Innovaciones en el manejo del efluente de las plantas extractoras de aceite de palma*

Innovations in management of palm oil mill effluent

Ma Ali Ngan 1

RESUMEN

Además de aceite de palma crudo y palmiste, las plantas extractoras de aceite de palma también generan grandes cantidades de subproductos, como: racimos vacíos o raquis, fibra de palma, cáscara y el efluente de la planta extractora. Todos estos subproductos requieren prácticas sólidas de la administración para reducir al mínimo el impacto negativo en el medio ambiente. Los raquis son reciclados como una cobertura del suelo en algunas plantaciones. La fibra y la cáscara son utilizados como combustibles para las calderas por todas las plantas extractoras de aceite de palma para generar vapor y electricidad para la extracción del aceite de palma. El efluente es tratado hasta los límites de descargue requeridos para aplicaciones en el suelo o su eliminación. Debido al conocimiento que el público tiene y nuestro compromiso con la conservación del medio ambiente, se espera en el futuro que se impongan normas más estrictas sobre las descargas y derrames. Aunque tecnologías de tratamiento sensatas han sido desarrolladas e implementadas por la industria de aceite de palma durante más de 20 años, no todas las plantas extractoras son capaces de cumplir con los límites de descarga todo el tiempo. En vista de que el manejo ambiental se ha convertido en un tema comercial, la industria necesita ser más innovadora al tratar este tema. La reducción al mínimo de desperdicios en la fuente o su utilización es una de las estrategias de manejo a largo plazo y progresivas. Un sistema seguro, de cero descargue, es la meta final. Este artículo discute algunas propuestas innovadoras para disminuir las calamidades de la contaminación.

SUMMARY

Besides crude palm oil (CPO) and palm kernel, palm oil mills also generate large amounts of by-products – empty fruit bunches (EFB), palm fibre, shell and palm oil mill effluent (POME). All these by-products require sound management practices to minimize negative impact on the environment. EFB are recycled to the plantations as mulch by some estates. Fibre and shell are used as boiler fuels by all palm oil mills to generate steam and electricity for palm oil milling. POME is treated to the required discharge limits for land applications or disposal. Due to the public awareness and our commitment to conservation of the environment, more stringent discharge standards are expected to be imposed in the near future. Though sound treatment technologies have been developed and implemented by the palm oil industry for more than 20 years, not all the mills are able to comply with the discharge limits all the time. As environmental management has become a trade issue, the industry needs to be more innovative in addressing this subject. Waste minimization at source or utilization is one of the long-term forward looking management strategies. A fool proof zero-discharge system is the ultimate goal. This paper discusses some innovative approaches to abate the pollution woes.

PALABRAS CLAVES: Plantas extractoras, Aguas residuales, Tratamiento de aguas residuales, Protección ambiental.

*Versión editada de un trabajo presentado en el Seminario Nacional del ISP sobre "innovaciones en la Administración de Plantaciones" , 8-9 de mayo de 1999, Kuantan, Pahang, Malasia.

PORIM. P.O. Box 10620, 50720 Kuala Lumpur, Malaysia.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos 30 años, la industria de palma de aceite de Malasia ha crecido a pasos agigantados para convertirse en la agroindustria más importante. Actualmente hay alrededor de 3,0 millones de hectáreas bajo cultivo de palma de aceite y 300 plantas extractoras de aceite de palma para procesar los racimos de fruta fresca (RFF). En 1998, Malasia produjo 8,33 millones de toneladas de aceite de palma crudo y 1,1 millones de toneladas de aceite de palmiste crudo. El aceite de palma y sus productos se han convertido en el principal ganador de utilidades por exportaciones del país, valorado en alrededor de RM 22,6 miles de millones. Esto representó alrededor del 60,5% de las ganancias por exportaciones de productos básicos y productos a base de ellos en 1998 y ha ayudado, en gran parte, a reducir el impacto de la crisis económica que enfrenta el país.

