La industria de la palma de aceite de contaminación a cero desechos*

The oil palm industry from pollution to Zero waste

YUSOF BASIRON[1], ARIFFIN DARUS

RESUMEN

La contaminación en la industria de la palma de aceite se controla tanto en la plantación como en los posteriores niveles de procesamiento. Las buenas prácticas en la plantación han reducido drásticamente la contaminación causada por el humo, la erosión del suelo y la escorrentía superficial. El reciclaje de la biomasa y del efluente de las palmas extractoras de aceite de palma (EPEAP), como suplementos nutritivos, llevan a una menor dependencia de los fertilizantes inorgánicos, mientras que aseguran la creación de cero desechos. Además, el uso de químicos, tales como plaguicidas, es comparativamente menor en las plantaciones de palma de aceite que en la mayoría de otros sistemas agrícolas. La industria de palma de aceite se vio enfrentada a un período crítico en la década del 70 debido al taponamiento de las vías fluviales por la descarga del EPEAP. La industria entonces estaba pasando por una fase de crecimiento exponencial pero no contaba con ningún sistema de tratamiento efectivo para el efluente. Sin embargo, con el compromiso tanto de la industria como del gobierno se desarrolló un sistema de tratamiento para tratar el EPEAP. Fue este desarrollo en la tecnología para el tratamiento del EPEAP el que le permitió a la industria progresar aún más. Bajo la estricta supervisión del gobierno, mediante reglas de calidad ambiental, muchas mejoras se han logrado en los sistemas para el tratamiento del efluente. Aunque ya es mucho lo que se ha logrado para controlar la contaminación y lograr cero desechos, se esperan más logros en el futuro. El rápido crecimiento en la industria oleoquímica es otro paso hacia la disminución de la contaminación mediante el uso de productos más protectores del ambiente. De manera similar, el empuje hacia la utilización del aceite del palma como biocombustible también logrará el mismo objetivo. La posible utilización de la biomasa de la palma de aceite como sustitutos de las industrias madereras también ayudará a reducir la contaminación causada por la tala de los bosques. La comercialización de la vitamina E, extraida de la destilación de los ácidos grasos de la palma, es otro ejemplo de la creación de productos con valor agregado proveniente de los subproductos de la industria de la palma de aceite.

* Trabajo presentado en el Ist Global 500 Forum International Conference celebrada en Kuala Lumpur del 17 al 20 de octubre de 1995

Tomado de: The Planter (Malasia) v. 72 n° 840, p. 141 - 165. 1996

I. Instituto Malayo de Investigación en Aceite de Palma - PORIM, P.O. Box 10620, 50720 Kuala Lampur, Malasia

SUMMARY

Pollution in the oil palm industry is controlled both at the plantation and downstream processing levels. Good practices in plantations have drastically reduced pollution caused by smoke, soil erosion and surface runoff. The recycling of biomass ans palm oil mill effluente (POME) as nutrient supplements leads to reduced reliance on inorganic fertilisers while ensuring the creation of zero waste. Furthermore, the use of chemicals such as pesticides is comparatively lower in oil palm plantings than in most other agricultural systems. The oil palm industry faced a critical period in 1970s due to the clogging of waterways by POME discharge. The industry was then undergoing an exponential phase of growth but did not have any effective treatement system effluent. However, with commitment by both the industry and the government, a treatment system was developed to treat POME. It was this development of POME treatment technology that permitted the industry to progress further. Under strict suprevision by the government through environmental quality regulations further improvements have been made on the effluent treatment system. Whilst progress has already been achieved to control pollution and to create zero waste, more achievements are expected in the future. The rapid grosth of the oleochemical industry is another step towards pollution abatement through the use of more ecofriendly products. Similarly, the push towards the utilisation of palm oil as biofuels will also achieve the same objective. The possible utilisation of oil palm biomass as substitutes for wood-based industries will also help to reduce pollution caused by the cutting down of forests. Commercialisation of vitamin E, extracted from the palm fatty acid distillate, is another exaple of the creation of value added from the byproducts of the oil palm industry.

Palabras Claves: Contaminación, Control de la contaminación, Plantaciones, Palma de aceite, Desechos, Eliminación de desechos, Subproductos, Aguas residuales.

Malasia se enorgullece como un país que llevó la palma de aceite de un cultivo de oleaginosas de pequeña escala a la condición de un cultivo de un producto importante en el comercio internacional. Nativa de Africa Occidental y Central, la palma de aceite crece silvestremente en palmares con unos pocos árboles esparcidos por hectárea. Como puede esperarse, el rendimiento de estas palmas silvestres es extraordinariamente bajo. Sin embargo, a pesar de su ineficiencia, las palmas silvestres son la fuente principal de aceite para la población nativa de sus países de origen. En el pasado, por lo poco conocida fuera de estos palmares silvestres, la palma de aceite permaneció inexplotada y su verdadero potencial no fue completamente realizado.

La producción comercial del aceite de palma se volvió importante cuando el cultivo fue introducido al lejano oriente por medio de los Jardines Botánicos de Bogor, en Indonesia y en Singapur. La palma de aceite entró a Malasia en 1870. La razón para su importación no fue la de explotar el aceite, sino como una planta ornamental para embellecer las calles en Malasia. Un periodo de 50 años, desde la fecha de introducción de la palma, transcurrió antes de que la palma de aceite se sembrara comercialmente, a pequeña escala. De hecho, el período entre 1870 y 1920 puede ser visto como la primera fase del desarrollo de este cultivo en la agricultura malaya.

El verdadero impulso de la siembra de la palma de aceite a gran escala se originó con la política gubernamental de diversificación de cultivos en 1960. Preocupados con la caída de los precios del caucho, el gobierno vio la necesidad de diversificar la economía del país en el sector de los productos agrícolas. La palma de aceite se destacó como el más promisorio entre los diferentes cultivos potenciales.

Con el respaldo de muchos años de experiencia con el cultivo del caucho a escala de plantación, el cambio a palma de aceite se le presentó de forma natural a los cultivadores malayos. Aún más, la buena sinergia que existió entre el gobierno y el sector privado ayudó mucho al crecimiento y desarrollo de la industria de la palma de aceite. Las instalaciones de investigación y desarrollo ya existentes en los departamentos de investigación de las compañías cultivadoras, junto con aquellas instituciones públicas establecidas por el gobierno para apoyar la política de diversificación agrícola, ayudaron a agilizar el establecimiento de la palma de aceite como el principal cultivo de plantaciones. Fue esta estrecha colaboración entre los dos sectores la que desarrolló el total potencial de la palma de aceite

como la principal fuente de aceite en el mercado mundial de aceites y grasas.

CRECIMIENTO DE LA INDUSTRIA DE LA PALMA DE ACEITE EN MALASIA

El período comprendido entre 1920 y 1960 evidenció un crecimiento lento pero gradual de la industria de la palma de aceite en Malasia. El área de palma sembrada pasó de 400 a 54.000 hectáreas en 40 años (Tabla 1).

Después de 1960, la siembra de palma de aceite en Malasia entró en un período de crecimiento exponencial. Alentados por la política agrícola del gobierno, se adecuaron áreas nuevas para la palma de aceite, mientras que las tierras agrícolas existentes se sembraron con este cultivo. En 1970, el hectareaje en palma de aceite aumentó a más de un cuarto de millón de hectáreas alcanzando la marca de un millón diez años más tarde en 1980. Hacia principios de la década de los 90, el área sembrada en palma de aceite pasó los 2 millones de hectáreas y se espera que a finales del siglo alcance 2,6 millones de hectáreas (Tabla 1).

El aumento en el hectareaje llevó al correspondiente incremento en el número de plantas extractoras (Tabla 2) y en la producción de aceite crudo de palma (ACP) (Tabla 3). Durante la fase de crecimiento exponencial, la producción de aceite crudo de palma aumentó de 92.000 toneladas en 1960 a 431.000 toneladas en 1970. Debido a un buen manejo de los insumos y a mejores materiales de siembra, la producción del aceite crudo de palma siguió aumentando, alcanzando más de 6 millones de toneladas en 1990 y sobrepasando los 7 millones de toneladas en 1993. Hacia finales de este siglo se espera que la producción alcance los 8,75 millones de toneladas.

