

Requisitos de nutrientes y la sostenibilidad en palmas de aceite maduras - Una evaluación*

Nutrient requirements and sustainability in mature oil palms. - An assessment

H.C. PATRICK NG¹ ; P.S. CHEW; K.J. GOH; K.K. KEE

R E S U M E N

Se utilizó el procedimiento de balance nutritivo para determinar la sostenibilidad de plantaciones de palma de aceite con dos niveles de rendimiento, 20 t de RFF/ha/año y 30 t de RFF/ha/año, durante condiciones estables, asumiendo una utilidad satisfactoria y una aceptación social por parte de la población en general. Los estimativos de los requisitos de nutrientes se compararon con el suministro de nutrientes estimado para un suelo del interior relativamente fértil, por ejemplo de la serie Munchong. El balance nutritivo (sin reciclar los racimos vacíos y el efluente de la planta extractora) mostró que, para el nivel de rendimiento más bajo, el suministro de N de la serie Munchong parecía ser casi suficiente para satisfacer los requisitos de N de las palmas, mientras que los suministros de K, Mg y P serían inadecuados después de cinco años desde el momento de la mineralización. Con el nivel más alto de rendimiento, el suministro de N no fue suficiente. Adicionalmente, el K, Mg y P se agotarían en un intervalo más corto. Aun si se realiza un reciclaje completo de los racimos vacíos y del efluente de la planta extractora producido por el rendimiento de RFF, los nutrientes requeridos por las palmas serían aún más altos que el suministro de nutrientes del agroecosistema de palma de aceite. Los nutrientes necesitaron ser aumentados por fertilizantes para mantener que los niveles de rendimiento se redujeran. Por lo tanto, el uso de fertilizantes para lograr y mantener el objetivo de un alto rendimiento, es inevitable en los suelos del interior de Malasia. Después de la formulación de las recomendaciones de fertilizantes, el desempeño y la sostenibilidad de una plantación quedan principalmente en manos de los cultivadores, por medio de las consecuencias de sus acciones y decisiones cotidianas. Primeramente, los papeles que juega la administración en relación con la sostenibilidad son proporcionar información correcta y suficiente para que el agrónomo elabore las recomendaciones de abonos, las implemente con esmero y vigile los resultados. La actitud histórica de dejar las recomendaciones de fertilizantes sólo a los agrónomos no será suficiente. El trabajo en equipo de los cultivadores y los agrónomos es esencial para la sostenibilidad de la palma de aceite.

S U M M A R Y

A nutrient balance approach is used to assess the sustainability of oil palm plantations at two yield levels of 20 tonnes FFB per hectare per year and 30 tonnes FFB per year during steady state conditions, assuming satisfactory profitability and social acceptance to the population at large. Nutrient requirement estimates were matched against estimated nutrient supply for a relatively fertile inland soil *Le.* Munchong

* Versión editada de un trabajo presentado en el Seminario sobre "Manejo Eficaz de Fertilizantes", organizado por la ISP-Central Johore Branchel 10 de marzo de 1999.

Tomado de: The Planter (Malasia) v.75 no.810,p.331 -345. 1999.

Traducido por: Fedepalma

1 Applied Agricultural Research Sdn. Bhd., Locked Bag 2 12, Sg. Buloh P.O.47000 Sg. Buloh, Selangor, Malaysia.

series. The nutrient balance, (without recycling of FFB and POME), showed that for the lower yield level, N supply from the Munchong series seemed to be almost sufficient to meet the N requirements of the palms whereas K, Mg and P supply would be inadequate after five years from the time of mineralisation. At the higher yield level, N supply was not sufficient. In addition, K, Mg and P would be depleted at a shorter interval. Even if complete recycling of FFB and POME produced from the FFB yield was carried out, the nutrients required by the palms were still higher than the nutrient supply from the oil palm agro-ecosystem. Nutrients needed to be augmented by fertilisers to maintain the yield levels were reduced. Thus, the use of fertilisers to achieve and maintain a high yield target is inevitable in Malaysian inland soils. After formulation of the fertiliser recommendations, the performance and sustainability of a plantation are mainly in the hands of the planters through the consequences of their daily actions and decisions. Primarily, the roles of management in relation to sustainability are to provide accurate and sufficient information for the Agronomist to draw up the manuring recommendations, implement them diligently and monitor the results. The historical attitude of leaving the fertiliser recommendations solely to the Agronomist will not suffice. Teamwork of Planters and Agronomists is essential for oil palm sustainability.