Además del aceite de palma crudo y palmiste, las plantas extractoras de aceite de palma también generan grandes cantidades de subproductos sólidos y líquidos-racimos vacíos, fibra y cascara y el efluente de la planta extractora, según se muestra en la Tabla 1.

SUBPRODUCTO	MILLONES DE TONELADAS	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	VALOR CALÓRICO (BASE SECA) (Kcal/kg)
Fibra	5,8	42	4.420
Cáscara	3,7	7	4.950
Racimos vacíos	9,6	65	3.700
Efluentes	21,0	95	–

Tabla 1. Estimativo de los subproductos generados por las plantas extractoras de aceite de palma en 1998

Según la Ley de Calidad Ambiental de 1974 y los Reglamentos sobre Calidad Ambiental (Premisas Prescritas) (Aceite de Palma Crudo), todos estos subproductos requieren un sistema de manejo sólido y eficaz de utilización, tratamiento y eliminación para reducir los impactos ambientales. Debido al creciente conocimiento público de la conservación ambiental y del deterioro de la calidad del agua (de río), la industria de la palma de aceite enfrenta el reto de balancear la protección ambiental, su viabilidad económica y su desarrollo sostenible. Mientras que la obtención de utilidades es el objetivo primario de la industria, también se tiene que dar cuenta de que los reglamentos ambientales están aquí para siempre. Si uno contamina ahora, tiene que pagar la limpieza más tarde.

El concepto inicial del manejo de las aguas residuales se enfocó en el desarrollo de una tecnología de tratamiento para reducir los contaminantes, especialmente la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) para cumplir con el límite de descarga. Éste se basa en un establecimiento de tratamiento al final de la línea de producción para remover los contaminantes antes de que sean liberados en el medio ambiente. Las deficiencias inherentes asociadas con esta técnica son las siguientes: (i) los establecimientos de tratamiento representan un gasto creciente que aumenta inmensamente con reglamentos ambientales más estrictos y (ii) es posible que los sistemas de tratamiento no siempre sean el método eficaz para lograr los objetivos.

La preocupación por la protección del medio ambiente en tiempos modernos ha hecho surgir nuevas medidas y actitudes en muchas industrias que se reflejan en el concepto de una tecnología de pocos o no desperdicios. Este concepto ha tomado varias formas: modificaciones y mejoramientos de los procesos, recuperación de recursos de desperdicios o de uso y reciclaje de los desperdicios.

INNOVACIÓN EN EL MANEJO DEL EFLUENTE DE LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE PALMA

Utilización de los efluentes - Aplicación de efluentes al suelo

Varias tecnologías de tratamiento y eliminación se han desarrollado y utilizado exitosamente para tratar el efluente de la planta extractora de aceite de palma a lo largo de las últimas dos décadas. Todas fueron diseñadas y construidas para cumplir con el límite de descarga de 100 mg por litro de DBO y consisten en sistemas bioquímicos convencionales utilizando procesos anaerobios y aerobios o facultativos. Si se operan según los criterios de diseño y reciben un buen mantenimiento, los procesos son capaces de tratar los efluentes hasta los límites de descargue fijados por el Departamento de Medio Ambiente (Tabla 2).

Tabla 2. Límites de descargue para los efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma depositados en corrientes de agua

Demanda de bioquímica de oxígeno, DBO_5*	100
Sólidos suspendidos	400
Aceite y grasa	50
Nitrógeno amoniacal	150
Total de nitrógeno	200
pH	5-9

* DBO; - muestra incubada durante tres días a 30°C Todos los datos en mg/l, excepto rl pH.

Debido al creciente conocimiento público de la contaminación ambiental y la calidad de los ríos (receptores) en deterioro (especialmente en áreas de cuencas de captación), el Departamento del Medio Ambiente ha impuesto límites de descargue más estrictos para las plantas extractoras de aceite de palma y otras industrias - en algunas áreas se impone cero descarga.

