

La valorización de los subproductos de la planta de tratamiento de los efluentes de la extractora de aceite de palma "Palmar Santa Elena" en Tumaco, Colombia

The valorization of the sub-products of the effluent treatment plant of the palm mill "Palmar Santa Elena" in Tumaco, Colombia

Philippe Conil¹

RESUMEN

Las extractoras de aceite de palma generan varios subproductos: raquis, fibra, cuesco, efluentes (lodos). La generación de efluentes es del orden de 0.8 m³ por tonelada de fruto procesado (promedio en Colombia) y puede llegar hasta 1 m³/T en ciertas extractoras. Estos efluentes tienen una alta concentración en D.Q.O. (Demanda Química de Oxígeno) (40 a 60.000 ppm), D.B.O. (20 a 40.000 ppm) y S.S. (Sólidos Suspendidos) (20 a 30.000 ppm). Además son ácidos (pH de 4 a 4.5) y aceitosos (+/- 5.000 ppm). Representaban la cuarta fuente de contaminación de los ríos en Colombia (antes de proceder a su tratamiento), y la primera fuente de contaminación en las zonas productoras de aceite de palma, muy por encima de las poblaciones. La industria de la palma es un caso favorable para el aprovechamiento de los tres subproductos del tratamiento de los efluentes (biogás, lodo, efluente tratado), pues tiene requerimientos de energía para la fábrica y de fertilizante y materia orgánica para el cultivo. La Extractora de Aceite de palma. Palmar Santa Elena, que procesa unas 24.000 toneladas de fruto al año (9 T/ hora) montó en 1990 unos biodigestores tipo BIOTEC para el tratamiento de los efluentes (volumen de biodigestores de 500 m³ ; capacidad de tratamiento de 65 m³ de efluente por día que corresponden a una molienda de 80 toneladas por día), y amortizó rápidamente su inversión con la valorización de los subproductos de estos biodigestores, a saber el biogás, el lodo seco y el efluente tratado (bioabono). El aprovechamiento de estos subproductos ha sido un objetivo prioritario de la extractora desde la conceptualización de la fábrica y de su sistema de tratamiento en 1990, para evitar hasta tanto se pueda toda contaminación del aire con metano y del agua con los efluentes "tratados", y para lograr obtener un retorno de la inversión en el sistema de tratamiento. Sin embargo este aprovechamiento sólo inició en 1994 por las inversiones adicionales requeridas: purificación del biogás, adaptación de la planta eléctrica a biogás, y construcción de un sistema de ferti-irrigación (riego) por micro-aspersión.

SUMMARY

The oil mills generate many sub-products: rachis, fiber, fruit stone, effluents (sludge). Effluent generation is in the order of 0.8 m³ per processed fruit ton (average in Colombia), and can reach 1 m³/T in certain mills. These effluents have a high concentration of D.Q.O. (Chemical Oxygen Demand) (40 to 60 ppm), D.B.O. (20 to 40,000 ppm) and S.S. (Suspended Solids) (20 to 30,000 ppm). They are also acid (4 to 4.5 pH) and oily (+/- 5,000 ppm). They represented the fourth contamination source of the rivers in Colombia (before the treatment began), and the first source of contamination in oil palm producing regions, far from small towns. The palm industry is a favorable case for the utilization of its three sub-products from effluent treatment (biological gas, sludge, treated

¹ Director para Latinoamérica. Biotec de Colombia S.A. cali@bio-tec.net. Cali, Colombia.

effluent), because it has energy requirements for the factory and of fertilizer and organic matter for the crop. Oil palm mill. Palmar Santa Elena, which processes about 24,000 tons of fruit per year (9 T/hour) installed in 1990 BIOTEC bio-digestors for the treatment of effluents (volume of the bio-digestors 500 m³; treatment capacity of 65 m³ of effluent per day, which corresponds to one 80 ton milling per day). It quickly recovered the investment with the profits of the sub-products of these bio-digestors: biological gas, dry sludge, and the treated effluent (biological fertilizer). The utilization of these sub-products has been a primary objective of the mill since the conceptualization of the factory and its treatment system in 1990. This to avoid the most air contamination with methane and water contamination with the "treated effluents", as well as to obtain a return in the investment of a treatment system. Nevertheless this utilization only began in 1994 because of the required additional investments; biological gas purification, adaptation of the electric plant to biological gas, and construction of an irrigation (ferti-irrigation) system by micro-aspersion.