Tabla I. Area en palma de aceite en Malasia

Año	Hectáreas	% de Cambio
1871 - 1910s	< 350	-
1920	400	-
1930	20.600	-
1940	31.400	-
1950	38.800	-
1960	54.638	0,0
1965	96.945	77,4
1970	261.199	169,4
1975	641.791	145,1
1980	1.023.306	59,4
1985	1.482.399	44,9
1990	1.984.167	33,8
1992	2.143.233	8,0
1993	2.281.010	6,4
2000*	2.634.000	15,5

Nota: * = Estimativo
Fuente: PORLA, Estadísticas del aceite de palma

Tabla 2. Plantas extractoras de aceite de palma en Malasia

Año	Número	Capacidad t RFF/ha
1976	104	3.034
1977	116	3.285
1978	129	3.560
1979	141	3.905
1980	149	4.082
1981	171	4.780
1982	188	5.665
1983	211	6.750
1984	222	6.990
1985	229	7.317
1986	240	7.923
1987	241	8.157
1988	244	8.252
1989	252	8.447
1990	261	8.932
1991	264	9.084
1992	271	9.375
1993	276	9.730

Fuente: PORLA, Estadísticas del aceite de palma

En 1974, la industria malaya de la palma de aceite entró en una nueva fase de su desarrollo con el montaje de las primeras refinerías de aceite de palma. Con anterioridad a esta fecha, todo el aceite de palma producido por Malasia era exportado en la forma de aceite crudo. Con la creación de capacidad de refinación, la industria podría darle valor agregado a su producto. Actualmente existen 50 refinerías de aceite de palma en Malasia, con una capacidad total de 11,25 millones de toneladas de aceite crudo de palma por año (Tabla 4).

Una mayor industrialización de la industria de la palma de aceite se llevó a cabo en 1982, cuando se fundó la primera planta de oleoquímicos en este país. Alentados para explotar los ricos recursos agrícolas del país, el gobierno ha identificado los oleoquímicos como áreas de crecimiento

Tabla 3. Producción de Aceite de Palma en Malasia

Año	Producción [x 1000 tM]
1930	5
1940	58
1950	53
1960	92
1970	431
1980	2.573
1985	4.133
1986	4.544
1987	4.533
1988	5.030
1989	6.050
1990	6.090
1991	6.141
1992	6.373
1993	7.430
1994	7.040
2000*	8.750

Nota: * = Estimativo
Fuente: PORLA, Estadísticas de aceite de palma

Tabla 4. Refinerías de aceite de palma en Malasia

Año	Numero	Capacidad (millones de toneladas de ACP/año)
1976	16	1,34
1977	23	1,47
1978	29	2,14
1979	38	2,59
1980	45	2,84
1981	49	3,00
1982	49	3,00
1983	49	3,00
1984	49	3,00
1985	38	5,35
1986	39	8,05
1987	37	8,55
1988	38	9,02
1989	37	9,31
1990	37	10,45
1991	36	10,52
1992	40	10,60
1993	50	11,21

Fuente: PORLA, Estadísticas de aceite de palma

en el Plan Industrial Maestro. Actualmente existen 13 plantas de oleoquímicos operando, y aproximadamente la mitad son consorcios con compañías internacionales. El rápido desarrollo en la industria oleoquímica excedió considerablemente el pronóstico de crecimiento identificado en el Plan Industrial Maestro (Tabla 5).

COMPETITIVIDAD DEL ACEITE DE PALMA

La demanda mundial de aceites y grasa la satisfacen 17 fuentes principales (Tabla 6). El primero en la lista es el aceite de soya, el cual proporcionó 17,2 millones de toneladas de la producción total de aceites

Tabla 5. Capacidad de Oleoquímicos y jabones en Malasia vs. el Plan Industrial Maestro ('000 Toneladas métricas)

Producto	1990	1994	1995 (IMP)	2000 (IMP)
Ácido graso	135	532	462	560
Ésteres grasos metílicos	63	208	50	70
Ésteres grasos	10	25	30	40
Alcohol graso	30	115	168	350
Nitrógeno graso C	-	10	30	60
Glicerol	24	(casi 80)	67	120
Jabón metálico	-	5		
Total	262	886	807	1.200
Mundial	4.417	-	5.264	698
Viruta de jabón		160		235

Fuente: Yusofetal. 1992

Tabla 6. Producción Mundial de Aceites y Grasas ('000 de Toneladas)

Fuente	1993	1994
Anuales	44.864	57.294
Aceite de soya	17.200	23.317
Aceite de colza	9.144	10.929
Aceite de maní	3.852	4.629
Aceite de girasol	7.504	9.962
Aceite de maíz	1.640	1.780
Aceite de ricino	454	456
Aceite de linaza	565	843
Aceite de ajonjolí	684	702
Aceite de algodón	3.821	4.776
Perennes	20.230	24.808
Aceite de palma	13.512	17.498
Aceite de palmiste	1.767	2.175
Aceite de coco	2.841	3.306
Aceite de oliva	2.110	1.829
Animales	19.241	23.164
Sebo grasa	6.771	7.735
Manteca	5.476	6.851
Mantequilla como grasa	5.925	7.012
Aceite de pescado	1.075	1.560
Total	84.335	105.266

Nota : * = Estimativo
Fuente: Mohd Nasir 1994

y grasas de las 84.3 millones de toneladas en 1993. El segundo lugar lo ocupan el aceite de palma junto con el aceite de palmiste, con una producción combinada de cerca de 15,3 millones de toneladas. Aproximadamente el 54% provino de Malasia. El aceite de palma, el cual le sigue al aceite de soya en términos de producción, era el jugador principal en el comercio internacional al controlar el 36% de la participación del mercado.

Entre las plantas oleaginosas, la palma de aceite es la más eficiente, con un rendimiento 10 veces mayor al de la soya, 6,9 al del girasol y 6,3 veces al de la colza (Tabla 7). Estas cuatro fuentes representaron el 73% de los aceites vegetales producidos en 1993. De

Tabla 7, Productividad promedio de varias palmas de las Principales Plantas Oleaginosas

Cultivo	Aceite/ha/año (kg)
Soya	351,1
Algodón	188,0
Maní	384,0
girasol	504,0
Colza	555,9
Ajonjolí	178,0
Palma de aceite	3.200,0
Palmiste	453,9
Copra	355,8

Adaptado de Mohd Nasir 1994

Tabla 8. Rendimiento representativo de la palma de aceite en diferentes clases de rendimiento

Brecha de rendimiento	clase de rendimiento	rendimiento (t/ha/año)	% de aumento
e ↑	Máximo teórico	17,0	39,0
	Mejor rendimientos experimental		
d ↑	- Mejores palmas individuales	12,2	22,0
	- Progenies seleccionadas	10,0	16,0
	- Mejores parcelas/año	8,6	72,0
c ↑	Buenos rendimientos comerciales (suelos costaneros, Malasia)	5,0	35,0
b ↑	Rendimientos promedios nacionales		
	- plantación, Malasia	3,7	8,5
a	- plantación, Nigeria	1,6	789,0
↑	- palmares silvestres,Nigeria	0,18	

a) domesticación
b) brecha de rendimiento 'zona climática'
c) brecha de rendimiento agronómico/sitio/suelo
d) brecha de rendimiento potencial genético [actual)
e) brecha de rendimiento potencial teórico (futuro)

hecho, la palma de aceite ha avanzado considerablemente, de un promedio de aproximadamente 0,18 t/ha/año en los palmares silvestres de Nigeria a un promedio nacional actual de aproximadamente 3,7 t/ha/año en Malasia (Tabla 8). Algunas plantaciones comerciales en Malasia cuentan con una producción tan alta como de 5 t/ha/año. Mediante el mejoramiento y la selección, se espera un promedio mucho mayor en los años futuros, ya que los mejores lotes experimentales pueden alcanzar 8,6 V ha/año, con progenies seleccionadas que alcanzan 10 t/ha/año y las mejores palmas individuales que producen el equivalente a 12,2 t/ha/año. El potencial genético del actual material mejorado parece estar cerrando la brecha para alcanzar un potencial de producción teórico de 17 t/ha/año (Henson 1990).