Los sistemas biológicos de tratamiento dependen únicamente de microorganismos para descomponer contaminantes y necesitan de un mantenimiento apropiado y una vigilancia estricta. Los micro-organismos son muy sensibles a cambios en su medio ambiente y, por lo tanto, se debe tener mucho cuidado de mantener las condiciones en las que crecen. Esto requiere la atención de operadores expertos y del compromiso de la administración. Desafortunadamente, la industria del aceite de palma todavía considera el tratamiento de las aguas residuales como una carga, en lugar de ser parte del proceso de producción, dejando a un lado un centro de ingresos. Sin duda, este aspecto tiene la prioridad más baja en el presupuesto de mantenimiento. Como resultado, las plantas extractoras de aceite de palma no siempre pueden cumplir con los límites de descarga.

Un conocimiento creciente de la necesidad de no contaminar ha forzado a las plantas extractoras de aceite de palma a observar sus operaciones más cuidadosamente. Es mejor prevenir que curar - la contaminación actual tiene que ser limpiada más tarde. A medida que las estrategias de emergencia se hacen menos justificables, la industria necesita ser innovadora con el fin de prosperar y, donde sea posible, introducir procesos en líneas de producción existentes para minimizar o evitar la contaminación en la fuente.

A lo largo de los últimos 10 años, el manejo de los efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma ha evolucionado desde el "tratamiento de un desperdicio para su eliminación", hasta la "utilización benéfica de un activo". Los efluentes contienen cantidades sustanciales de nutrientes para las plantas muy valiosos (Tabla 3) y, por lo tanto, pueden ser utilizados para reemplazar los fertilizantes inorgánicos (comprados) (Kanagaratnam et al. 1981; Quah et al, 1982; Yeow y Gurmit Singh 1983; Lim et al. 1984; Mohd Hashim Tajudin y Zin 1984; Lim 1987; Mohd Tayed Dolmat et al. 1987). Sin embargo, las dosis y la frecuencia de las aplicaciones tienen que ser controladas y vigiladas cuidadosamente para que el medio ambiente no sea afectado. La aplicación de los efluentes de las plantas extractoras de aceite al suelo se han convertido en práctica común para plantas extractoras con cultivos cercanos. Según los autores mencionados arriba, esto ha resultado en

Tabla 3. Tipos de efluentes de la planta extractora de aceite de palma y sus composiciones químicas

TIPO DE EFLUENTE	DBO (mg/l)	ALIMENTOS NUTRITIVOS (mg/l)			
		N	P	K	Mg
Crudo	25.000	948	154	1.958	345
Digerido (anaerobio)					
Tanque revuelto	1.300	900	120	1.800	300
Flotante	450	450	70	1.200	280
10% Flotante					
Lodo	191	320	42	1.495	258
Lodo del fondo	1.000-3.000	3.552	1.180	2.387	1.509
Digerido (Aeróbico)					
Flotante	100	52	12	2.300	539
Lodo del fondo	150-300	1.495	461	2.378	1.004

Fuente: Kanagaratnam et al. (1983); Lim et al. (1983); Yeow y Gurmit Singh (1983).

ahorros sustanciales en los costos de fertilizantes y ha aumentado los ingresos con rendimientos más altos. Dependiendo del terreno de la plantación, varios sistemas de aplicación al suelo han sido desarrollados. Estos incluyen surcos y sistemas de rociadores y bomba-cisterna. Sin embargo, dichas prácticas sólo son aplicables en plantas extractoras con plantaciones en las cercanías.

Sistema de decantador-secador

Otra propuesta innovadora en los procesos de modificación y utilización de los efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma fue reportada por Jorgensen y Gurmit Singh (1981), Jorgensen (1982) y Gurmit Singh et al. (1989). Ésta involucró la modificación del proceso de clarificación del aceite mediante la incorporación de un decantador para separar el aceite (y el agua) y el sólido. Este sistema es capaz de reducir la producción de agua residual en alrededor de un 70% en esta estación. También se producen sólidos decantados con aproximadamente un 80% de humedad. Adicionalmente, el sistema también incorpora un secador de tambor giratorio para secar el sólido decantado. Para secar el sólido decantado a un contenido de humedad por debajo del 10%, se utiliza gas del tubo de la caldera con temperatura de alrededor de 300°C. Dependiendo del contenido de cenizas del sólido seco, se puede convertir en alimentos para animales o en fertilizante.

