

RESUMEN

Desde 1980, el concepto del tratamiento de los efluentes de la planta de aceite de palma ha venido cambiando. Se han emprendido diversos proyectos de investigación y desarrollo de la utilización de los denominados desperdicios de las plantas de procesamiento de aceite. La industria ha venido adoptando cada vez más el criterio de la prevención de la contaminación ambiental. Se está reciclando el licor anaeróbico con excelentes resultados, y se han registrado mayores niveles de producción de los cultivos y un mejoramiento de las propiedades de la tierra. Además, el biogás se está empleando en la generación de calor y electricidad. Este trabajo pretende resaltar algunos de los principales progresos en este campo.

producto precioso, del cual se pueden derivar valiosos recursos. Más adelante discutiremos algunos de los últimos descubrimientos sobre el particular.

INTRODUCCION

El sector de la palma de aceite desempeña un papel vital en el desarrollo económico de Malasia. En 1983, representó aproximadamente el 10% del Producto Interno Bruto. En la actualidad, Malasia es el mayor productor y exportador de aceite de palma del mundo. Produce alrededor del 60% de la producción total mundial y el 8.8% del total de la oferta mundial de aceites y grasas. Hoy en día, Malasia tiene más de 1.3 millones de hectáreas cultivadas con palma de aceite y 221 plantas en producción. En 1984, produjo 3.7 millones de toneladas de aceite y, en el proceso, generó más de 9.25 x 10⁶ toneladas de efluente, procedente de las plantas de procesamiento de aceite, material altamente contaminado (Tabla 1). En términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), esta sustancia es 100 veces más contaminante que el alcantarillado doméstico. En alguna ocasión se le calificó como uno de los principales causantes de la contaminación ambiental de Malasia. La ley ambiental de 1975 exige que el efluente de las plantas de procesamiento reciba un tratamiento previo, dentro de niveles aceptables, antes de que pueda vaciarse en las aguas corrientes.

Desde 1975, se han emprendido con éxito cuantiosas investigaciones orientadas hacia el desarrollo de técnicas de tratamiento de efluentes (Ma y colaboradores 1982). En los últimos tiempos ha cambiado el concepto del tratamiento y ya no se considera que el efluente sea un desperdicio que constituye un problema para la actividad. Por el contrario, hoy en día se reconoce que el efluente es un sub-

TABLA 1

PARAMETROS AMBIENTALES		
Parámetro*	POME	Normas DOE _s
pH	4.0	5.0 - 9.0
DBO	25.000	100 (50)+
Aceites Suspendidos	19.000	400
Total Nitrógeno	770	200++
Nitrógeno Amoniacal	35	100++
Aceite y Grasa	8.000	50
Temperatura °C	80-90	45°C

* Todos los parámetros en mg/l excepto el pH y la temperatura.
 + Este límite adicional es el valor medio matemático determinado sobre la base de un mínimo de cuatro muestras tomadas por lo menos una vez por semana durante cuatro semanas consecutivas.
 ++ Valor sobre una muestra filtrada.

TABLA 2

DATOS OPERATIVOS PARA EL DIGESTOR ANAEROBICO		
Tipo	Proceso Convencional+	Proceso de Contacto*
Volumen (m3)	3,400	10
Entrada diaria (m3)	340	1
Carga orgánica (kg vs m-3 día -1)	2.4-4.8	2.4 - 4.8
Tiempo de retención hidráulica (días)	10	10
Temperatura (°C)	44-52	50.
Producción biogás m3 (kg vs) -1 añadido	0.59	0.80

+ Unidad Comercial
 * Estudio en planta piloto

PRODUCCION Y USOS DEL BIOGAS

Puesto que los efluentes de las plantas de procesamiento de aceite de palma son de carácter orgánico, son fácilmente biodegradables. De hecho, todas las plantas de procesamiento han empleado la digestión anaeróbica como tratamiento primario. En el curso del proceso de digestión, se genera un producto gaseoso de gran valor —el biogás. Dependiendo de las condiciones del proceso, se generan entre 0.59 y 0.80 metros cúbicos de biogás por cada kilo de sólidos volátiles que entran al digestor (Tabla 2).

* Investigadores de PORIM, Malaysia.