Palabras claves: Palma de aceite, Nutrientes, Suelo, Sostenibilidad, Aplicación de fertilizantes.

La sostenibilidad se ha convertido en un término que se susurra entre agricultores y ambientalistas. Sin embargo, se ha producido una gran cantidad de definiciones del desarrollo sostenible, pero muchas de ellas son tan imprecisas que no tienen sentido. Según Tinker (1993), una definición funcional que se aplique en agricultura, incluye una que:

- a) Sea económicamente sostenible-tiene que producir recompensa económica para aquellos que la emprenden (la cual bien puede incluir subsidios en varias formas).
- b) No dañe la base de recursos sobre la cual yace. Si lo hace, tarde o temprano se volverá impracticable o no económica. En este contexto, los "recursos" deben incluir los reemplazos o las alternativas de los materiales utilizados actualmente.
- c) Sea aceptable social y éticamente para la población en general. Esto podría aplicar a una pequeña región (para una nueva carretera), un país entero (para un cambio en reglamentos agrícolas), o el mundo entero (para un asunto de conservación, tal como la caza de ballenas).

La sostenibilidad también tiene un marco de tiempo y, según Tinker (1993), esto significa "dentro del contexto de la tecnología en progreso y las circunstancias cambiantes y para todo el tiempo futuro que nosotros podamos razonablemente esperar para pronosticar". Esto es especialmente cierto para una plantación de palma de aceite, siendo una inversión a largo plazo y a gran escala, que necesita ser asegurada de su sostenibilidad más allá de su período de cosecha, para

justificar la inversión realizada. Esta situación es muy aplicable en Malasia, por la cual grandes inversiones han sido involucradas y el reintegro de la inversión es relativamente lento.

Este artículo se enfocará sólo sobre la base de recursos, o sea, el requisito de nutrientes para sostener un objetivo específico de alto rendimiento de la palma de aceite en su fase de estabilidad, por el cual muchos insumos de nutrientes y productos de la palma han logrado un equilibrio. Se debe asumir que bajo condiciones sostenibles de alto rendimiento se deberá cumplir con la sostenibilidad económica y la industria será aceptable social y éticamente para la población en general.

El requisito de nutrientes ha sido una área importante de investigación, ya que los fertilizantes son un factor principal en los costos de producción de palma de aceite. Los nutrientes requeridos pueden ser proporcionados por el mismo suelo, como fertilizantes y nutrientes o materiales reciclados de las palmas. Negarle estos nutrientes a las palmas resultará en que no se obtenga el alto rendimiento. En vista de que los principales suelos en los cuales crecen las palmas de aceite tienen una baja fertilidad inherente, los fertilizantes juegan un papel principal al contribuir para el avance de rendimientos sostenibles en palma de aceite en Malasia. Sin embargo, si el suelo tiene la capacidad de satisfacer las demandas de nutrientes de las palmas, rendimientos altos pueden aún ser logrados; o sea, hasta que se agoten, ya que los contenidos de nutrientes en la mayoría de los suelos son limitados. Para evitar esta situación, se necesita cuantificar lo que las palmas requieren y el posible suministro por el sistema de palma de aceite para asegurar que no resulten

déficits de nutrientes y la continua mineralización del suelo. Un enfoque de balance de nutrientes puede ayudar en la evaluación preliminar de los requisitos y suministro de nutrientes para las palmas y la sostenibilidad de las plantaciones de palma de aceite.