Esta propuesta preventiva no sólo ha reducido exitosamente la cantidad de efluentes de la planta extractora de aceite de palma y su carga de DBO, sino que también ha eliminado la emisión de humo negro y partículas de la caldera. Desafortunadamente, este sistema no es capaz de eliminar totalmente la descarga de efluentes de la planta extractora de aceite de palma y sigue existiendo la necesidad de construir una planta de tratamiento para hacerse cargo del resto del efluente.

Se sabe muy bien que la tecnología general de las plantas extractoras de aceite de palma no ha cambiado mucho en los últimos 50 años. Ya es hora de buscar tecnologías nuevas y limpias para asegurar un desarrollo sostenible de la industria.

Está claro que el reciclaje o la recuperación de productos útiles de las corrientes de desechos directamente es la forma más simple de reducir los desechos y esto se debe considerar en primer lugar.

Tecnología de tratamiento para el efluente de la planta extractora de aceite de palma

En la extracción del aceite de palma se utilizan grandes cantidades de agua - alrededor de 1 a 1,5 toneladas de agua se requieren para procesar una tonelada de RFF. Se utilizan alrededor de 0,5 toneladas de agua para alimentar la caldera (para diluir y lavar). Aproximadamente la mitad del agua utilizada termina como efluente; la otra mitad se pierde principalmente por el tubo de escape del esterilizador, derrame y agua para lavar.

Los efluentes de la planta extractora incluyen descargas de las siguientes operaciones:

i. Esterilización (36%)
¡i. Clarificación de aceite crudo (60%)
iii. Separación de la mezcla triturada (palmiste y cascara) (4%)

El volumen de efluentes descargado depende, en gran parte, de la operación de extracción. Para una planta extractora en buen funcionamiento, con buen manejo, se calcula que 2,5 toneladas de efluentes son generadas por tonelada de aceite de palma crudo producido. Sin embargo, el promedio nacional es de alrededor de 3,5 toneladas de efluentes por tonelada de aceite crudo. Esto demuestra que se puede ahorrar mucha agua mediante buenas prácticas de extracción y de manejo. Por consiguiente, la cantidad de efluentes se reducirá en conformidad.

A principios de la década de los años 70, el efluente de las plantas extractoras de aceite de palma era uno de los principales contribuyentes a la contaminación ambiental. En vista de que estos efluentes eran singulares para Malasia, no existían tecnologías comprobadas para el tratamiento de efluentes en esa época. Sin embargo, la promulgación de reglamentos ambientales en 1974 proporcionó el ímpetu necesario para que la industria desarrollara una tecnología viable de tratamiento. Los esfuerzos incansables de investigación y desarrollo de las instituciones de investigación y la industria habían conducido rápidamente al desarrollo exitoso de varias tecnologías de tratamiento innovadoras para la industria (Chan y Chooi 1982; Chooi 1984; Lim 1984; Lim et al. 1984). Éstas están basadas en procesos anaerobios, aerobios y facultativos que dependen de bacterias adecuadas para descomponer las materias orgánicas (contaminantes) y por consiguiente, reducir la DBO del efluente. Desde 1977 es obligatorio que cada planta extractora de aceite de palma trate su efluente hasta el límite de descargue exigido. Todas las plantas de tratamiento se diseñaron y construyeron inicialmente para retirar los contaminantes orgánicos y para cumplir con el límite de descargue de < 100 mg por litro de DBO. Por lo tanto, si el proceso es bien operado y mantenido, es capaz de tratar el efluente de la planta extractora para cumplir con el límite de descargue. Sin embargo, es bastante desalentador saber que hasta la fecha no todas las plantas extractoras pueden cumplir con el límite de descargue de DBO todo el tiempo. La principal razón para no cumplir es la falta de mantenimiento y de atención por parte de la administración.