Palabras claves: Aceite de palma. Aguas residuales. Lodos, Biodigestores, Subproductos, Tratamiento de aguas residuales, Biogás, Bioabono, Combustibles, Fertiirrigación, Energía

INTRODUCCIÓN

Las plantas extractoras de aceite de palma generan varios subproductos: ráquis, fibra, cusco, efluentes (lodos y aguas residuales). La generación de efluentes es del orden de 0,8 m³ por tonelada de fruto procesado, promedio en Colombia, y puede llegar hasta 1 m³/t en ciertas extractoras. Los efluentes tienen una alta concentración en Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 40.000 a 60.000 ppm, en Demanda Química de Oxígeno (DQO) 20.000 a 40.000 ppm y Sólidos Suspendidos (S.S.) de 20.000 a 30.000 ppm. Además son ácidos (pH de 4 a 4,5) y aceitosos (+/- 5.000 ppm).

Antes de proceder a su tratamiento, los efluentes representaban la cuarta fuente de contaminación de los ríos en Colombia, y la primera fuente de contaminación en las zonas productoras de aceite de palma, muy por encima de las poblaciones.

La industria de la palma es un caso favorable para el aprovechamiento de los tres subproductos del tratamiento de los efluentes (biogás, lodo, efluente tratado), pues tiene requerimientos de energía para la fábrica y de fertilizantes y materia orgánica para el cultivo.

La extractora de aceite de palma, Palmar Santa Elena, que procesa unos 24.000 toneladas de fruto al año (9 t/hora), montó en 1990 unos biodigestores tipo BIOTEC para el tratamiento de los efluentes (volumen de biodigestores de 500 m³; capacidad de tratamiento de 65 m³ de

efluente por día que corresponden al procesamiento de 80 toneladas de fruto por día), y amortizó rápidamente su inversión con la valorización de los subproductos de estos biodigestores, a saber el biogás, el lodo seco y el efluente tratado (bioabono).

El aprovechamiento de estos subproductos ha sido un objetivo prioritario de la planta extractora desde la conceptualización de la fábrica y de su sistema de tratamiento en 1990, para evitar tanto como se pueda toda contaminación del aire con metano y del agua con los efluentes tratados, y para lograr obtener un retorno de la inversión en el sistema de tratamiento. Sin embargo, este aprovechamiento sólo se inició en 1994 por las inversiones adicionales requeridas: purificación del biogás, adaptación de la planta eléctrica a biogás, y construcción de un sistema de fertirrigación (riego por microaspersión).

APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS

Producción: aproximadamente 800 m³ por día (34 m³ por hora)

Composición aproximada: metano 65%, CO₂ 34%, Ácido sulfhídrico (H₂S) 0,14%

En las plantas extractoras de aceite de palma no hay necesidad de una fuente alterna de energía para la caldera, pues ésta es alimentada por las fibras de la palma, que es otro subproducto del

proceso, o sea que el costo del combustible para la fábrica es nulo. Los únicos requerimientos importantes de combustible provienen de las plantas eléctricas (diesel) que suministran la electricidad requerida por el proceso (unos 200 kW para 9 toneladas de fruta por hora) y por el alumbrado.