Este artículo discute:

- Si los suelos interiores de Malasia son capaces de sostener un rendimiento alto de palma de aceite y un suministro potencial de nutrientes de este grupo de suelo.
- Los nutrientes requeridos para la sostenibilidad en términos de N, P, K y Mg y cómo ellos se relacionan con la sostenibilidad.
- El papel que juega el cultivador en la sostenibilidad de la palma de aceite.

Los principales nutrientes y cantidades absorbidas por la palma en los dos niveles de rendimiento de 20 t de RFF/ha/año y 30 t de RFF/ha/año se revisarán desde la perspectiva del balance de nutrientes, por ejemplo, la demanda de nutrientes y el suministro por el agroecosistema de palma de aceite, y se harán algunas recomendaciones en cuanto a cómo realizar la sostenibilidad de este importante cultivo económico.

¿PUEDEN LOS SUELOS DEL INTERIOR DE MALASIA SOSTENER ALTOS RENDIMIENTOS DE PALMA DE ACEITE?

En Malasia, las palmas de aceite se cultivan principalmente en Ultisols y Oxisols, donde la fertilidad y el suministro de nutrientes son a menudo factores restrictivos. Se han reportado buenas respuestas de rendimientos a los fertilizantes, de hasta 98% (Tarmizi et al. 1990; Goh et al. 1994). Por lo tanto, son necesarias grandes provisiones de fertilizantes para lograr y sostener altos rendimientos en palma de aceite (Ng y Thong 1985; Von Uexkull y Fairhurst 1991). Davidson (1991) reportó que los rendimientos han aumentado más de 300% a lo largo de un período de 40 años desde 1951. Esta mejora en el rendimiento fue resultado principalmente de los progresos en la aplicación de fertilizantes y en el fitomejoramiento.

Los rendimientos que se pueden obtener con y sin el uso de fertilizantes en suelos comunes del interior de Malasia se muestran en la Tabla 1. Hubo aumentos

Tabla 1. Comparación de los rendimientos de RFF de palma de aceite con y sin fertilizante

Serie de suelo	RFF (t/ha/año)	
	Sin fertilizante	Con fertilizante
Rengam ¹	20,4	28,5
Batu Anam ¹	15,2	23,6
Munchong ²	20,1	30,9
Durian ²	16,7	31,2
Bungor ²	8,6	31,8

Fuentes: 1) Foster et al. (1984)

2) Tarmizi et al. (1990)

significativos en el rendimiento con el uso de fertilizantes en estos suelos. Está claro que sin el uso de fertilizantes sólo se pueden obtener bajos rendimientos en los suelos del interior de Malasia. Estos bajos rendimientos no serán sostenibles económicamente a largo plazo debido a los precios variables del aceite de palma. Además, Chew et al. (1994) mostraron que el "valor real del precio" a largo plazo sigue una tendencia descendente.

SUMINISTRO POTENCIAL DE NUTRIENTES DE LOS SUELOS DEL INTERIOR DE MALASIA

Los datos tomados de un suelo común relativamente fértil, por ejemplo, de la serie Munchong, se utilizan para ilustrar la posible capacidad de suministro de nutrientes de los suelos del interior. La serie Munchong es un miembro de la familia arcillosa, caolinítica e isohipertérmica Xanthic Hapludox, la cual se caracteriza por la presencia de un horizonte óxico. Los contenidos típicos de nutrientes del suelo de la serie Munchong, según se obtuvo de la entre hilera de una prueba en una palma de aceite renovada realizada por Applied Agricultural Research Sdn Bhd (AAR), se muestran en la Tabla 2.

Los datos analíticos de la Tabla 2 son necesarios para determinar las cantidades de nutrientes que posiblemente estén disponibles para las palmas desde diferentes horizontes del suelo. Al conocer la concentración de cada nutriente en cada horizonte y el volumen de tierra que puede ser explotado por las raíces de la palma de aceite, se pueden calcular los respectivos nutrientes disponibles en el suelo de la serie Munchong para su absorción, según se ilustra en la Tabla 3.