La digestión anaerobia del efluente de la planta extractora de aceite de palma (o materias orgánicas) genera inmensas cantidades de biogás; alrededor de 28 m3/t de efluentes tratadas. El biogás contiene alrededor de 65% de metano y 35% de bióxido de carbono y pequeñísimas cantidades de sulfuro de nitrógeno. Sólo un número muy limitado de plantas extractoras de aceite de palma, de hecho sólo dos plantas extractoras en el país, aprovechan el biogás para la generación de calor y electricidad. Tanto el metano como el bióxido de carbono son gases de invernadero y el metano es más potente. El biogás también es corrosivo y oloroso. Por lo tanto, su emisión en el medio ambiente no es deseable. La mejor política es eliminar su producción, evitando el uso de la digestión anaerobia.

Recuperación de agua y sólidos de los efluentes - Tecnología de evaporación -

Las deficiencias para el tratamiento de los efluentes mencionadas arriba han recibido mucha publicidad negativa en los últimos años. Existe la necesidad de revisar las estrategias de manejo de los desechos de las plantas extractoras de aceite de palma. Es obvio que la estrategia de emergencia de contamine ahora y limpie después, se está volviendo menos creíble cada vez. La industria necesita ser más responsable e innovadora para prosperar. El desarrollo sostenible se ha convertido en un asunto comercial para otras industrias (madera, pulpa y papel) y la industria del aceite de palma no es la excepción. El manejo del medio ambiente está dando más énfasis a la reducción al mínimo de desperdicios en la fuente, o el reciclaje. La prevención siempre es mejor que la cura.

La mayoría de las plantas extractoras de aceite de palma utilizan agua de los sistemas naturales - ríos

y pozos. Por lo general, esta agua contiene altos niveles de sólidos disueltos y suspendidos y requiere tratamiento químico elaborado y purificación antes de ser utilizada. Dependiendo de la cadlidad del agua, el costo del tratamiento químico varía entre RM 30 y RM 70 por tonelada de RFF. En algunas áreas, el agua se ha vuelto escasa debido a demasiada extracción, especialmente durante la temporada seca. Esto se agrava por el hecho de que el país se está quedando sin agua superficial de calidad para uso potable. Por lo tanto, se deberían hacer esfuerzos para reducir el consumo de agua y evitar la contaminación. Debido a estas razones, la recuperación de agua de los efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma amerita una serie consideración.

Esto, junto con la necesidad de eliminar completamente los efluentes y la emisión de gases de invernadero, ha llevado al desarrollo de la tecnología de evaporación para recuperar el agua y los sólidos del efluente de la planta extractora.

La evaporación es uno de los procedimientos más ampliamente utilizados en la industria química y de procesos para retirar el agua de las soluciones acuosas, por ejemplo:

- Concentración de glicerina de agua dulce (Kinkhabwala 1994)
- Concentración de productos lácteos (Boumann et al. 1988)
- Concentración de residuos para su incineración y recuperación de calor (Yundt y Rhinesmith 1981)
- Recuperación de químicos (Seaburg y Bacchetti 1982)
- Fabricación de pasta de tomate (Rumsey et al. 1984)
- Producción de concentrado de suero de caucho natural (Hanif Junit 1994)
- Recuperación de azúcar de madera (Frederickson 1984)

El efluente fresco de la planta extractora de aceite de palma es una suspensión densa de calor parduzco castaño, que contiene alrededor de 95-96% de agua, 0,6-0,7% de aceite y 4-5% de sólidos totales (incluido 2-4% de sólidos suspendidos, principalmente desechos de los frutos). Es ácido (pH de 4-5), caliente (80°C-90°C), no es tóxico (no se le añaden químicos durante la extracción) y contiene cantidades apreciables de nutrientes para las plantas (Tabla 3). Si el agua y los sólidos se pueden recuperar del efluente de la planta extractora y convertir en productos que se puedan vender, esto no sólo resolvería el problema de contaminación, sino que también crearía una oportunidad comercial. A este respecto, la tecnología de evaporación ofrece una solución lógica para el problema.

