

# El aprovechamiento del biogás de las lagunas de estabilización: perfil del proyecto "Palmeiras" en Tumaco (Colombia)

Use of the biogás from stabilization lagoons. Outline of the Palmeira project in Tumaco (Colombia)

Philippe Conil <sup>1</sup>

## RESUMEN

Las extractoras de aceite de palma generan efluentes contaminantes, de muy alta D.Q.O. (+/- 60.000 ppm) y bajo pH. El sistema más común de tratamiento de estos efluentes son las lagunas en serie. Estas lagunas tienen algunos inconvenientes ambientales y operativos como: a) la contaminación del agua freática; b) la colmatación paulatina de las lagunas con los lodos biológicos generados por la descomposición de la materia orgánica; c) la emanación de grandes cantidades de metano (biogás) en la (o las) laguna anaerobia; d) la generación de olores cuando su funcionamiento es deficiente. Para lidiar con estos inconvenientes, la mayoría de los cuales se va presentando paulatinamente en los años que siguen a la puesta en operación, cada palmicultor suele improvisar su solución "personal", aunque a la fecha muy pocos han podido evitar la contaminación de la atmósfera con el metano. La Extractora PALMEIRAS (Tumaco) ya disponía de lagunas tradicionales eficientes y optimizó su sistema para reducir su impacto ambiental (lodos, metano) y sobre todo para recuperar y valorizar el biogás generado por su laguna anaerobia, evaluado inicialmente en unos 45.000 US\$ por año, para la generación de la electricidad. La producción real de gas superó a las expectativas iniciales. Con la tecnología de cobertura de su laguna anaerobia con carpa PVC (INGEOSINTETICOS) y el aprovechamiento del biogás para la producción de electricidad (BIOTEC), PALMEIRAS no sólo ha reducido sustancialmente las emanaciones de metano a la atmósfera, sino que ha logrado economías importantes de combustible diesel que permiten amortizar en año y medio la inversión realizada.

## SUMMARY

Palm Oil Mills generate contaminant effluents (P.O.M.E.) with high C.O.D. (+/- 60,000 ppm) and low pH. The most common treatment for this effluents are the ponds or lagoons in series. Nevertheless, these ponds have some environmental and operative drawbacks such as: a) Pollution of the underground water; b) Gradual clogging of the lagoons with the biological sludge generated by the degradation of the organic matter; c) The generation of big quantities of methane (biological gas) in the anaerobic lagoon(s); d) Odor generation when the system is failing. To avoid these inconvenient, which mainly arise as years go by, each mill usually implements and tests its "personal" solution. Although up to date very few of them have been able to avoid atmospheric methane contamination. The palm oil mill PALMEIRAS, located in Tumaco, Colombia, put in operation an efficient pond system many years ago, optimizing it to reduce its environmental impact (sludge, methane), and above all to collect and use the biological gas generated by its main anaerobic pond, considered worth 45.000 US\$ per year, to generate electricity. The actual gas production has proved to be considerably more. With the use of technology for the covering of its lagoon with PVC liner (INGEOSINTETICOS) and the utilization of biological gas for electricity production with dual fuel engines (BIOTEC), PALMEIRAS has not only reduced the emanations of methane to the atmosphere, but has also obtained significant savings of diesel fuel which offer return on investment within two years.

Palabras claves: Plantas extractoras. Lagunas de estabilización, Biogás, Combustibles, Aguas residuales, Contaminación, Medio ambiente.

<sup>1</sup> Director para Latinoamérica. Biotec Colombia S.A.. celi@bio-tec.net. Cali, Colombia.

## INTRODUCCIÓN

### El sistema tradicional y sus limitaciones

Las extractoras de aceite de palma generan efluentes contaminantes de muy alta Demanda Química de Oxígeno (DQO) (+/- 50.000 ppm) y bajo pH. El sistema más común de tratamiento de estos efluentes es el de las lagunas en serie. Las primeras lagunas pequeñas de la serie sirven para el enfriamiento del efluente y la recuperación del aceite residual, la laguna principal para la descomposición anaerobia y las siguientes para el pulimento aerobio del efluente. Esta cadena de lagunas permite lograr eficiencias de remoción de la DBO del 95 al 99 %.