En vista de que el N del suelo está principalmente en forma orgánica, su disponibilidad para las plantas depende de la tasa de mineralización del N orgánico. Al asumir una tasa de mineralización del 1 % por año (Wild 1988), el N total disponible es de 114 kg/ha/año. La cantidad total

Tabla 2. Datos del análisis de suelos de la serie Munchong (entrehileras de palma de aceite)

Análisis químico	Profundidad (cm)					
	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75*	75-90*
N (%)	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10
P disponible (mg/kg)						
Fluoruro ácido soluble	9,63	8,93	6,60	7,05	7,05	7,05
K intercambiable (c mol/kg)	0,18	0,18	0,15	0,13	0,13	0,13
Mg Intercambiable (c mol/kg)	0,18	0,18	0,10	0,08	0,08	0,08

* Tomado como similar a una profundidad de 45-60 cm.

Tabla 3. Contenido total de nutrientes en suelo de la serie Munchong.

Profundidad (cm)	Profundidad (cm)						Total
	0-15	15-30	30-45	45-60	60-75*	75-90*	
Volumen [10 ⁹ cm ³] para 1 ha	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	9,00
Masa del suelo [10 ⁶ kg/ha]	1,50	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	10,50
Contenido de N total (kg/ha)	2.025	2.205	2.025	1.710	1.710	1.710	11.385
N mineralizado *** (kg/ha/año)	20,3	22,1	20,3	17,1	17,1	17,1	114,0
P total disponible (kg/ha)	14,44	16,07	11,88	12,69	12,69	12,69	80,46
Total de K intercambiable (kg/ha)	103,8	122,9	105,3	91,3	91,3	91,3	605,9
Total de Mg intercambiable (kg/ha)	31,9	36,7	22,1	17,8	17,8	17,8	144,1

Nota: para este cómputo se asume que el contenido de nutriente es similar en el círculo de la palma y en las entrehileras.

*** tasa al 1% del N Total/año.

(densidad aparente = 1,0 gmc³ para la capa superior, 1,2 gmc³ para las capas subsiguientes).

de P disponible es aproximadamente de 80 kg/ha, el K intercambiable es de 606 kg/ha y el Mg intercambiable es de 144 kg/ha. La distribución generalmente bien balanceada de nutrientes en este suelo sugiere altos consumos de fertilizantes en el pasado y cero-quema donde los residuos de la población de la palma vieja quedaron sobre el suelo.

La cantidad de nutrientes disponibles del suelo, expresados en términos de fertilizantes directos, aparecen en la Tabla 4.

Tabla 4. Contenido total de nutrientes en suelo de la serie Munchong expresado en contenido equivalente de nutrientes en fertilizantes directos.

Nutrientes	En forma elemental (kg/ha)	En fertilizantes directos comunes (kg/palma)	
		(kg/ha)	(kg/palma)
N	114	456	3,3 ^{1,5}
P	80	558	4,0 ²
K	606	1.212	8,8 ³
Mg	144	887	6,4 ⁴

1: Cloruro de amonio (25%N)

2: Roca fosfórica de Jordania (33% P₂O₅)

3: Muriato de Potasio (60% K₂O)

4: Kieserita (27% MgO)

5: Con base anual

REQUISITOS DE NUTRIENTES PARA LA SOSTENIBILIDAD

Un alto rendimiento que pueda ser mantenido es de suma importancia para obtener utilidades. Cada cultivador se debe interesar en obtener el rendimiento alcanzable más alto y mantener este rendimiento todo el tiempo. La pregunta que se formula es ¿Es esto posible y Cómo?

Afortunadamente, el alto rendimiento que se puede obtener y mantener y el adecuado suministro de nutrientes para la palma de aceite, van mano a mano en Malasia. La palma de aceite que se cultiva en suelos marinos arcillosos (por ejemplo, la serie Selangor) que tienen una fertilidad inherente y una humedad adecuada es muy productivo, aun sin el uso de fertilizantes (Foster et al. 1984). Por otro lado, las palmas que se cultivan en los suelos del interior necesitan el uso regular de fertilizantes (Tabla 1). Sin embargo, con el uso de nutrientes adecuados y una distribución uniforme de las lluvias, las palmas cultivadas en ambos grupos de suelo producen rendimientos comparables. Las aplicaciones de cantidades adecuadas de fertilizantes son esenciales para obtener y mantener un alto rendimiento de la palma de aceite.