El centro de la tecnología de evaporación es el sistema de evaporación que consta de evaporaciones en múltiples etapas. El efluente es alimentado mediante un cambiador de calor al sistema de evaporación que funciona al vacío. El agua evaporada en la primera etapa se comprime nuevamente para uso en la segunda etapa y así sucesivamente. El vapor de la última etapa se condensa y es utilizado nuevamente en la planta extractora de aceite de palma. Se produce un concentrado sólido que puede ser utilizado como materia prima para fertilizantes u otros productos con valor agregado.

La tecnología ha pasado por las pruebas de laboratorio y de planta piloto y se está construyendo una planta comercial de gran envergadura. Para la organización comercial, el sistema de evaporación se construye dentro del complejo de la planta extractora. Ocupa muy poco espacio. Comparado con la técnica actual de tratamiento y eliminación, que requiere una gran área de tierra, alrededor de 6 hectáreas para una planta extractora de tamaño promedio, el sistema de evaporación sólo necesita 0,25 hectáreas. Hay un ahorro sustancial de tierra, a la cual se le puede dar un uso más productivo.

Calidad del destilado

La calidad del destilado que se obtienen al final de una operación típica de una planta piloto aparece en la Tabla 4. Es de alta calidad, en términos de contenido de sólidos totales, y con seguridad se puede reutilizar como agua para el proceso o agua para alimentación de la caldera con un mínimo de tratamiento químico. Se calcula que para una planta extractora con una capacidad de 30 t de RFF/hora que genera alrededor

Tabla 4. Calidad del destilado

Apariencia	Clara - ligeramente turbia
pH	5-6
Total de sólidos	150 mg/l
Sólidos suspendidos	10 mg/l
Aceite y grasa	10 mg/l
Nitrógeno amoniacal	6 mg/l
Total de nitrógeno	20 mg/l
Hierro	No perceptible
Fósforo	No perceptible

de 19,5 toneladas de efluentes, con una recuperación aproximada del 85%, se recuperarán alrededor de 16 toneladas de agua para reciclaje. Esta cantidad es suficiente para proveer toda el agua requerida para alimentar la caldera. Esto no sólo compensará el consumo de agua del río, sino que también ahorrará costos de tratamiento del agua (químicos).

Concentrado sólido

Para una planta extractora de aceite de palma con capacidad de 30 t de RFF/hora, el volumen de concentrado (20% sólido) producido es de alrededor de 3,2 t/hora (de 19,5 t/hora de efluentes). Por lo tanto, el volumen es reducido significativamente un 84%. En vista de que una concentración sólida es más alta resulta en un volumen más bajo, el material se hace mucho más fácil de manejar, aun cuando el propósito sea la eliminación.

Actualmente, todas las plantas extractoras de aceite de palma tienen sus propias plantas de tratamiento de efluentes con varias lagunas para diferentes propósitos. En vista de que el sistema de evaporación elimina la necesidad de tratamiento del efluente líquido, las lagunas se pueden utilizar para almacenar el concentrado sólido hasta cuando se requiera.

Según se mencionó anteriormente, el concentrado sólido es rico en nutrientes de plantas, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio (Tablas 2 y 5). Por lo tanto es una buena materia prima para hacer fertilizantes. En pruebas se ha producido con éxito el fertilizante granular de dicho concentrado sólido y la pequeña cantidad de aceite que contiene no afectó su fabricación.

Tabla 5. Contenido de nutrientes del concentrado sólido de los efluentes de la planta extractora de aceite de palma.