En estas lagunas la puesta en operación o arranque es lenta y difícil, por las necesidades de grandes volúmenes iniciales de inóculo, pero son muy estables una vez estén en operación, y tienen durante los primeros años bajos costos de operación. Sus inconvenientes principales son:

- la contaminación del agua freática (infiltración, percolación), a menos de contar con un terreno arcilloso o con un plástico de protección en el fondo de la laguna ("liner").
- la colmatación paulatina de las lagunas con los lodos biológicos generados por la descomposición de la materia orgánica; esta colmatación reduce año tras año el volumen útil de las lagunas y provoca un arrastre de sólidos en suspensión con el efluente final, lo que reduce las eficiencias de remoción del sistema de tratamiento; esta colmatación implica también costos puntuales elevados para el retiro y la disposición de estos lodos (usualmente cada 5 años).

la emanación de grandes cantidades de metano (biogás) en las lagunas anaerobias, el cual contamina la atmósfera y es uno de los

principales gases responsables del calentamiento del planeta, a la par con el CO<sub>2</sub> y los CFC (fluoro), pero en mucha mayor proporción por tonelada de carbono emitido que el mismo CO<sub>2</sub>.

- la posible generación de olores, que implica generalmente alejar las lagunas de la fábrica, lo que incrementa los costos de alcantarillado y dificulta la vigilancia y seguimiento.

Para lidiar con estos inconvenientes, la mayoría de los cuales se va presentando paulatinamente en los años que siguen a la puesta en operación, cada palmicultor suele improvisar su solución "personal", aunque a la fecha muy pocos han podido evitar la contaminación de la atmósfera con el metano.

Es obvio que las lagunas, de igual modo que los rellenos sanitarios, son fuentes de contaminación que deben ser controladas para cumplir con las normas ambientales actuales y futuras. Las medidas de control y mitigación del impacto ambiental de las lagunas incrementa, por supuesto, los costos de inversión en el tratamiento de los efluentes, y solo se implementarán si así lo exige la Autoridad Ambiental.

Ocurre lo mismo con los rellenos sanitarios, que son un sistema sencillo y "barato" de disposición



Fotografía de la laguna cubierta para recuperar el gas (Palmeiras).

de las basuras urbanas e industriales. Cuando no existen normas o control sobre estos rellenos, caso común, éstos permiten conseguir unas tarifas de disposición de basuras muy razonables del orden de US\$ 6 por tonelada, y en consecuencia tarifas razonables al usuario, mientras el incremento de las exigencias ambientales hace crecer las tarifas, hasta llegar a valores prohibitivos del orden de US\$ 100 por tonelada de basura en el norte de Europa (sistemas de incineración de la basura con tratamiento avanzado de los gases de combustión, incluyendo las dioxinas).

## SOLUCIONES

Para evitar los impactos ambientales del sistema tradicional de lagunas, y los costos de rehabilitación, operación y mantenimiento a largo plazo, se presentan al palmicultor dos opciones:

- Opción 1: Tratar los efluentes en biodigestores en vez de lagunas. El biodigestor sustituye las lagunas anaerobias y permite evitar la contaminación del agua freática, la contaminación de la atmósfera, y los costos y dolores de cabeza del manejo de los lodos en exceso (en este sistema los lodos en exceso se purgan semanalmente por gravedad a unos lechos de secado, filtro-banda o centrifuga). Permiten, además, la recuperación y valorización energética del biogás, para alimentar las plantas eléctricas o para cualquier otro uso energético.
- Opción 2: Cubrir las lagunas anaerobias con carpas para recuperar el biogás generado, e instalar un sistema de purga de los lodos, acompañado de un sistema de deshidratación de estos lodos para facilitar su manejo y aprovechamiento.

Adicionalmente, algunas extractoras aprovechan los efluentes tratados como fertilizante orgánico líquido para la plantación, mediante riego por gravedad, por aspersion, por micro-aspersion o por goteo.

La Opción 1, así como la ferti-irrigación de la plantación con los efluentes por micro-aspersion,

fue desarrollada en Palmar Santa Elena en Tumaco (Nar.), a partir de 1990. Esta extractora construyó los biodigestores a la par con la extractora, y se volvió con los años un modelo nacional e internacional en el manejo de los efluentes.

## EL CASO DE PALMEIRAS

La Opción 2 fue escogida por la Extractora Palmeiras en Tumaco, que ya disponía de lagunas tradicionales eficientes, y quiso optimizar su sistema, reducir su impacto ambiental (lodos, metano) y, sobre todo, recuperar y valorizar el biogás generado por su laguna anaerobia, evaluado en unos US\$ 45.000 por año, para la generación de la electricidad.

Palmeiras procesa 30.000 toneladas de fruto por año y genera unos 100 metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de efluentes por día. Tiene dos series de lagunas, que aprovechan la topografía del lugar. Decidió en 1998 cubrir su laguna anaerobia principal, que tiene un tamaño de 70 metros por 30 metros, para la recuperación del biogás. Encargó a Biotec Colombia S.A. de la recolección, filtración, conducción y aprovechamiento del biogás en las plantas eléctricas.