La demanda mundial de aceites y grasas para el año 2000 está proyectada en aproximadamente 105 millones de toneladas. A la tasa de producción actual, la necesidad quedaría satisfecha con 30 millones de hectáreas de palma de aceite, o de manera individual, con aproximadamente 189 millones de hectáreas de colza, 209 millones de hectáreas de girasol, 299 millones de soya (Fig 1). Sin duda alguna, hectárea por hectárea, la palma de aceite es el más eficiente productor de aceite vegetal. Esta alta productividad coloca a la palma de aceite en una ventaja competitiva sobre otras fuentes de aceites vegetales. Además, con el aumento esperado en la producción, proveniente de más nuevos materiales superiores y junto con una buena tecnología de manejo, el aceite de palma parece estar aumentando su liderazgo sobre sus competidores.

Además de la alta productividad, la competitividad del aceite de palma es aumentada aún más por su bajo costo de producción comparado con otras fuentes de aceites y grasas (FAO 1995). El costo estimado de producción de una tonelada de aceite de palma es de US$ 225 en los Estados Unidos. Los costos de producción de una tonelada de aceite de colza en Alemania y una tonelada de girasol en Francia son de US$ 1.253 y US$ 698, respectivamente (Tabla 9). De la clasificación de los componentes de costos se puede observar que con excepción de la porción gastada en mano de obra, otros costos son menores en palma de aceite que en los otros tres aceites que compiten. Con el énfasis actual para mecanizar y reducir la dependencia en el trabajo manual de los obreros en cada etapa de operación, la palma de aceite se puede posicionar de tal manera que puede ser más competitiva o por lo menos mantener su actual posición.

LA CONTAMINACION Y LA INDUSTRIA DE PALMA DE ACEITE

No hay duda de que la conversión de las selvas vírgenes en cualquier actividad comercial tendrá invariablemente un impacto sobre el medio ambiente. En el caso de la industria de la palma de aceite, en general, se puede esperar que la contaminación ocurra tanto hacia la parte superior del proceso, en relación con el cultivo en sí, como también hacia la parte inferior, en relación con las actividades de procesamiento. Sin embargo, la industriase enorgullece

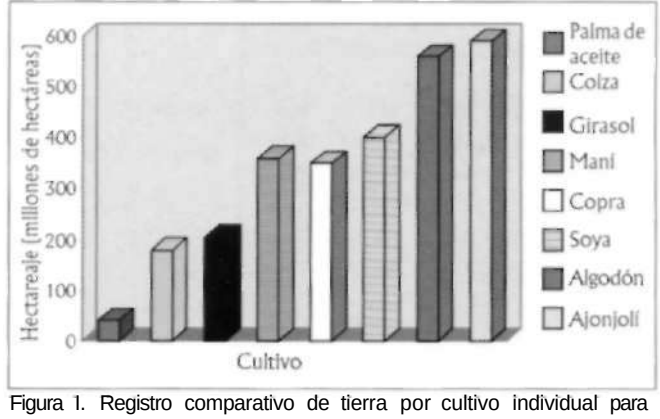

Figura 1. Registro comparativo de tierra por cultivo individual para satisfacer la demanda mundial de aceites y grasa en el año 2000.

Tabla 9. Costos promedios actuales de producción de oleaginosas seleccionadas y de su procesamiento a aceite.

Factores de costo	aceite de soya en los E.U.A.		aceite de palma en Malasia		aceite de colza en Alemania		aceite de girasol en Francia	
	US$/t	%	US$/t	%	US$/t	%	US$/t	%
Costos totales del cultivo de los cuales	825	100	158	100	1.167	100	615	100
- Costos de materiales (incluyendo hervicidas/ plagicidas, fertilizantes, semillas, etc)	132	16	25	16	322	28	183	30
- Mano de obra	116	14	66	42	161	22	119	19
- Otros (incluyendo costos de capital)	577	70	67	42	585	50	308	50
- Costos totales de procesamiento	165	100	67	100	86	100	83	100
costos totales de producción incurridos para producir una tonelada de aceite	990		225		1.253		698	

Fuente: FAO 1995.

de ser sensible a este tema y ha utilizado todos los medios posibles para solucionar los problemas que se hubiesen podido causar al medio ambiente.

Preparación de Suelo

La tala de los bosques llevará, sin falta, a grandes áreas de suelo desnudas y expuestas al desgaste atmosférico. Bajo fuertes lluvias, el suelo desnudo estará sujeto a la erosión y al agua de escorrentía. La erosión es mucho más fuerte cuando el desmonte ocurre en terreno montañoso y pendiente. Además de la contaminación causada por la erosión del suelo, la tala de las selvas también ocasiona la quema de los residuos de los bosques para preparar el suelo para el cultivo de la palma de aceite. Esta práctica lleva a la contaminación de la atmósfera por el humo.

En el momento de la tala del bosque y de la preparación del suelo es imposible tener un control completo de la contaminación; sin embargo, con las actuales prácticas agrícolas se toman todas las precauciones para asegurar que la contaminación sea mantenida en los niveles mínimos. La práctica de hacer terrazas en las laderas y la siembra de cultivos de cobertura aseguran un control sobre la contaminación causada por la erosión del suelo y el agua de escorrentía (Singh 1994).

En la renovación de plantaciones de la palma de aceite a palma de aceite, la técnica de cero quema ha demostrado ser una práctica ambientalmente aceptable (Mohd Hashim et al. 1993) Esta técnica, introducida en 1989, comprende la tala de las palmas viejas y luego el desmenuzamiento de los tejidos. Los residuos son dejados en el sitio para que se descompongan. Al omitir el paso de la quema, esta técnica de renovación ha solucionado completamente la contaminación del humo asociada con el método tradicional de tala limpia. Un beneficio adicional de esta nueva técnica se deriva de reciclar la materia orgánica al suelo. Esta práctica asegura el completo retorno de la materia orgánica al suelo, lo que ayuda a mejorar la fertilidad del suelo, al igual que las propiedades químicas y físicas. La descomposición de la materia orgánica devuelve al suela una gran cantidad de los nutrientes de la planta (Tabla 10). El reciclaje de estos nutrientes por cada hectárea, equivalente a 738 kg de urea, 205 kg de roca fosfórica de Christmas island, 848 kg de cloruro de potasio y 488 kg de kieserita (sulfato hídrico de magnesio), implica un gran ahorro de fertilizantes. Otro punto muy importante es la tremenda reducción

Tabla 10. Nutrientes disponibles de los residuos de la palma al momento de la renovación.

Residuos de palma	nutrientes (kg/ha) N	P	K	Mg
Tronco	219,6	21,2	314,5	52,6
Hojas	119,8	11,0	109,7	23,3
Total	339,4	32,2	424,2	75,9
	Urea	Roca fosfórica	Cloruro de potasio	kieserita
Equivalente de fertilizante	737,9	204,8	848,4	487,5

Fuente: Mohd Hashim et al. 1993.

Tabla 11 Consumo de energía en la plantación de palma de aceite.

Insumo	Valor energético GJ/ha/año
Fertilizantes	11,2
Plaguicidas, herbicidas, cebos para ratas	0,8
Maquinaria	5,14
Total	17,6

Fuente: Wood y Corley 1991.

en la contaminación causada por el uso de fertilizantes inorgánicos, tanto a través de su fabricación como de su aplicación en el campo.

Además de resolver el problema de la contaminación de humo y la contaminación causada por los fertilizantes, la técnica de renovación de cultivos con cero quema también reduce la contaminación causada por la erosión del suelo y por el agua de escorrentía. Este beneficio adicional es posible debido a la reducción del período sin cultivo de seis a ocho meses a tan sólo uno o dos meses. La contaminación del suelo se mantiene controlada, ya que la superficie del suelo permanece expuesta menos tiempo.

Prácticas de la plantación.