TABLA 3

ALGUNAS PROPIEDADES DEL BIOGÁS, EL GAS NATURAL Y EL GAS DE PETRÓLEO LIQUIDO + (QUAH Y COLABORADORES 1981)			
	Biogás	Gas natural	GPL*
Valor calórico Bruto (Kcal NM-3)	4.740 - 6.150	9.070	24.000
Gravedad específica	0.847 - 1.003	0.584	1.5
Límite inflamable	7.5 - 21%	5 - 15%	2 - 10%
Temperatura de Ignición (°C)	650 - 750	650 - 750	450 - 500
Combustión requerida	9.6	9.6	13.8

+ Todos los gases se evaluaron a 15.5°C, presión atmosférica y saturados con vapor de agua.
* Propano comercial.

TABLA 4

ELECTRICIDAD POTENCIAL DEL BIOGÁS DE LOS EFLUENTES				
Año	Producción de Aceite de Palma (millones de ton.)	Biogás (millones m3)	Electricidad (millones de kWh)	Diesel (millones de litros)
1984	3.7	259	466	166
1990 ⁺	6.0	420	756	273

+ Cifra proyectada

Por consiguiente, una planta que procese 60 toneladas de racimos de fruta fresca por hora produce un total de 20.000 metros cúbicos de biogás en 20 horas diarias.

El biogás del efluente tiene la siguiente composición:

Metano (CH₄): 60 - 70%
 Dioxido de Carbono (CO₂): 30 - 40%
 Sulfuro de Hidrógeno (H₂S): menos de 2.000 ppm
 Otros: vestigios

Se registró un menor nivel de sulfato a mayor temperatura de digestión (Ahmed Ibrahim y colaboradores 1984), lo cual podría significar un menor contenido de sulfuro de hidrógeno en el biogás.

En la Tabla 3 aparecen las propiedades del biogás. Se comparan con las del gas natural, lo cual significa que podría utilizarse a cambio de éste en usos domésticos (calentadores y cocinas). En las Filipi-

nas se ha venido empleando con éxito el biogás de los desperdicios del ganado para generar calor y electricidad (Maramba y colaboradores 1983). En Malasia, el biogás de los efluentes se viene empleando cada vez más con fines similares. El biogás entra directamente al quemador de gas para producir calor para las plantas de procesamiento de caucho (Quah y Gillies 1981) y para la refinación del aceite de palma. Esto ha representado una considerable economía de combustible. En cuanto a la generación de energía mediante un motor de gas, es necesario reducir el contenido de sulfuro de hidrógeno. En la planta de Sime Darby existe un motor de gas que ha funcionado perfectamente durante más de 10.000 horas y ha generado más de 2 millones de kWh de electricidad para consumo de la planta. El éxito obtenido con este motor ha hecho que en Sime Darby se instale un motor de mayor capacidad (combustible dual) para abastecer de energía la planta y la fábrica de caucho adyacente (Gillies y Quah 1984).

De cada metro cúbico de biogás que consume el motor, se pueden generar alrededor de 1.8 kWh de electricidad. Se estima que un metro cúbico de biogás equivale a 0.65 litros de diesel. Por consiguiente, a nivel nacional, se puede obtener una gran cantidad de energía del biogás que se genera del efluente de las plantas de procesamiento de aceite de palma (Tabla 4). Representa alrededor del 3.2% de la demanda de energía de 1984. Sin embargo, debido al hecho de que la energía que el procesamiento del aceite de palma requiere se genera mediante la utilización de otros subproductos (fibra y cáscara) como combustible para las calderas, no existe un incentivo externo para producir más energía del biogás, del cual la mayor parte no se recupera o se quema. Se está estudiando la viabilidad de abastecer de electricidad proveniente del biogás al país. Sería ideal que las industrias que requieran grandes volúmenes de energía se establecieran cerca de las plantas de procesamiento de aceite de palma, con el fin de utilizar directamente la energía del biogás.