Para determinar las cantidades de fertilizantes requeridas, es necesario saber el requisito de nutrientes de las palmas de aceite y el suministro de nutrientes, o sea, el balance de nutrientes. Un ejemplo del cómputo de un balance de nutrientes bajo condiciones de estabilidad, se muestra a continuación, con las siguientes suposiciones:

- Palmas totalmente maduras en la fase de rendimiento de estabilización (digamos 15 años de edad).
 - El dosel y la reserva radical han alcanzado estabilidad y, por lo tanto, no se espera ningún incremento significativo anual en la materia seca.
- Los nutrientes almacenados en los troncos de la palma son similares en los niveles de rendimiento considerados.
- Todas las hojas podadas son recicladas y hay un reintegro de nutrientes del 100% de las hojas podadas a las palmas, después de la mineralización.
- La densidad de palmas es de 138 palmas por hectárea.
- Las cascara, fibras y la torta de palmiste de la planta extractora son retiradas del ecosistema de la palma de aceite y no son recicladas.
- Se presume que la escorrentía y la lixiviación, con base en 2.000 mm de precipitación anual y nutrientes perdidos en los sedimentos erosionados (con base en los nutrientes aplicados), son similares para ambos niveles de rendimiento.

- Se supone que los nutrientes de la precipitación serán distribuidos uniformemente durante todo el año.
- Las palmas están plantadas en suelos del interior (terreno entre ondulante y con pequeñas colinas), generalmente de baja fertilidad, típicos de los suelos tropicales.
- No se tiene en cuenta la eficacia de los fertilizantes.

El concepto de balance de nutrientes se ilustra en la Figura 1. Para cualquier nivel de rendimiento, la demanda/pérdida total de nutrientes debe ser satisfecha por el total del suministro/uso de nutrientes para la sostenibilidad del sistema. Cualquier déficit en el suministro necesitará ser aumentado mediante aplicaciones de fertilizantes inorgánicos para mantener la sostenibilidad en el nivel de rendimiento deseado.

En la Tabla 5 se muestra un resumen del balance de nutrientes, en términos cuantitativos, citados de varias fuentes, con base en las nueve suposiciones mencionadas arriba. La Tabla 6 muestra una situación similar, pero con una suposición adicional:

El equivalente de los racimos vacíos y el efluente de la planta extractora de aceite de palma para ambos niveles de rendimiento de 20 t/ha/año y 30 t/ha/año son reciclados totalmente en el campo. El efluente de la planta extractora de aceite de palma se encuentra en la forma digerida. También se asume el 100% de retorno de nutrientes de estos dos componentes.

Los resultados de estas situaciones se discutirán más adelante.

Figura 1. Diagrama del balance de nutrientes de palmas de aceite maduras en un estado estable.

