con una turbina (24 horas al día, 365 días al año) / Generar agua caliente para precalentar el agua de las calderas / Generar electricidad en motores de gas o turbinas de gas.
- Permite registrar el proyecto como MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio- Protocolo de Kyoto), no solo por la sustitución de energía fósil, sino por evitar la liberación de metano a la atmósfera, que es uno de los principales gases de efecto invernadero. Con este registro los Ingenios pueden vender sobre el mercado internacional, y Europeo en particular, "Certificados de Reducción de Emisiones" de carbono (CER, o "Bonos de Carbono").
- Permite aumentar la dosis de aplicación de vinaza (tratada) al compostaje de cachaza, pues en vez de aplicar una materia prima, está aplicando un líquido diluido que se

asemeja a agua de riego. De esta manera es posible aplicar hasta 3 o 4 m³ de vinaza por tonelada de cachaza, y en ciertos casos disponer

de toda la vinaza sin descarga alguna al río.

- Facilita los proyectos de ferti-irrigación (el efluente tratado es de aplicación más fácil que la vinaza cruda.



Esquema de flujo de un sistema 'mixto' de metanización-compostaje de las vinazas.

Costos aproximados de los sistemas

Inversión

Sistema bio-tec de metanización para 100 t DQO/día: US\$1.5 millones.

Sistema de compostaje de cachaza y vinazas: US\$1 millón (incluyendo equipo de aplicación agrícola por voleo)

aprovechamiento del biogas: función del tipo de aprovechamiento (los sistemas de menor costo son el uso en calderones y calderas, o la venta a Gases de Occidente) ingresos potenciales

Certificados de carbono: 100,000 t CO₂/año = US\$600,000 por año

Energía: Función del tipo de aprovechamiento y del costo de la energía sustituida.

Costos de O&M

Biodigestores: US\$100.000/año

Aprovechamiento del biogas: función del tipo de aprovechamiento.

Ejemplos en otros tipos de agroindustrias:

Estos sistemas de metanización de cargas orgánicas altas se utilizan también en otros tipos

de agroindustria como las de caucho, de palma africana o de yuca.

Los efluentes de las extractoras de aceite de palma tienen también concentraciones de DQO del orden de 60.000 mg/l, DBO de 30.000 mg/l y SS de 25.000 p.p.m. Estos efluentes son también concentrados en potasio, salen a 80 grados de la fábrica y tienen un pH de 4. El sistema más común de tratamiento de estos efluentes, muy similares a las vinazas, es el lagunaje (serie de lagunas), hasta cumplir con las normas ambientales, que en Asia son usualmente de menos de 200 mg de DBO/l. En Colombia existen unas 40 extractoras de aceite de palma, que en su casi totalidad utilizan este sistema de tratamiento, que inicia con grandes lagunas anaerobias, generadoras de biogas, y termina con lagunas de pulimento.

Las extractoras de aceite tienen también un residuo fibroso y relativamente seco, similar a la cachaza de los Ingenios (raquis o tuza), pero son muy escasas en el mundo las extractoras que realizan un sistema directo de co-compostaje, pues se genera tres a cuatro veces más efluente que raquis, y este sistema de co-compostaje es de difícil manejo.

La captación y el aprovechamiento del biogas de las lagunas anaerobias es tema de actualidad en el sector palmero desde hace un año, por varias razones:

- los acuerdos de Kyoto permiten la comercialización de Certificados de Carbono de Emitido (mecanismos MDL) que generan un ingreso sustancial a los palmicultores que captan el biogas de sus lagunas o las convierten en biodigestores. La Federación de palmicultores, FEDEPALMA, está negociando para todos ellos un acuerdo-marco “sombrija” que les permita beneficiarse de estos ingresos con un mínimo de desgaste administrativo.
- el biogas tiene un valor que incrementa a la par con el precio del petróleo; la mayoría de estas empresas no está conectada a la Red y depende en parte de plantas eléctricas diesel. El biogas sustituye el diesel. En otras extractoras el biogas pre-calienta el agua de caldera o mantiene una producción de vapor y electricidad permanente, los 365 días al año.
- en algunos países (no es el caso de Colombia) el Estado promueve la generación de electricidad con fuentes alternas de energía, y obliga a los distribuidores a comprarla a buen precio (mayor a 6 centavos de dólar por kWh); es el caso de Honduras por ejemplo. En Bélgica, además de un precio de compra de la electricidad al precio (muy bajo) del mercado, los productores de electricidad renovable comercializan “Certificados Verdes” cuyo valor por kWh generado es mas del doble del valor de la electricidad vendida.

La biodigestión se hace en biodigestores de concreto, o mucho más comúnmente en lagunas anaerobias cubiertas (carpa flotante). BIO-TEC ha sido pionero en Colombia en el tratamiento de efluentes agro-industriales y en particular en el aprovechamiento del biogas de las lagunas de palma.

Componentes de un sistema Biotec de metanización para efluentes de alta carga orgánica

- Enfriamiento
- Lagunas de tierra impermeabilizadas, con TRH superior a 25 días

- Sistema de alimentación del efluente
- Sistema de recolección del efluente
- Sistema de agitación interna
- Sistema de purga diaria o semanal
- Sistema de disposición de los lodos de purga (co-compostaje, ferti-irrigación o lechos de secado)
- Sistema de captación del biogas (carpa flotante)
- Red de biogas (conducción, remoción de la humedad, filtros de H₂S, compresión)
- Sistema de control y monitoreo, incluyendo PLC y control remoto (por Internet)

El aprovechamiento del biogas se hace mayormente en motores de gas (o dual-fuel) para generar electricidad (Palmeiras y PSE en Tumaco) o en calderas (Cartones América en Cali o Sucromiles en Palmira); en algunos casos para distribución urbana (Sololá en Guatemala) o alumbrado de gas (Liofilizado en Chinchiná).

En Colombia la primera planta de metanización de efluentes de palma por medio de lagunas cubiertas se encuentra en Tumaco (PALMEIRAS S.A., producción de 500 kW). BIOTEC está ahora montando una planta en Honduras para la venta de 1 MW a la Red nacional (ENEE).

Formas de contratación

Si bien existe una cultura “nacional” de contratación de proyectos por fases independientes (diseño, compras, montajes, puesta en marcha, y operación), este sistema que diluye la responsabilidad del funcionamiento entre varios operadores, no es adaptado a proyectos complejos que involucren procesos biológicos, como es el caso de sistemas de metanización. El diseñador debe de responsabilizarse del correcto funcionamiento de sus sistemas.

Se aconseja la compra de estas plantas ‘llave en mano’, incluyendo puesta en operación, y ojalá con varios años de operación incluida. Empresas como BIOTEC ofertan también estos sistemas por concesión, por mas de 20 años, en los cuales se encargan de la inversión y de la operación, y amortizan su inversión y costos con la venta del biogas y de los Créditos de Reducción de Emisiones.