A pesar del daño ambiental experimentado durante la época de renovación de cultivos, aún sin control, las practicas de la plantación de palma de aceite tienen una actitud más amigable hacía el ambiente que otros sistemas agrícolas. El consumo de energía de una plantación de palma de aceite es sólo de 17,6 GJ/ha/año (Wood y Corley 1991) (Tabla 11). Cuando los valores de la relación consumos de energía: son tenidos en cuenta, la palma de aceite lidera muchos otros cultivos en términos de un equilibrio energético (Tabla 12). De un total de consumo de energía de 19,2 GJ/ha/año, la palma de aceite genera productos con una energía totoal de 182,1 GJ/ha/año. Esta alta relación producción: consumos de 9,5 veces sólo la logran unos pocos sistemas agrícolas. Para fines comparativos, relaciones similares para la soya y colza son sólo de 2,5 y 3,0, respectivamente.

Tabla 12 Valores de consumos y de producción de energía para los productos de palma de aceite comparados con algunos otros cultivos.

Sistema de cultivo	Valor energético anual, GJ/ha		
	Consumo	Producción	Relación
Palma de aceite (Malasia)	19,2	182,1	9,5
Maíz (Estados Unidos)	30,0	84,5	2,8
Maíz (México)	1,0	29,4	30,0
Arroz (Estados Unidos)	65,5	84,1	1,3
Arroz (Filipinas)	1,0	24,4	4,4
Trigo (India)	6,6	11,2	1,7
Colza (Reino Unido)	23,0	70,0	3,0
Soya (Estados Unidos)	20,0	50,0	2,5
Arveja (Reino Unido)	10,9	10,3	0,94
Azucarera (Reino Unido)	124,4	82,9	0,7
Lechuga (Reino Unido)	5.300,0	10,6	0,002

Fuente: Wood y Corley 1991.

Este alto equilibrio energético refleja tanto la eficiencia del cultivo de palma de aceite como una menor dependencia de los combustibles fósiles comparado con otros cultivos. Esto se logra, en parte, debido a la reincorporación de la biomasa de la palma de aceite, lo que lleva a una menor dependencia en los fertilizantes inorgánicos para suministrar las necesidades de nutrientes de la palma de aceite. Por ejemplo, una tonelada de hojas podadas puede devolver al suelo el equivalente a 7,5 kg de nitrógeno, 1,06 kg de fósforo, 9,81 kg de potasio y 2,79 kg de magnesio (Mohd Husin et al. 1985) (Tabla 13). Se produce un total de 10 toneladas de hojas podadas por hectárea/año, y todo esto es actualmente incorporado al suelo. Además de proporcionar nutrientes, la práctica de apilar las hojas en las interlíneas también ayuda en forma apreciable a reducir la erosión del suelo.

Aunque parte de los requerimientos de nutrientes son proporcionadas mediante la reincorporación de la biomasa, la palma de aceite también requiere de la aplicación de fertilizantes inorgánicos para mejorar la productividad. Esto se aplica a todas las plantas de cultivo. Ya que se trata de un insumo bastante costoso, la aplicación de los fertilizantes en una plantación de palma de aceite está sujeta a un análisis muy cuidadoso. Para la preparación de las recomendaciones de fertilizantes se tienen en cuenta factores como: el suelo, la palma y los factores ambientales, para asegurar una dosificación optima. Con el respaldo de muchas décadas de hallazgos de investigación, las necesidades de nutrientes de la palma de aceite en los diferentes ambientes son bien conocidas. Actualmente hay

Tabla 13 Equivalente de nutriente una tonelada de hojas podadas secas.

Nutriente	Peso (kg)
Nitrógeno	7,5
Fósforo	1,06
Potasio	9,81
Magnesio	2,79

Fuente: Mohd Husin et al. 1985

Tabla 14 Análisis Insumos: Producción De Los Cultivos Intensivos De Oleaginosas Y Palma De Aceite [Por Tonelada De Aceite).

Artículos (Unidad)	aceite de Soya	aceite de Girasol	aceite de Colza	aceite de Palma
INSUMOS				
Semillas para la siembra (kg)	150	6,3	2,5	-
Nitrógeno (N-kg)	315	96	99	47
Fosfatos (P205-kg)	77	72	42	8
Plaguicidas/herbicidas(kg)	29	28	11	2
Otros (kg)	117	150	124	88
Energía (GJ)	2,9	0,2	0,7	0,5
PRODUCCION				
Oleaginosas/frutas (kg)	5.000	2.500	2.500	4.540
Emisiones al suelo y a las aguas (kg)				
Nitrógeno	32	10	10	5
Fosfatos	23	22	13	2
Plaguicidas/herbicidas	23	22	9	0,4
Emisiones al aire (kg)				
NOx	4	0,3	0,8	0,5
SO2	2	0,1	0,4	0,2
CO2	205	16	50	32
Plaguicidas/herbicidas	6	6	2	0,1

Fuente: FAO 1995.

disponible una gran cantidad de programas de computador para ayudar a decidir sobre las recomendaciones de fertilizantes, tales como el sistema de información ambiental (EDS), el sistema de diagnóstico foliar (FDS) y los sistemas de recomendaciones de fertilizante específicos integrados al sitio (INFERS) (Foster 1993; Kee et al. 1994)

Fuera del fertilizante, una menor dependencia en los combustibles fósiles en la plantación de la palma de aceite también se ve reflejada en una reducción en el consumo de energía para otros químicos como insecticidas, fungicidas, herbicidas y rodenticidas (Wood y Corley 1991). El manejo integrado de las plagas, enfermedades y malezas que combina tanto las prácticas biológicas como las culturales, reduce la dependencia en los químicos en las operaciones diarias de la plantación. Como ejemplo se tiene el uso del ganado para controlar las malezas, el control biológico de insectos plaga con depredadores y parasitoides, el control de las ratas con buhos de los establos y la práctica aceptada de permitir malezas suaves no competitivas para medrar en la plantación (Chung et. al. 1995).

La eficiencia de las prácticas en las plantaciones de palma de aceite está ampliamente demostrada en el análisis insumos: producción en comparación con otras fuentes importantes de semillas oleaginosas (FAO 1995). Tal como aparece en la Tabla 14, el cultivo de la palma de aceite utiliza menos insumos químicos, incluyendo fertilizantes, plaguicidas y herbicidas. En cuanto las emisiones al suelo y a las aguas, el cultivo de la palma de aceite devuelve en menor cantidad con respecto al nitrógeno, fósforo, plaguicidas y herbicidas. Las emisiones al aire de NOx, S02, C02, plaguicidas y herbicidas son comparables o menores que la de los otros tres cultivos.

Desechos de las plantas extractoras

El procesamiento de los racimos de la fruta fresca de la palma de aceite (RFF) resulta en una producción concominante de desechos en la forma de efluentes de plantas las extractoras de aceite de palma (EPEAP), racimos vacíos de fruta (RV), fibra del mesocarpio y cáscara (Fig. 2). La fibra del mesocarpio y la cáscara son utilizadas como combustible para suministrar energía a la planta extractora. En años anteriores, los RV eran quemados y la ceniza de los racimos era incorporada en la plantación como una fuente de fertilizantes. Con el estricto cumplimiento de la regulación que prohibe la quema, los RV son ahora devueltos al campo utilizados como un "mulch".

Tabla 15. Características del EPEAP*

Parámetro	Promedio	Rango
pH	4,2	3,4 - 5,2
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	25.000	10.250 - 43.750
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	50.000	15.000 - 100.000
Sólidos Totales (ST)	40.000	11.500 - 78.000
Sólidos Suspendidos (SS)	18.000	5.000 - 54.000
Aceites y Grasas (A y G)	6.000	150 - 18.000
Nitrógeno Amoniacal (NA)	35	4 - 80
Nitrógeno Total (NT)	750	180 - 1.400

• Todo en mg/l, excepto el pH.