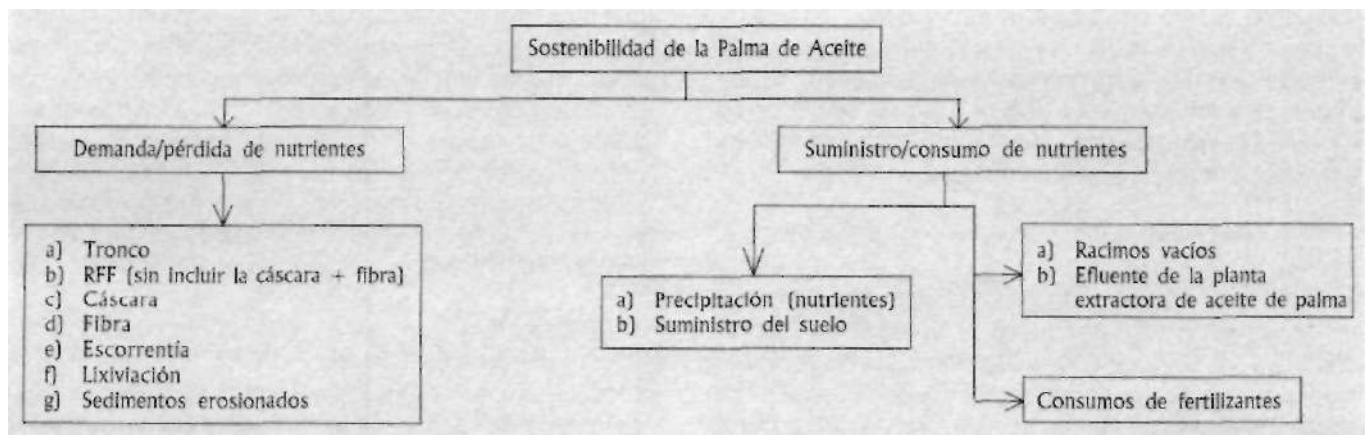


Tabla 5. Balance de nutrientes en palma de aceite (sin adición de suelo, racimos vacíos ni efluentes) y consumo de fertilizantes necesarios para sostener niveles de rendimiento de 20 y 30 t de RFF/ha/año.

	20 t/ha kg/ha/año				30 t/ha kg/ha/año			
	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
Demanda: Almacenado/Pérdida								
Almacenado en tronco/año	42,4 ^{1,6}	4,08 ^{1,8}	121,6 ^{2,8}	10,2 ^{1,8}	4,24 ^{1,6}	4,08 ^{1,6}	121,6 ^{2,8}	10,2 ^{1,8}
Cáscara	3,0 ¹	0,08 ¹	1,4 ²	0,2 ¹	4,5 ¹	0,11 ¹	2,1 ²	0,3 ¹
Fibra	5,2 ¹	1,30 ¹	21,5 ²	1,9 ¹	7,8 ¹	1,94 ¹	32,3 ²	2,9 ¹
RFF (sin cáscara + fibra)	57,8 ³	9,03 ³	63,5 ²	20,1 ³	86,8 ³	13,54 ³	95,2 ²	30,1 ³
Escorrentía: pérdida	15,2 ⁴	0,98 ⁴	21,6 ⁴	2,1 ^{4,5}	15,2 ⁴	0,98 ⁴	21,6 ⁴	2,1 ^{4,5}
Lixiviación: pérdida	3,4 ⁴	0,90 ⁴	6,3 ⁴	3,4 ^{4,5}	3,4 ⁴	0,90 ⁴	6,3 ⁴	3,4 ^{4,5}
Sedimentos erosionados: pérdida	2,4 ⁵	0,02 ⁵	0,0 ⁵	0,2 ⁵	2,4 ⁵	0,02 ⁵	0,0 ⁵	0,2 ⁵
Total 1	129,5	16,39	236,0	38,0	162,5	21,59	279,2	49,1
Suministro								
Precipitación (nutrientes)	17,0 ⁷	2,40 ⁷	31,6 ⁷	4,8 ⁷	17,0 ⁷	2,40 ⁷	31,6 ⁷	4,8 ⁷
Total 2	17,0	2,40	31,6	4,8	17,0	2,40	31,6	4,8
Consumo de fertilizantes =								
Total 1 - Total 2	112,5	13,99	204,4	33,2	145,5	19,19	247,6	44,3
Fertilizante (tipo) en kg/ha/año	450,0	97,1	408,8	204,3	582,0	133,2	495,2	272,5
	AC ⁶	JRP	MOP	Ks	AC	JRP	MOP	Ks
Fertilizante (tipo) en kg/palma/año	3,26	0,70	2,96	1,48	4,22	0,97	3,59	1,97

1: Chan et al. (1980)

2: Teoh and Chew (1987)

3: Tarmizi et al. (1990)

4: Goh (1992)

5: Kee and Chew (1996)

6: Ng et al. (1968)

7: AAR Internal Report

* AC - Cloruro de amonio (25%N)