	BASE HÚMEDA (%)	BASE SECA (%)
Total de nitrógeno	0,41	2,07
Nitrógeno amoniacal	0,03	0,15
Total de fósforo (P2O5)	0,19	0,96
Fósforo soluble en agua (P2O5)	0,15	0,76
Total de potasio (K2O)	1,29	6,51
Total de calcio (CaO)	0,023	0,12
Total de magnesio (MgO)	0,396	2,00
Total de manganeso (MnO)	0,003	0,015
Total de hierro	0,007	0,035
Total de sodio	0,004	0,020
Humedad	80,0	0,020

Adicionalmente, el concentrado sólido contiene alrededor de 13,5% de proteína y otros aminoácidos esenciales. Por lo tanto, puede ser utilizado potencialmente para hacer otros productos como alimentos concentrados para animales, o puede ser utilizado como materia para fermentación.

Demanda de energía

El requisito de energía es la mejor consideración para la evaporación. Sin embargo, la energía requerida por el proceso puede ser suministrada por la planta extractora. Las plantas extractoras de aceite de palma son autosuficientes en cuanto a energía por la quema de fibra y cascaras. De hecho, existe un exceso de estos combustibles y tienen que ser eliminados, lo cual causa otro problema ambiental de eliminación. Adicionalmente, otro producto secundario sólido que ha traído mucha atención negativa son los racimos vacíos o raquis. Por lo general, éstos son incinerados para obtener cenizas y, al mismo tiempo, se produce un "humo blanco". Aunque el "humo blanco" está compuesto mayormente por vapor de agua inofensivo y un poco de hollín, estéticamente es inaceptable y

causa muchas quejas por parte del público. El Departamento del Medio Ambiente desanima la quema de raquis, especialmente en plantas extractoras nuevas. No obstante, existen fuentes de energía sin costo alguno y en exceso en los alrededores y la energía requerida para la evaporación se puede obtener fácilmente a costos mínimos.

CONCLUSIONES

La industria de palma de aceite en Malasia está enfrentando tremendos retos para cumplir con los estrictos reglamentos, en aumento, sobre el medio ambiente. A lo largo de los últimos 30 años se han desarrollado varias tecnologías de tratamiento de bajos costos, que incluyen anaerobias, aerobias y facultativas, para los efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma.

Todos estos sistemas de tratamiento, si se operan y mantienen apropiadamente, son capaces de cumplir con el límite de descargue (DBO) fijado por el Departamento del Medio Ambiente. Sin embargo, un creciente conocimiento de la necesidad de no contaminar está forzando a la industria de la palma de aceite a revisar su estrategia de manejo de desechos. Es probable que la estrategia convencional de tratamiento y eliminación no continúe por mucho tiempo más. El manejo del medio ambiente está dando mayor énfasis a la reducción al mínimo de desechos en la fuente.

A lo largo de los últimos 10 años, el paradigma del manejo de los efluentes ha cambiado de "tratamiento y eliminación", a "utilización beneficiosa". La aplicación de los efluentes al suelo es la opción más viable, si hay tierra adecuada disponible cerca de la planta extractora de aceite de palma. Su aplicación al suelo ha demostrado ser benéfica para el suelo y el cultivo. Se han obtenido tremendos ahorros en fertilizantes. Ningún efluente es descargado directamente a las corrientes de agua.

Mediante la incorporación de la tecnología de evaporación para recuperar agua y sólidos de los efluentes, una planta extractora puede lograr un sistema de circuito cerrado. Todos los impactos ambientales causados por el tratamiento y la eliminación de los efluentes quedan eliminados. Este proceso innovador ofrece una solución a largo plazo y una oportunidad para solucionar problemas ambientales mediante el manejo eficaz de la energía.

Los efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma se deben considerar como un recurso valioso y su recuperación para otros usos es una alternativa ambiental totalmente preferible al tratamiento y eliminación que se practica actualmente.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer al Director General del PORIM por su permiso para presentar este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Boumann, S.; Brinkman, D.W.; De Jong, R; Waalewijn, R. 1988. Multistage evaporation in the dairy industry. In: S. Bruin (Ed.). Pre-concentration and Drying of food materials. Elsiever.