El EPEAP es la sustancia más contaminante, la cual requiere de un tratamiento especial. El EPEAP se genera en los procesos de esterilización y clarificación y en la operación hidrociclónica, donde las cáscaras se separan de las

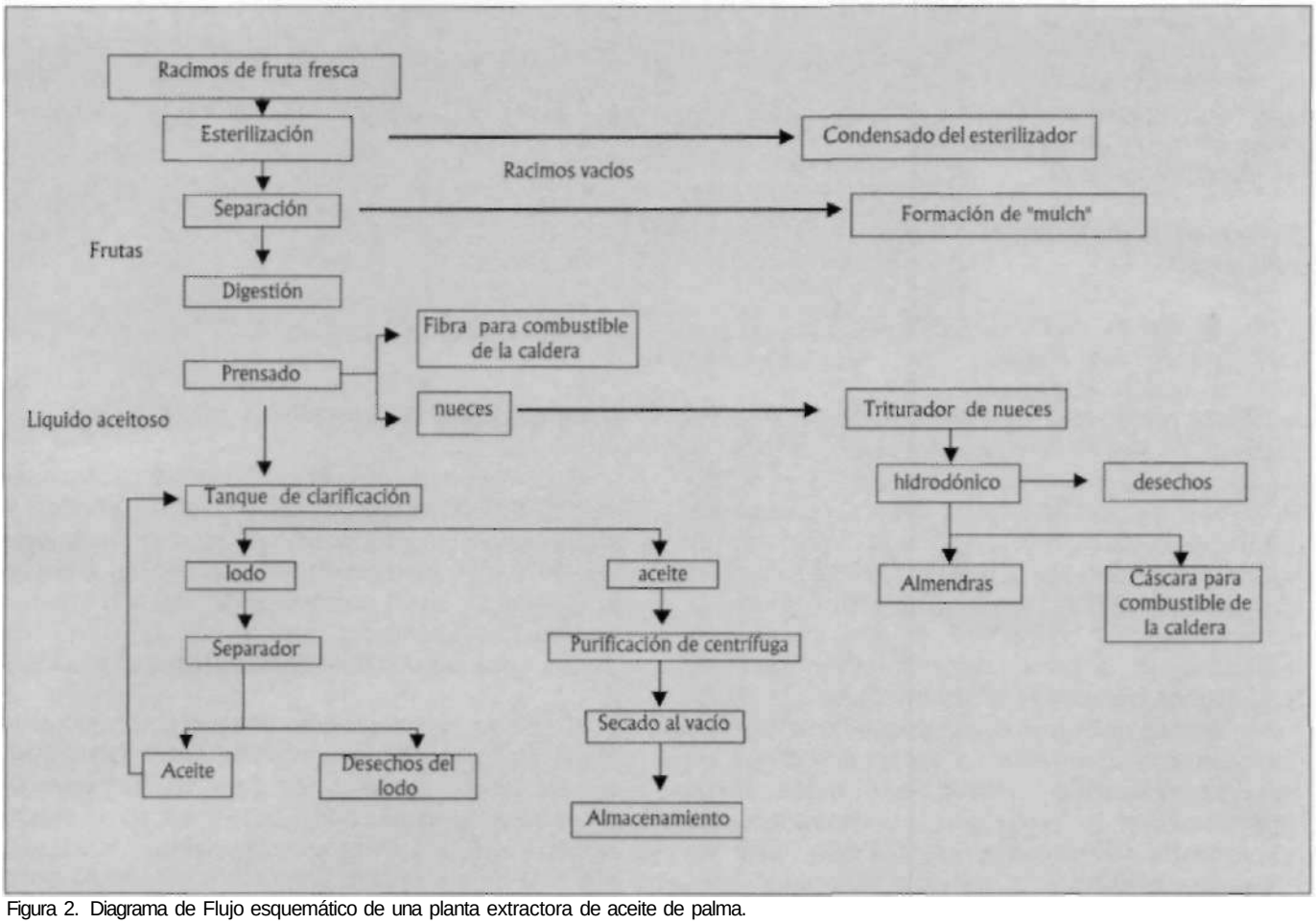

Figura 2. Diagrama de Flujo esquemático de una planta extractora de aceite de palma.

almendras. La demanda biológica de oxígeno (DBO) del EPEAP es alta, fluctuando desde 10.250 a 43.750 mg/l, con un promedio de 25.000 mg/l (Maheswaran 1984) (Tabla 15).

En la década del 60 no existía un tratamiento para el EPEAP. Debido a la ausencia de un sistema de tratamiento y de regulaciones para controlar la contaminación con el EPEAP, el método más conveniente para eliminar este desecho fue la descarga en los canales de agua. El problema de la contaminación de escasas 92.000 toneladas de producción de sólo 10 plantas extractoras no era aparente en ese entonces. Se asumía que los ríos y canales podían absorber estos desechos.

Ya en 1970, la producción había aumentado cinco veces comparada con la de 1960. Como resultado de esto, la contaminación con el EPEAP de las fuentes naturales de agua se convirtió en algo muy común, y por lo tanto el procesamiento del aceite de palma se convirtió en sinónimo de contaminación de EPEAP. Tonelada por tonelada, el potencial de reducción de oxígeno del EPEAP es 100 veces el del alcantarillado doméstico. Con una DBO promedia de 25.000 mg/l, el desecho orgánico de las plantas extractoras de aceite de palma era equivalente a la generada por 10 millones de personas (Vincent 1993). Por este motivo, la industria se vio enfrentada a un problema serio, ya que había una falta total de tecnología probada para tratar los EPEAP.

El gobierno y la industria trabajaron conjuntamente para buscar tecnologías de tratamiento que fuesen ambiental y económicamente sólidas. Se trataba de una tarea difícil, ya que en el mundo no existía tecnología alguna para tratar el EPEAP. Sin embargo, con la perseverancia y con el compromiso de solucionar el problema de la contaminación, se adoptaron exitosamente sistemas para el tratamiento de los desechos industriales como el EPEAP. Los tres sistemas empleados con mayor frecuencia son: el sistemas de

lagunas, el digestor de tanque abierto y el sistema de aireación extendida, al igual que un digestor anaeróbico cerrado y un sistema de aplicación de tierra.

Tabla 16 Estándares de descarga del efluente de las plantas extractoras de palma.

Parámetro	Est. A 1/7/78	Est.B 1/7/79	Est. C 1/7/80	Est. D 1/7/81	Est. E 1/7/82	Est. G 1/7/84
pH	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9
Demanda biológica de oxígeno (DBO)	5.000	2000	1000	500	250	100
Demanda química de oxígeno (DQO)	10.000	40000	2000	1000	-	-
Sólidos totales (ST)	4.000	2500	2000	1500	-	-
Sólidos suspendidos (SS)	1.000	800	600	400	400	400
Nitrógeno amoniacal (NA)	25	15	15	10	150(a)	100 (a)
Nitrógeno Total (NT)	-	-	-	-	-	-
Aceites y Grasas (A y G)	50	100	75	50	50	50

(a) valor de la muestra filtrada

Todo en mg/l, excepto el pH

Reglamentos de Calidad ambiental

En el año de 1978 se sancionaron los Reglamentos de Calidad Ambiental, haciendo énfasis en los estándares para la descarga del EPEAP (Maheswaran 1984). La DBO fue el parámetro clave en estos estándares. De un a DBO de 25.000 mg/l del EPEAP no tratado, la carga fue progresivamente reducida a 5.000 mg/l en los estándares de primera generación en 1978 hasta el nivel actual de DBO de 100 mg/l (Tabla 16). El problema de contaminación con EPEAP ya está bajo control debido a un estricto cumplimiento de estas regulaciones. Hacia 1980, la contaminación con EPEAP en términos de población se redujo de 15.9 millones de personas dos años antes a sólo 2,6 millones de personas. Esto se logró a pesar de 16 nuevas plantas extractoras, con un aumento en la producción de 0,7 millones de toneladas (Vicent 1993). Con un mejoramiento adicional en la tecnología de tratamiento, la carga de DOB disminuyó dramáticamente en 1989 a menos de 1,6 millones de personas, a pesar de que la producción de aceite crudo de palma se encontraba por encima de 6 millones de toneladas. La producción estimada de 15,2 millones de toneladas de EPEAP. altamente contaminante, tendría una población equivalente a 22,3 millones de personas si no se sigue tratamiento alguno (Ma et al. 1993)

Tabla 17 Clases de EPEAP y sus composiciones químicas.