APLICACION DE LOS EFLUENTES DE LAS PLANTAS DE PROCESAMIENTO DE ACEITE DE PALMA EN LA TIERRA

Se ha descubierto que tanto los efluentes crudos como los tratados tienen un alto contenido de nutrientes (Tabla 5). Por lo tanto, es lógico reciclar los nutrientes en el cultivo, en lugar de verter grandes cantidades de valiosos fertilizantes en los ríos. Muchos investigadores han demostrado que la aplicación controlada de efluentes (tanto crudos como

tratados) a la tierra aumenta la productividad del cultivo y mejora las propiedades de la tierra (Lim y colaboradores 1983a, Lim y colaboradores 1983b, Yeow y Zin 1981). El aumento de la productividad (del 10 al 24%) se atribuyó a los nutrientes y humedad que los efluentes proporcionan. En Malasia se han desarrollado diversos sistemas de aplicación de efluentes a las tierras. La selección del sistema varía mucho en términos de área, tipo de suelo y material de efluentes aplicados. Hashim Mohd y Zin (1984) han elaborado un buen resumen de las diversas técnicas. También se sabe que la calidad de las aguas de las zonas donde se ha aplicado el efluente no se ha visto afectada hasta el momento (Lim y colaboradores 1983b, Zin y colaboradores 1983). En la actualidad, se practica la aplicación de efluentes a las tierras en una serie de plantas, lo cual ha representado una cuantiosa reducción de las cuentas por concepto de fertilizantes. Se calcula que para una planta de 60 toneladas de racimos de fruta fresca por hora, la inversión para este sistema integrado (es decir, utilización de biogás y aplicación de efluentes a las tierras) es de alrededor de M\$2.27 y el tiempo de recuperación de la misma es de 2.01 años (Gillies y Quah 1984).

ENFOQUE SOBRE LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Durante la década pasada también presenciamos una innovación en el procesamiento del aceite de palma. Se modificó el proceso convencional en la planta, al incorporar un decantador para separar el material sólido del líquido aceitoso, después de la prensa de tornillo o del proceso de clarificación. Se ha registrado que la introducción del decantador en la etapa de clarificación reduce considerablemente la carga del separador de boquilla y del tanque de sedimentación continua en un 75 y 50%, respectivamente (Jorgensen y Gurmit Singh 1984). La fase de agua de la separación de boquilla se recicla en la etapa de compresión. Dependiendo de las condiciones de los racimos de fruta fresca, este sistema requiere que ocasionalmente se le añada agua y se saque el exceso. Por lo tanto, la descarga de agua es mínima. En otras palabras, esta innovación reduce la producción total de efluentes en un 75%. El único efluente que sale de la planta es el condensado del esterilizador y el lavado del hidrociclón, que contiene muy poco material sólido en suspensión y se puede tratar fácilmente, mediante el sistema anaeróbico convencional de laguna.

El contenido sólido del decantador, que contiene alrededor de un 82% de humedad, se seca, hasta

alcanzar un nivel de alrededor del 10%, en un secador de tambor rotativo, utilizando el excedente de calor de los gases azules de las chimeneas de la caldera. Así, el sistema también elimina la amenaza de la contaminación de las plantas de procesamiento de aceite de palma.

TABLA 5

CONTENIDO DE NUTRIENTES DE LOS EFLUENTES DE LAS PLANTAS DE ACEITE DE PALMA					
EFLUENTE	DBO	N	P	K	Mg
Crudo	25.000	950	150	1.960	350
Licor mixto del digestor	3.000	900	220	1.800	460
Sedimento del digestor	3.000	3.550	1.180	2.340	150
Licor anaeróbico sobrenadante		50	10	2.300	530
Sedimento del fondo		1.500	460	2.380	1.000
Torta de sedimento seco	—	4.500	12.000	15.000	12.000

+ Fuente: Lim y colaboradores 1984
Chan y colaboradores 1983

TABLA 6

CONTENIDO DE NUTRIENTES DE LAS HARINAS DE ACEITE DE PALMA			
Nutrientes	Promedio (% de materia seca)	Fertilizante equivalente (por tonelada de HAP)	
N	2.00	Urea	44.4 kg
P ₂ O ₅	0.75	Fosfato de roca	20.8 kg
K ₂ O	3.00	Mutriato de Potasa	50.0 kg
MgO	1.10	Quieserito	42.3 kg

* Fuente: Jorgensen y Gurmit Singh (1984).