Chan, K.S.; Chooi, C.F. 1982. Ponding system for palm oil mill effluent. In: The Regional Workshop on Palm Oil Mill Technology and Effluent Treatment. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p. 185-192.

Chooi, C.F. 1984. Ponding system for palm oil mill effluent treatment. In: Workshop Proceedings of the PORIM, no.9, p.53-62.

Frederickson, D. 1984. Hardboard plant evaporator system dramatically cuts treatment costs. Chemical Processing (Estados Unidos). November 1984.

Gurmit Singh; Manoharan, S.; Toh Tai San. 1989. United Plantations' approach to palm oil mill by-product management and utilization. In: PORIM International Palm Oil Development Conference,

Module II: Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.225-234.

Hanif Junit. 1994. Natural rubber serum quality. Seminar Hari Alam Sekitar Pengurusan Effluen Kelapa Sawit dan Getah, Melaka, December 1994.

Jorgensen H.K. 1982. The U P decanter-drier system for reduction of palm oil mill effluent. In: Regional Workshop on Palm Oil Mill Technology and Effluent Treatment. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.201-212.

_____; Gurmit Sing.. 1981. An introduction of the decanter-drier system in the clarification station for crude oil and sludge treatment. In: E. Pushparajah; Chew Poh Soon (Eds.). The Oil Palm in Agriculture in the Eighties - Vol. II. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. p.623-634.

Kanagaratnam, K.; Lai, A.L.; Lim, K.H.; Wood, B.J. 1981. Application of POME to land, charactenstics and oil palm crop. In: National Workshop on Oil Palm By-product Utilization. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p. 16-23.

Klinkhabwala, A. 1994. Replacement evaporation system saves more than $2600/day in net energy costs. Chemical Processing (Estados Unidos). January 1994.

Lim, K.H. 1984. Review of HMPB effluent treatment plants performance. In: Workshop Proceedings of the PORIM. No.9, p.11-41.

_____. 1987. Trials on long term effects of application of POME on soil properties, oil palm nutrition and yields. In: 1987 International Oil Palm/Palm Oil Conference - Progress & Prospects, Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.575-595.

_____; Quah, S.K.; Gillies, D.; Wood, B.J. 1984. Palm oil mill effluent treatment and utilization in Sime Darby Plantations - The current position. In: Workshop Proceedings of the PORIM. No.9, p.42-52.

Mohd Hashim, Tajudin; Zin, Z.Z. 1984. Present status on land application of POME. In: Workshop Proceedings of the PORIM. No.9, p.74-83.

Mohd Tayed, Dolmat; Lim, K.H.; Zin, Z.Z.; Halim Hasan. 1987. Recent studies on the effects of land application of palm oil mill effluent on oil palm and the environment. In: 1987 International Oil Palm/Palm Oil Conference - Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.596-604.

Quah, S.K.; Lim, K.H.; Gillies, D.; Wood, B.J.; Kanagaratnam, J. 1982. Sime Darby POME treatment and land application systems. In: Regional Workshop on Palm Oil Mill Technology and Effluent Treatment. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p. 193-200.

Rumsey, T.R.; Conant, T.T.; Fortis, T.; Ssott, E.P.; Padersen, L.D.; Rose, W.W. 1984. Energy use in tomato paste evaporation. Food Process Eng. v.7 no.3,p.111-121.

Seaburg, J.L.; Bacchetti, J.A. 1982. Evaporator concentrates plating rinse for recycle to process. Chemical Processing (Estados Unidos), November 1985.

Yeow, K.H.; Gurmit Singh. 1983. Land application of plantation effluent. MOPGC/MRPC International Report.

Yundt, B.; Rhinesmith, R. 1981. Horizontal Spray - Film Evaporation. CEP Newsletter (Estados Unidos), September, p.69-73.