El consumo de ACPM (combustible diesel) de la planta principal es de 10 galones por hora, o sea 1,1 galón por tonelada de fruto procesado. Para aprovechar el biogás, la planta eléctrica se adaptó al tipo de combustible mediante el sistema Dual-Fuel. Para esto se inyectó el gas al motor por la tubería de alimentación en aire. El sistema DUAL permite alimentar el motor con los dos combustibles al mismo tiempo (ACPM y gas) en una proporción escogida. La ventaja de este sistema es el bajo costo de la adaptación y su gran versatilidad, ya que la planta eléctrica puede pasar en unos pocos segundos del funcionamiento DUAL al funcionamiento normal con ACPM. Su inconveniente es la economía limitada de combustible diesel, que es sólo del orden de 50%, para evitar todo aceleramiento del motor en caso de bajón de la carga. Existen unos dispositivos que permiten regular la entrada de gas en función de la carga del motor (automatización), y permiten economizar hasta el 85% del combustible diesel, pero por su alto costo (aproximadamente US\$ 5.000) se descartó en una primera etapa.

Para proteger el motor de la posible corrosión debida al pequeño porcentaje de ácido sulfídrico (H_2S) del biogás, se instalaron dos sistema de purificación del biogás, el primero de tipo biológico, que tiene una eficiencia del 90 al 95% en la remoción del H_2S , con costos de operación despreciables, y el segundo, por seguridad, de tipo tradicional químico, haciendo pasar el biogás en unos filtros de óxido de hierro. El contenido de H_2S del biogás que llega a la planta eléctrica nunca pasa de 50 ppm.

La operación de la planta eléctrica por sistema DUAL ha mostrado ser práctica y eficiente, y no ha creado problema alguno a la planta eléctrica. La economía de ACPM es de 5 galones por hora, o sea 0,55 galones por tonelada de fruta procesada. Para una procesamiento de 24.000

toneladas por año, la economía de combustible para la planta eléctrica es de 13.200 galones anuales, o sea unos US\$ 14.000 anuales.

La planta eléctrica consume sólo unos 40 m³ de biogás por hora, y la fábrica trabaja generalmente un solo turno (años 1994-1996), lo que significa que existe un gran excedente de biogás no valorizado, el cual se quema de noche en una tea. Este exceso de biogás se debe a la corta operación diaria de la fábrica hasta la fecha (un promedio de 9 horas diarias) y al bajo porcentaje de sustitución del combustible (50%). Con el incremento del procesamiento anual de fruto y en consecuencia de la operación de la fábrica (promedio esperado de 16 horas), y/o con un incremento en la sustitución del ACPM gracias a la automatización del sistema (80% en vez de 50%), la planta extractora puede economizar hasta US\$ 33.000 de combustible diesel por año, que es el objetivo gerencial a lograr.

Su valorización por fuera de la fábrica sería otro buen negocio para Palmar Santa Elena y permitiría duplicar o triplicar los ingresos actuales por concepto de biogás, pero no hay consumo de energía a 3 kilómetros a la redonda. Existe la posibilidad de distribuir este gas al caserío más cercano (Candelillas) para su distribución a las 250 viviendas para cocinar con gas. Este proyecto es sin duda factible y es además social y económicamente atractivo, pero requiere de un cierto grado de coordinación y apoyo del sector público, que dificultan su implementación.

APROVECHAMIENTO DEL BIOABONO (EFLUENTE TRATADO)

Nota: La remoción de DQO y DBO está comprendida entre el 92 y el 98%.

Composición del bioabono en promedio:

- Sólidos Totales (ST): 8 kg/m³
- DQO: 2,1 kg/m³
- N: 0,6 kg/m³
- P₂O₅: 0,25 kg/m³

Producción anual de nitrógeno (para un procesamiento anual de 24.000 t de fruto):
 $0,6 \text{ kg/m}^3 \times 64 \text{ m}^3/\text{d} \times 300 \text{ d/año} = 11.520 \text{ kg/año}$

Superficie potencial para fertilización (para un procesamiento de 24.000 T/año):

11.520 kg N/año: 150 kg N/ha-año = 77 ha

Para facilitar la aplicación a bajo costo del bioabono sobre la palma, Palmar Santa Elena decidió instalar un sistema de riego fijo por microaspersión en su finca "La Italia", contigua a la fábrica, que tiene una extensión aproximada de 130 ha, suelos muy pobres, y había sido sembrada en palma de aceite en 1988, 1989 y 1990. La palma se había quedado atrofiada, tanto por deficiencias de suelo como por falta de mantenimiento, y cuando empezó el riego en 1994 estaba todavía raquítica, invadida por las malezas y atacada por *Sagalassa*.