UTILIZACIÓN DEL MATERIAL SÓLIDO DEL DECANTADOR

Como fertilizante: El material sólido del decantador o la harina del aceite de palma tiene un alto contenido de nutrientes esenciales. En la Tabla 6 aparecen su composición y el fertilizante equivalente.

TABLA 7

COMPOSICION QUIMICA DE LA TORTA DE PALMA	
	o/o
Humedad	5 - 15
Ceniza	15 - 22
Silice	7 - 10
Extracto de éter	11 - 13
Fibra cruda	11 - 14
Proteína cruda	11 - 13
Celulosa cruda	20
Energía bruta	4.400 Kcal kg ⁻¹
N	1.8 - 2.3
P	0.3 - 0.4
K	2.5 - 3.3
Mg	0.6 - 0.8
Ca	0.55 - 0.85
B	20 ppm
Cu	20 - 50 ppm
Fe	3.000 - 5.000 ppm
Mn	50 - 70 ppm
Zn	20 - 100 ppm

Las pruebas experimentales realizadas con aceite de palma, coco, cacao y otros cultivos a corto plazo, en tierras de turba, demuestran que la harina de aceite de palma tiene un buen potencial como fertilizante.

A diferencia de los efluentes, ésta es fácil de empa-car y transportar a la zona donde se requiere. El nivel de humedad de sólo un 10% le da una mayor duración durante el almacenamiento.

Como forraje: El uso de la harina de aceite de palma ha atraído la atención últimamente. Así mismo, puede sustituir algunos costosos componentes que se importan a Malasia para la fabricación de forraje. La Tabla 7 presenta un análisis global de la harina de aceite de palma.

Las pruebas experimentales presentan resultados positivos en diversos animales. El alto contenido de fibra la hace muy apropiada, especialmente para los rumiantes. Una de las principales preocupaciones la constituye el alto contenido de ceniza y, en consecuencia, se han dado algunos pasos para reducirlo al mínimo. En la actualidad, algunas granjas grandes están utilizando la harina de aceite de palma para forraje en las siguientes proporciones:

Cerdos - 10 - 20%
 Aves -5 - 10%
 Ganado - hasta 60%

En Malasia ya existen alrededor de 20 plantas de procesamiento que emplean este sistema integrado, el cual es especialmente atractivo para los cultivos nuevos, en los cuales el ahorro en la inversión es vital.

CONCLUSION

Durante la última década hemos presenciado progresos innovativos en el campo de la tecnología de procesamiento de aceite de palma y tratamiento de efluentes. La contaminación de la planta de procesamiento de aceite de palma se ha reducido al mínimo. El efluente se considera cada vez más un recurso valioso, en lugar de un problema. El biogás que produce la digestión anaeróbica de los efluentes se está empleando como fuente para la generación de electricidad y calor. El licor proveniente del digestor se recicla en forma eficaz a niveles óptimos para el mejoramiento de tierras y cultivos. La continua innovación del proceso está encaminada hacia el beneficio del sector. Se prevee que en el futuro se puede lograr una descarga de cero.

Reproducido del resumen de la IAWPRC, conferencia especializada en "Tecnología de Aguas Industriales - Tratamiento, Segundos Usos y Recirculación", publicado en la revista "Ciencia y Tecnología del Agua", Volumen 18, Número 3, 1986, con el permiso de la Asociación Internacional para la Investigación y Control de la Polución Acuática, 1 Queen Ann's Gate, Londres, SW1H 9BT, Reino Unido.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Director General del PORIM por haber otorgado su permiso para la realización del trabajo anterior.

Motivos de fuerza mayor impidieron publicar la Bibliografía, Esta aparecerá en la próxima edición.

Ofertas



PUBLICACIONES:

Tenemos a disposición de los interesados las siguientes publicaciones:

- Memorias del Primer Encuentro sobre Palma Africana, Villavicencio 1984, FEDEPALMA \$3.800.
- Memorias del Segundo Encuentro sobre Palma Africana, Barrancabermeja 1985, FEDEPALMA \$3.000.
- Reconozca usted La Marchitez Sorpresiva, FEDEPALMA \$200.
- La Palma de Aceite. CWS Hartley. \$9.500.

Cuchillos

La Federación dispone para entrega inmediata de cuchillos Malayos e Ingleses.