Palmeiras tiene dos plantas eléctricas Caterpillar CAT 3408 de 300 kW para la generación de la electricidad requerida por la planta extractora y por la palmistería (de solventes), y una planta más pequeña de 180 kW para el alumbrado y funcionamiento del complejo industrial cuando las dos fábricas están paradas. Las dos plantas principales trabajan entre 12 y 24 horas por día.

## LOS FUNDAMENTOS DEL PROYECTO

El concepto del sistema de manejo del biogás es el siguiente:

- 1) Adaptación al biogás de las dos plantas eléctricas Diesel, para que funcionen como sistema Dual-Fuel (quemando los dos combustibles al mismo tiempo). Para lograrlo se inyecta el biogás en la tubería de succión de aire del motor, entre el filtro de aire y el turbo.

Este sistema Dual-Fuel permite economizar entre un 40 y un 80% del ACPM (combustible Diesel), según el tipo de adaptación (con o sin la regulación automática del flujo de biogás en función de la carga del motor).

- 2) Por la ubicación del sistema de inyección del biogás, entre el filtro de aire y el turbo, no es indispensable instalar un compresor para la succión del biogás. El sistema de conducción y filtración se diseñó de tal modo que la succión del turbo sea suficiente para conducir el biogás de la laguna a las plantas eléctricas, ubicadas a 200 metros de distancia, en cantidad suficiente para alimentar los motores.
- 3) Para alimentar las plantas eléctricas sin riesgo de corrosión de los motores, en particular de las piezas de cobre y de bronce en contacto con el aceite del motor, es necesario reducir la concentración de ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) del biogás, que es del orden de 1.400 ppm (0,14 %). Para lograrlo se implementó un sistema de filtración biológica con bacterias del género *Thiobacillus*, que crecen en el medio gracias a una microinyección de oxígeno en el biogás. El sistema de filtración biológica tiene dos etapas (dos medios de soporte): la superficie de la laguna, y una torre empacada con material orgánico. La primera etapa permite reducir la concentración de  $H_2S$  a menos de 400 ppm, y la segunda a valores inferiores a 80 ppm. Adicionalmente se incluyó en línea un filtro químico tradicional con óxido de hierro que sirve de pulimento y de sistema de emergencia, y reduce la concentración de  $H_2S$  a valores inferiores a 30 ppm.

Sobre la base de estos tres principios, Dual-Fuel, succión "natural" sin compresor y filtración biológica del biogás, se montó un sistema de manejo del biogás que se esquematiza en el diagrama adjunto.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El sistema de aprovechamiento del biogás de la laguna de Palmeiras funciona desde abril de

1999. Esta primera fase del Proyecto no incluye la regulación automática del caudal de biogás en función de la carga del motor, así que la economía de ACPM (combustible Diesel) ha sido sólo, en promedio, de 40 % para ambos motores.

La concentración del biogás en  $H_2S$  no supera 50 ppm aunque el límite de seguridad que se fijó es de 200 ppm. El sistema ha mostrado ser sencillo de operar, aun en las condiciones particulares de una extractora de tamaño mediano, ubicada lejos de sus oficinas administrativas.

El principal problema observado después de seis meses de operación es el manejo de los excesos de biogás, particularmente en días festivos: se liberan a la atmósfera por los sellos de seguridad o por las zanjas de tierra alrededor de la laguna. Además, la carpa que cubre la laguna se mantiene inflada y tensionada en permanencia.

El hecho de contar con una producción de biogás superior al consumo justifica para la Extractora optimizar ahora el sistema de adaptación Dual-Fuel de los motores, con una regulación automática del caudal de biogás en función de la carga del motor para lograr una economías de ACPM del 80% en vez del 40%.

Con la tecnología de cobertura de su laguna anaerobia y de aprovechamiento del biogás para la producción de electricidad, Palmeiras no sólo ha reducido sustancialmente (y próximamente suprimirá del todo) las emanaciones de metano a la atmósfera, sino que ha logrado economías sustanciales de combustible ACPM que permitirán amortizar en dos años la inversión realizada.

## AGRADECIMIENTOS

A las empresas PALMEIRAS (Tumaco) y BIOTEC COLOMBIA S.A. (Cali) por haber permitido el uso de la información relativa a este proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

BIOTEC: [www.bio-tec.net](http://www.bio-tec.net) en el icono PUBLICACIONES.