Con un valor económico estimado de US\$ 0,2 por kilogramo de Sólidos Totales (materia seca), que incluye la materia orgánica estabilizada del bioabono, éste tiene para la plantación un valor potencial de US\$ 1,6 por m³, o sea US\$ 30.700 anuales (para un procesamiento de 24.000 toneladas anuales). El valor real será un poco mayor o menor en función de la calidad del suelo. En el caso de Santa Elena mostró ser sustancialmente mayor.

La inversión en el sistema de riego por microaspersión, sobre una extensión inicial de 20 hectáreas, fue de US\$ 16.000 (US\$ 800/ha). Un solo operario maneja el sistema, cuyo consumo de electricidad es de 7 kW para el bombeo (7.400 kWh anuales para un riego de 80 m³/día).

Entre personal y electricidad, el costo de operación del sistema de riego es de unos US\$ 3.650 al año. Este sistema es en consecuencia muy rentable, aunque:

a) Una extensión de 20 hectáreas es demasiado limitada y no permite aprovechar el valor fertilizante del bioabono: sobre-dosificación, o sea fertilización inútil versus rendimientos. Con la aplicación de 250 m³ de bioabono por ha por año, se puede economizar la fertilización química (con excepción del boro), o sea una economía de US\$ 260 por ha, y se logran en estos suelos pobres incrementos de rendimiento de por lo menos 30%, o sea 3 t de fruta/ha (US\$ 240/ha). Entre el uno y el otro, la "economía" es de US\$ 500 por ha por

año. Con 20 ha de riego, la economía es de solo US\$ 10.000 al año, mientras con 77 ha podría ser de US\$ 38.500 al año. Palmar Santa Elena ya diseñó el ensanche del sistema de riego para cubrir 60 ha. Esta extensión estaba prevista para principios de 1996, pero los problemas de comercialización del aceite de palma en Colombia durante el año 1996 aplazaron esta inversión.

b) La implementación de un sistema de riego por microaspersión por etapas de 20 hectáreas era debida al carácter innovador de tal sistema para la aplicación de un efluente anaerobio. Esta primera etapa de 20 ha enseñó las bases de esta tecnología, entre otros:

- Las mangueras deben ser todas enterradas.
- Hay un desarrollo espectacular de las malezas que tienden a tapar los aspersores.
- Los aspersores deben estar mínimo a 60 cm del nivel del suelo para poder regar por encima de las malezas.
- La fertilización orgánica de las malezas implica, en consecuencia, un sobrecosto de limpieza de los lotes y de plateo de la palma.
- Tanto el tractor como los operarios que hacen limpiezas a mano (con machete) hacen daños frecuentes a las mangueras; deben ser capacitados; debe existir un servicio de mantenimiento permanente.
- Los microaspersores tienden a taparse con grasa (aceite) y con lodo del biodigestor. Por esta razón se construyó un tanque decantador/flotador después del biodigestor, y se implementó un sistema de lavado de las mangueras y aspersores con agua fresca durante 15 a 20 minutos por día al terminar el riego con bioabono.
- Se requiere de una supervisión del sistema en el campo, pues en su defecto las fallas se multiplican y no se corrigen.

Teniendo en cuenta que la fertilización de un cultivo, así como su riego, son profesiones total-

mente independientes del manejo de una planta de tratamiento, es aconsejable entregar este manejo a agrónomos, y capacitarlos inicialmente al uso de estas "nuevas" tecnologías.

En Palmar Santa Elena el sistema de riego con bioabono está en operación desde el año 1993, pero su normal funcionamiento solo se logró en el curso de 1995.