Clase de EPEAP	DBO	N	P	K	Mg
Crudo	25.000	948	154	1.958	345
Digerido (anaeróbico)					
a. Tanque agitado	1.300	900	120	1.800	300
b.Sobrenadante	450	70	1.200	280	
c.Lodo del fondo	1.000 a 3.000	3.552	1.180	2.387	1.509
Digerido (aeróbico)					
a.Sobrenadante	100	52	12	2.300	539
b.Lodo del fondo	150 a 3.001	495	461	2.378	1.004

Nota: Todo en mg/l
Fuente: Ma 1993

Subproductos de las plantas extractoras.

El cumplimiento por parte de la industria para tratar el EPEAP antes de descargarlo a los ríos y canales y la forma estricta en que el gobierno hace cumplir las leyes genera dividendos de dos maneras diferentes. Primero, la suspención de la contaminación culminó en unos ríos mucho más limpios, trayendo una nueva promesa para la expansión de la industria de la palma de aceite.

Segundo, se identificaron diferentes subproductos resultantes de los sistemas de tratamiento. El EPEAP. ya sea crudo o tratado, contiene un alto nivel de nutrientes de la planta (Ma 1993) (Tabla 17). Al reducir el nivel de la DBO a una cantidad menor a 5.000 ppm, el EPEAP digerido puede ser utilizado para la aplicación al suelo con la aprobación del Departamento del Medio Ambiente. Los estudios han demostrado que tales aplicaciones son benéficas para la palma de aceite, además de los grandes ahorros que representa el costo de los fertilizantes (Zin et al 1993; Lim y Chan 1993; Zin 1995). El valor del fertilizante, equivalente a 18 millones de toneladas de EPEAP descargadas anualmente, se calcula en aproximadamente RM90 millones (Tabla 18). Además, los estudios a largo plazo también han establecido que la calidad del agua de las áreas aplicadas no está afectada.

Los avances en la tecnología de tratamiento vieron la introducción del sistema de secador-decantador. Este sistema reduce el lodo de clarificación en un 70%, mientras que al mismo tiempo concentra los sólidos del EPEAP utilizando un secador rotatorio. El secador obtiene su calor del gas de escape de la caldera. Este sistema, además de reducir el volumen de

Tabla 18 Valor estimado de fertilizantes de 18 millones de toneladas de EPEAP.

Fertilizante	Toneladas ('000)	Precio/t (RM)	Valor (millones de RM)
Sulfato de amonio	90,6	360	32,6
Roca fosfórica	23,4	230	5,4
Cloruro de potasio	82,4	370	30,5
Kieserita	71,6	310	22,2
Total			90,7

Fuente:Zin 1995

efluente, también ayuda a reducir el problema de la contaminación del aire. Los sólidos secos pueden ser utilizados como acondicionadores del suelo y como alimento animal (Ma 1993)

La digestión anaeróbica del EPEAP produce otro producto muy valioso, el biogas. Se estima que se puede obtener aproximadamente 20.000 m3 de biogas por día en una planta extractora de 60 t RFF/H que opere 20 horas (Ma 1993). El biogas tiene un valor calorífico de 53.000 Kcal/m3. Se pueden obtener importantes ahorros al aprovechar el biogas para le generación de calor y de electricidad.

Otros desechos sólidos, como la fibra del mesocarpio y las cáscaras, se constituyen en principales fuentes de combustible en las plantas extractoras de aceite de palma. Juntos pueden producir suficiente energía para cumplir con los requisitos de energía de una planta. Tradicionalmente, los racimos vacíos (RV) se han quemado y sus cenizas son incorporadas a la plantación como un fertilizante. Sin embargo, debido al problema de contaminación, la quema de los RV hasido reprimida. En lugar de esto, los RV son regresados al campo para que actúen como "mulch".

Tabla 19 Análisis del agua subterránea en los sitios de supervisión.

Parámetro	concentración* EPEAP	Control
pH	6,70	6,50
N total	4,50	4,20
P	T	T
K	7,80	5,90
Ca	11,70	8,60
Mg	7,70	5,70
B	T	T
N-NH4	2,50	2,20
N-NO3	13,2	7,90
Fe	1,18	1,05
Mn	0,01	0,02
Cu	0,02	0,03
Zn	0,27	0,36
Pb	T	T

Todas las concentraciones son en ppm excepto el pH T = Trazas
Fuente: Khalid y Zin 1994.

Desechos de las refinerías

En las refinerías del proceso inferior ("downstream'), la industria tiene que tratar el efluente de la refinería del aceite de palma (ERAP). Las características del ERAP dependen en gran parte del tipo de proceso de refinación (Tabla 20). Las tres tipos de operación más conocidos son a) refinación física y fraccionamiento seco b) refinación física y fraccionamiento con detergente y c) refinación física y química con fraccionamiento seco/ detergente. La tecnología de tratamiento para el ERAP ha avanzado a tal punto que la demanda biológica de oxígeno (DBO) puede reducirse a 50 mg/l antes de la descarga final. Uno de esos sistemas, efectivos en cuanto a costo para el tratamiento del efluente de la refinería, es el proceso de reactor de lote de secuencia (SBR) (Ma 1993). Se ha motivado a la industria a que minimice el uso de agua limpia segregando y reciclando el agua de desecho.

La industria oleoquímica

Las materias primas tradicionalmente utilizadas para la producción de oleoquímicos eran el cebo y el aceite de coco. Una oferta en disminución e inconsistente de estos aceites y grasas ha hecho que las compañías multinacionales busquen fuentes alternativas. El aceite de palma y el aceite de palmiste ofrecen unas alternativas atractivas, y la industria oleoquímica ha crecido en un corto período de tiempo. La primera planta fue creada en 1979. Ya en 1994, la capacidad de producción excedía la cifra pronosticada por el Plan Maestro de Malasia para 1995.

Tabla 20 Características del efluente de la refinería del aceite de palma (ERAP).

Parámetros	A	B	C
Temperatura (°C)	35	42	57
pH	5,3	4,9	3
Demanda biológica de oxígeno (DBO)	530	2.640	4.180
Demanda química de oxígeno (DQO)	890	5.730	7.700
Sólidos totales (ST)	330	1.170	2.070
Sólidos suspendidos (SS)	50	12	6
Fósforo	4	1	12
Total de materia grasa (TMG)	220	1.580	3.550

Nota: A - Refinación física y fraccionamiento seco.
B - Refinación física y fraccionamiento con detergente.
C - Refinación física, química y fraccionamiento con detergente
Todo en mg/l, excepto la temperatura y el pH.
Fuente: Ma 1993.

Los oleoquímicos son producidos al romper los aceites y grasas en ácidos grasos y glicerol. Los oleoquímicos y sus derivados ofrecen un alto valor agregado, especialmente si son utilizados en productos finales y como ayudas de procesamiento. En estos campos, los oleoquímicos ofrecen diferentes ventajas ecológicas, entre las que se encuentran una reducción en la toxicidad y buenas características primarias y secundarias de biodegradación. La ausencia de compuestos aromáticos en los productos oleoquómicos lleva a la redución en la toxicidad, mientras que las características lineales de las cadenas de hidrocarburos les dan las buenas características de biodegradación.

Debido a que la industria oleoquímica es nueva en Malasia, aún no se conoce el efecto ambiental de los desechos generados. Sin embargo, teniendo en cuenta la experiencia que se tiene en los sectores de la plantas extractoras y las refinerías, ya se han introducido medidas para controlar las descargas. La naturaleza de los desechos de oleoquímicos implican que se tienen que utilizar diferentes sistemas de tratamiento. Actualmente, la técnica más utilizada por la industria es el tratamiento biológico aeróbico junto con un tratamiento químico o físico. La investigación se está enfocando en mejores tratamientos.

TENDENCIAS FUTURAS

El reciclaje de los subproductos y la adopción de tecnologías para el control de la contaminación son un claro testimonio del compromiso por parte de la industria hacia la disminución de la contaminación y la creación de cero desechos. Actualmente, estas actividades son continuas y han sido incorporadas en la operación diaria de la industria de la palma de aceite. Con un buen respaldo a las actividades de investigación y desarrollo, se espera que mayores áreas de operación contribuyan a este ideal en el futuro.

Tabla 21 Contenido de la vitamina e (ppm) en aceites crudos y procesados de palma.