Las dos áreas de la finca "La Italia", con bioabono y sin él, presentan diferencias considerables de producción de fruto por hectárea por año: 40,7% de rendimiento adicional en 1996 y 49% en 1997 (primer semestre).

Dentro del área regada con bioabono existe un lote con "sobrefertilización" de bioabono y otro lote, donde se están llevando a cabo ensayos agronómicos controlados, con fertilización restringida de bioabono (varios tratamientos). Con sobrefertilización se lograron incrementos de rendimiento del 24,1% y 36,6% respectivamente en 1996 y 1997 (primer semestre) frente a la fertilización restringida.

Pruebas agronómicas

Pruebas de dosificación del bioabono sobre la palma de aceite se están adelantando desde 1994 en 13,5 hectáreas de la plantación "La Italia", mediante la ejecución de un proyecto cooperativo de investigación entre la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica y Palmar Santa Elena. En esta investigación de campo se evalúa el efecto de la aplicación del efluente por microaspersión sobre las características fisicoquímicas del suelo, y sobre el desarrollo y la producción de la palma de aceite. Se evaluaron nueve tratamientos que incluyen el efluente, solo o en mezcla con fertilizantes químicos. Los resultados se darán a conocer por parte de Corpoica después de terminado el proyecto, cuya duración prevista es de 5 a 6 años.

CONCLUSIONES

- La extractora de aceite Palmar Santa Elena valoriza desde 1993/1994 los dos subproductos principales de sus biodigestores, dimensionados para tratar unos 64 m³ de efluente (lodo) de palma por día.
- En la actualidad (1996) realiza economías de combustible Diesel (ACPM) del orden de US\$ 14.000 por año en la planta eléctrica (dual-fuel), y libera otros US\$ 10.000 por año con las economías de fertilizante y los incrementos de producción de fruto debido a sus 20 hectáreas de fertirrigación por micro-aspersión.
- En consecuencia, además de lograr una descontaminación total de sus efluentes con su sistema de Biodigestores y Fertirrigación (no hay descarga al río), Palmar Santa Elena alcanza a recuperar unos US\$ 24.000 anuales gracias a la valorización de los dos principales subproductos de sus biodigestores, lo que le permite amortizar la inversión en su planta de tratamiento y sistema de micro-aspersión.
- Se calcula que con un mejor aprovechamiento del biogás y del efluente tratado (ampliando la superficie de fertirrigación a 77 ha), podría generar con estos subproductos hasta US\$ 64.000 por año en vez de US\$ 24.000, objetivo al cual la Empresa tiene que llegar en los próximos años.

AGRADECIMIENTOS

A las empresas Palmar Santa Elena (Tumaco) y BIOTEC Colombia S.A. (Cali) por haber permitido el uso de la información relativa a este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANG, H.; LEONG, L. 1984. Malaysian palm oil effluent treatment. *Effluent + Water treatment Journal*, U.K., February/94
- CONIL, Ph. 1989. Biodigestores para lodos de palma, la experiencia colombiana. *Palmas (Colombia)* v.10 no.2, p.31-35.
- CONIL, Ph. 1996. De la valorización de los sub-productos de las plantas de tratamiento de aguas residuales. *En: Cuarto Seminario-taller Latinoamericano sobre Tratamiento Anaerobio*. Bucaramanga (Colombia), 1996.
- LIM, K.H. 1988. Integrated systems for treating and utilizing plantation effluent: palm oil mill effluent as a specific example. *In: Symposium on Anaerobic Digestion*, Bologna, Italy, 1988.
- MA, A.N.; ONG, A.S.H. 1983. Anaerobic digestion of palm oil mill effluent. *In: Third International Symposium on Anaerobic Digestion*. Boston, USA. August/93.
- WOOD, B.J.; LIM, K.H. 1989. Desarrollo de las aplicaciones de los efluentes de las plantas extractoras de aceite y caucho. *Palmas (Colombia)* v.10 no.4, p.27-42.
- Ver Lista de Publicaciones en la página WEB de BIOTEC:
www.bio-tec.net