Muestra	Rango	Promedio
Aceite crudo de palma	708 - 1.141	843
Aceite de palma RBD	378 - 890	581
Oleína cruda de palma	880 - 1.129	998
Oleína de palma RBD	559 - 902	716
Estearina cruda de palma	426 - 552	489
Estearina de palma RBD	348 - 381	365

Fuente: Ab Gapor 1995.

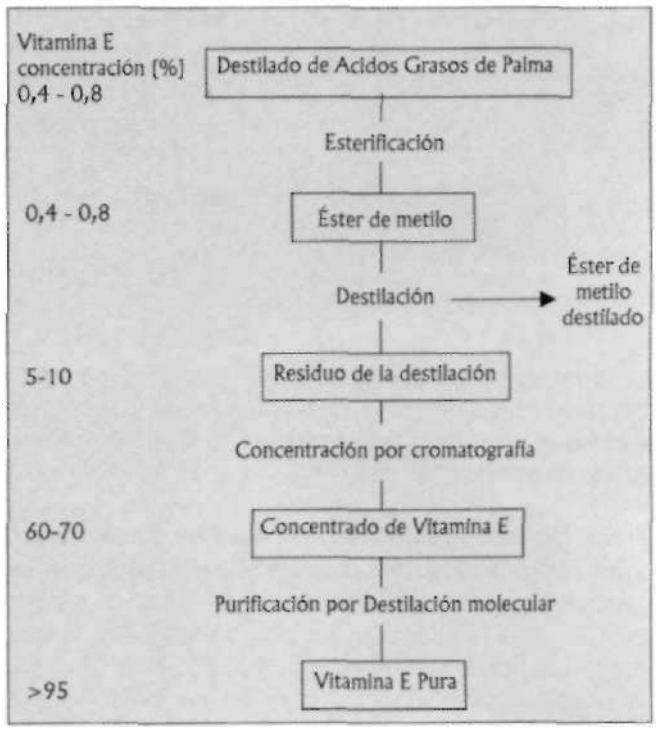

Figura 3. Proceso de producción de la vitamina E (Ab Gapor 1995)

Vitamina E

La vitamina E es una vitamina soluble en grasa presente en pequeñas cantidades en los aceites vegetales. Contrario a otros aceites vegetales, la vitamina E en el aceite de palma se compone de tocotrienoles en vez de tocoferoles. Se ha demostrado que el contenido de vitamina E en los aceites de palma procesados es menor que el encontrado en los correspondientes aceites crudos (Tabla 21). Gran parte de la vitamina E se pierde durante el procesamiento en el destilado de los ácidos grasos de la palma, un subproducto de la refinación del aceite de palma. El destilado de los ácidos grasos de la palma contiene aproximadamente 4.000 ppm de tocotrienol.

El proceso de extracción de la vitamina E pura del destilado de los ácidos grasos de la palma (PFAD) ha sido patentado (Ab Gapor et al. 1993). Esencialmente, el procedimiento de extracción consiste en una serie de procesos de concentración y purificación. El paso final comprende la destilación molecular y la desodorización para obtener la vitamina E con una pureza del 95% (Fig. 3)

La vitamina E de la palma es un producto de mucho potencial comercial que tiene la ventaja de tener tanto

Tabla 22 Disponibilidad estimada de la biomasa de palma de aceite (X 106] toneladas de peso seco.

Año	Tronco	Hojas caídas	Hojas podadas	Racimo vacío
1994	4,60	0,88	17,89	2,27
1995	4,37	0,83	18,17	2,27
1996	4,36	0,83	19,09	2,27
1997	6,15	1,17	19,39	2,25
1998	7,48	1,42	18,18	2,22
1999	7,12	1,36	17,92	2,20
2000	7,02	1,34	17,85	2,16

Fuente: Mohd Husin et al. 1985.

tocoferoles como tocotrienoles. Puede tener ciertos usos en la industria alimentaria como antioxidante. También sirve como un importante ingrediente activo en comidas para la salud y en productos farmacéuticos. Actualmente, la vitamina E de la palma está siendo producida a escala de planta piloto en el PORIM y se está realizando un estudio de mercadeo sobre la pre-comercialización del producto.

Biomasa de la palma de aceite

El hectareaje en aumento de la palma de aceite resulta en un incremento en la cantidad de biomasa producida en las plantaciones. Se estima que la suma de troncos y hojas disponibles durante la renovación de cultivos es de 84 y 16 t/ha, respectivamente (Mohd Husin et al. 1985. La disponibilidad estimada de esta biomasa hasta el año 2000 aparece en la Tabla 22.

Actualmente, la biomasa de palma de aceite se reincorpora a la plantación o a la planta extractora. Esta situación tiende a cambiar en el futuro, ya que la investigación ha indicado que las fibras de la palma de aceite son aconsejables para la fabricación de productos con valor agregado, entre los que se encuentra la pulpa y el papel, tablas de partículas, tabla de fibra de densidad media, baldosas de cemento y medios para la siembra de hortalizas (Mohd Husin etal. 1995). Sin embargo, es necesario resolver un gran número de problemas antes de que la biomasa se pueda utilizar comercialmente como una fuente de fibra. Entre los problemas se encuentra la falta de disponibilidad de máquinas adecuadas, al igual que el alto contenido de sílice, baja densidad de volumen, alto contenido de humedad y presencia de células del parénquima en la biomasa y la logística y almacenamiento adecuados para el material adquirido. La investigación se ha concentrado en encontrar maneras de utilizar la biomasa de la palma de aceite solucionando los problemas antes mencionados.

Biocombustibles

Otra contribución de la industria de la palma de aceite hacia la solución de los problemas de contaminación se refleja en el fuerte énfasis que se ha hecho en el uso potencial del aceite de palma como un biocombustible. Se ha desarrollado un proceso para convertir el aceite crudo de palma, la estearina cruda de palma y el aceite crudo de palmiste con ácidos grasos libres de ésteres de metilo (Choo et al. 1995). Una planta piloto de ésteres de metilo, basada en el proceso patentado por PORIM/PETRONAS, ha sido construida con una capacidad de producción de 3.000 toneladas de ésteres de metilo por año. Los resultados de las pruebas indican que los ésteres de metilo del aceite de palma se desempeñan mejor que el diesel de petróleo en motores de combustión interna. La emisiones del tubo de escape en los vehículos de prueba que funcionan con ésteres de metilo de aceite de palma contienen menos NOx, CO, C02 y están libres de dióxido de azufre. El desempeño general de los motores es comparable con los que utilizan diesel.

Además de la conversión del aceite de palma en ésteres de metilo, el aceite crudo de palma (ACP) puede ser utilizado directamente en un motor Elsbett con una modificación especial (Ahmad y Salmah 1995). Se esta realizando un ensayo para probar el desempeño del ACP como combustible en 20 vehículos Mercedes Benz adecuados con el motor Elsbett. Los resultados preliminares muestran que el ACP puede ser utilizado efectivamente como combustible para vehículos. En promedio, el consumo de estos vehículos es de 8 litros por cada 100 km, en carretera. Actualmente se están corrigiendo algunos problemas como el arranque en frío y la compatibilidad de los materiales de la manguera del motor. El análisis de las emisiones del tubo de escape indican que el uso de ACP en el motor Elsbett conlleva a una reducción de 29,7% de hidrocarburos, 7,6% de óxidos de nitrógeno y 47,2% en las partículas. También existe una reducción significativa en las emisiones de benceno, tolueno, benceno de etilo y xileno si se compara con el diesel (Tang y Ahmad, 1995).

CONCLUSION

El problema de la contaminación en la industria de la palma de aceite ha sido tratado tanto a nivel de

las operaciones en la plantación como a nivel del procesamiento. La reincorporación de la biomasa producida en el campo y el efluente de las plantas extractoras ha llevado a la adopción del concepto de cero desechos con unos ahorros en los requisitos de fertilizantes. Tal vez lo más importante de esta práctica es la reducción de los costos de producción del aceite de palma. Lo que tal vez no es tan aparente con relación a dicha práctica es una menor dependencia de la energía de los combustibles fósiles. Dependiendo menos en los fertilizantes inorgánicos, los cuales requieren los combustibles fósiles como materia prima para su fabricación, la industria de la palma de aceite ha reducido la contaminación causada por los combustibles fósiles. Además, el cálculo del balance total de energía requerido para producir aceite de palma indica claramente la alta deficiencia del cultivo y una menor dependencia en los combustibles fósiles. A todo esto, la competitividad del aceite de palma en el mercado mundial de los aceites y grasas también debe ser vista desde el punto de vista ecológico de la industria.

El compromiso tanto del sector público como del privado a resolver el problema del EPEAP es un modelo que tal vez los otros podrían seguir. La buena sinergia que existe entre estos dos sectores es el verdadero estímulo que ha ayudado a alcanzar el éxito en el control de la contaminación y la creación de cero desechos. De no haber solucionado los problemas causados por el EPEAP en la década del 60, la industria en la palma de aceite no hubiera podido llegar a donde está hoy en día.

El movimiento hacia la fabricación en gran escala de oleoquímicos orgánicos basados en la palma como sustitutos de los productos oleoquímicos más comunes, es otra contribución de la industria de la palma de aceite hacia la disminución de la contaminación. El precio de la competitividad del aceite de palma y la sostenibilidad de su producción son fuertes consideraciones para apoyar los esfuerzos de aumentar la participación en el mercado de los oleoquímicos basados en la palma como materia prima en la industria.

Los esfuerzos de investigación y desarrollo para convertir la biomasa de la palma de aceite en productos de valor agregado necesitan mayores estudios. Como posible materia prima sustituta de la industria maderera, la reincorporación de la biomasa contribuirá directamente a la reducción de la degradación ambiental causada por la tala de los bosques vírgenes. A pesar de esto, la presente contribución de la biomasa en la reincorporación de nutrientes y en el control de la erosión del suelo en las plantaciones de palma de aceite no puede sacrificarse. Por lo tanto se debe identificar un sistema que funcione para explotar totalmente la utilización de la biomasa favorable, tanto en la plantación como en los sectores de fabricación.

De manera similar, los alentadores resultados de la investigación y el desarrollo sobre el uso del aceite de palma como biocombustible deben ser revisados críticamente. Aunque los aceites vegetales nunca logren sustituir completamente los combustibles a base de petróleo, no se deben ignorar sus contribuciones para minimizar la contaminación. Se necesita una fuerte política para convertir en una realidad el uso de biocombustibles.

En términos generales, teniendo en cuenta las tendencias actuales y la visión futura, existe suficiente evidencia para apoyar el argumento de que el aceite de palma tiene una actitud amigable hacia el ambiente en todos los aspectos de su operación. Aunque la industria ha hecho grandes esfuerzos para controlar la contaminación, éstos han sido más en línea de productos con actitud amigable hacia el medio ambiente. Los esfuerzos para controlar la contaminación por parte de la industria de la palma de aceite no sólo han sido exitosos sino que han contribuido con la creación de cero desechos y de productos con valor agregado. La actitud amigable hacia el ambiente por parte de la industria de la palma de aceite, tal como se práctica en Malasia, sirve hoy en día como punto de referencia para que otros sigan este ejemplo a nivel mundia.

BIBLIOGRAFIA

AB GAPOR MD TOP; LEONG, L.W.; ONG, A.S.H.; KAWADA, T.; WATANABE, H.; TSUCHIYAN. 1993. U.S. Patent No. 5, 190, 618.

_____. 1995. Palm vitamin E: a value-added tocotrienols rich fraction (TRF) from palm oil. Palm Oil Developments (Malasia) v.22, p.7-17.

AHMAD, H.; SALMAH, J. 1995. Preliminary observation of using palm oil as fuel for cars fitted with Elsbett engine. Paper presented at the 1995 PORIM International Biofuel Conference, Langkawi. PORIM. Kuala Lumpur.

CHOO, Y.M.; MA, A.N.; YUSOF, B. 1995. Production of palm oil methyl esters as diesel substitute. Paper presented at the 1995 PORIM International Biofuel Conference, Langkawi. PORIM. Kuala Lumpur.

CHUNG, G.F.; MOHD BASRI, W./ ARIFFIN, D. 1995. Recent development in plant protection of the Malaysian palm oil industry. Paper presented at the 1995 PORIM International Biofuel Conference, Langkawi. PORIM. Kuala Lumpur.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. ROME. 1995. Environmental concerns and the world oilseed economy: basic issues and implications for trade. 27th session, Rome. FAO Report CCP:OF95/5.

FOSTER, H.L. 1993. Experience with fertiliser recommendation systems for oil palm. *In:* 1993 PORIM International Palm Oil Congress - Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.313-328.

HENSON, I.E. 1990. Estimating potential productivity of oil palm. *In:* 1990 ISOPB International Workshop on Yield Potential in the Oil Palm. Proceedings. Thailand. P.98-108.

KEE, K.K.; GOH, K.J.; CHEW, P.S.; TEY, S.H. 1994. An integrated site specific fertiliser recommendation system (INFERS) for high prodcutivity in mature oil palms. *In:* K.H. Chee (Ed). International Planters Conference on Management for Enhanced Profitability in Plantation. Proceedings. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. p.83-100.

KHALID, H.; ZIN, Z.Z. 1994. Land application of palm oil mill effluent (POME) on oil palm using a tractor-tanker and flatbed system. PORIM Bulletin, no.28, p.20-29.

LIM, C.H.; CHAN, K.W. 1993. Environment impact of land application of plantation effluents on oil palm. *In:* 1993 PORIM International Palm Oil Congress - Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.273-284.

MA, A.N.; CHEAH, S.C.; CHOW, M.C. 1993. *In:* B.G. Yeoh et al. (Ed.) Current status of palm oil processing waste management in Malaysia: Current Status and Prospects for Bioremediation. Ministry of Science, Technology and the Environment, Malaysia. P.111-136.

MOHD HUSIN; ZIN, Z.Z.; ABD HALIM, H. 1985. Potentials of oil palm byproducts as raw materials for agrobased industries. *In:* National Symposium on Oil Palm Byproducts for Agrobased Industries. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.7-15.

_____; JALANI, B.S.; ARIFFIN, D. 1995. Oil pam biomass utilisation in wood-based industries. Paper presented at 1995 PORIM National Oil Plam Conference - Technologies in Plantation. PORIM, Kuala Lumpur.

MOHD NASIR, A. 1994. Utilisation and techno-economic adavantages of Malaysian palm oil. *In:* Abdullah et al. (Eds.). Selected Readings on Palm Oil and Its Uses. PORIM, Kuala Lumpur. p.197-207.

MOHD HASHIM, T. TEOH, C.H.; KAMARUDZAMAN, A. MOHD ALI, A. 1993. Zero burning - an environmental friendly replanting technique. *In:* 1993 PORIM International Palm Oil Congress - Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.185-194.

SINGH, G. 1994. Oil palm - an environmentally friendly crop. *In:* K.H. Chee (Ed). International Planters Conference on Management for Enhanced Profitability in Plantation. Proceedings. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. p.555-558.

TANG, T.S.; AHMAD, H. 1995. Emission of Elsbett engine using palm oil as fuel. Paper presented at the 1995 PORIM International Biofuel Conference, Langkawi. PORIM. Kuala Lumpur.

VINCENT, J.R. 1993. Reducing effluent while raising affluence: water pollution abatement in Malaysia. Harvard Institute for International Development.

WOOD, B.J.; CORLEY, R.H.V. 1991. The energy balance of oil cultivation. *In:* 1991 PORIM International Palm Oil Congress - Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.130-143.

YUSOF, B.; KIFLI, H.; AHMAD, S.; CHEAH, K.Y.; OOI, T.L.; TANG, T.S. 1992. PORIM/MOMG Workshop on Strategic R&D Planning for the Oleochemical Industry. Palm Oil Research Institute of Malaysia / Malaysian Oleochemical Manufaturers Group.

ZIN, Z.Z. 1995. Land application of palm oil mill effluent: guidelines and effect on oils, groundwater and cropo. Paper presented at the Workshop on Environmental Quality Management in Plantations. PORIM, Kuala Lumpur.

_____; KHALID, H.; HAMDAN, A.B. 1993. Guidelines on land applications of palm oil mill effluent (POME). PORIM Bulletin, no.28, p.13-19.