JRP - Roca fosfórica de Jordania

MOP - Muriato de potasio (60% K₂O)

Ks - Kieserita (27% MgO)

BALANCE DE N

Con un rendimiento relativamente bajo de 20 t de RFF/ha/año, y asumiendo un retorno del 100% de las hojas podadas, las palmas requerirán aproximadamente 129,5 kg de N/ha/año, del cual alrededor de la mitad es removido por los RFF cosechados. El tronco de la palma es otro vertedero principal de nutrientes para N, donde el 32% del requisito total de N es inmovilizado por año. Las pérdidas por escorrentía son relativamente bajas de un 12% del requisito total de N. El procesamiento de estas 20 toneladas de RFF producirán más o menos 1,54 t/ha de racimos vacíos y 13,6 t/ha de efluentes de la planta extractora de aceite de palma (Chan et al. 1980), de los cuales aproximadamente 11,5 y 4,4, kg de N/ha/año (un total de -16 kg de N/ha) pueden ser reciclados dentro del agroecosistema de la palma de aceite.

Una gran cantidad de N se "escurre" (66,0 - 16,0 = 50,0 kg de N/ha/año) del componente de RFF. Se piensa que una gran proporción de N se pierde durante el procesamiento de los RFF y el tratamiento de los efluentes. El contenido N en los efluentes de la planta extractora de aceite de palma ya digeridos es sólo de alrededor de un tercio, comparado con su contraparte

en bruto. Se piensa que otra proporción principal de N es inmovilizada en subproductos de los RFF, por ejemplo, la fibra y la cáscara, los cuales por lo general no son devueltas al campo. El contenido N en el palmiste también puede ser alto.

En general, (aun asumiendo total reciclaje de los racimos vacíos y de los efluentes de la planta extractora) hay un déficit de alrededor de 97 kg de N/ha/año entre el suministro y la demanda (75% de demanda). Este déficit tiene que ser satisfecho, o bien por las reservas en el suelo, o por fertilizantes inorgánicos, para evitar el estrés de nutrientes y lograr un nivel de rendimiento de 20 t/ha/año. Si uno asume un suministro insignificante de N del suelo, el consumo de fertilizante N necesario para lograr este nivel de rendimiento es 0,7 kg de N/palma/año, ó 2,80 kg de cloruro de amonio/palma/año. En el caso común en el que los racimos vacíos y el efluente de la planta extractora no son reciclados, el consumo correspondiente de fertilizante N necesario es de 0,8 kg de N/palma/año, ó 3,26 kg de cloruro de amonio/palma/año.

A 30 t/ha/año, el déficit de N es más alto debido a una mayor captación de N en los RFF. El consumo de fertilizante N necesario (asumiendo un completo reciclaje de los racimos vacíos y del efluente de la planta extractora)

para sostener este nivel de rendimiento es correspondientemente más alto a 0,9 kg de N/palma/año, ó 3,53 kg de cloruro de amonio/palma/año. Sin el reciclaje de los racimos vacíos y del efluente de la planta extractora, se necesita 1,1 kg de N/palma/año, ó 4,22 kg de cloruro de amonio/palma/año. Los rendimientos no se mantendrán si los déficits de N proyectados no se cumplen.

BALANCE DE K

Con el mismo conjunto de suposiciones, palmas maduras que produzcan 20 t/ha/año requerirán 236,0 kg de K/ha/año, de los cuales alrededor de la mitad serán inmovilizados en el tronco. Otro 37% es removido por los RFF cosechados. Los racimos vacíos y el efluente de la planta extractora ya digerido tienen el potencial de devolver aproximadamente 42 y 21 kg de K/ha/año, respectivamente. Este contenido total de 63 kg de K/ha/año representa el 73% del K retirado por medio de RFF.

Igual que en el caso del N, ocurre un gran déficit general de 142 kg de K/ha/año (60% de la demanda), aun con un reciclaje completo de los racimos vacíos y del

efluente de la planta extractora. Este tiene que ser satisfecho, o bien con las reservas del suelo, o con fertilizantes inorgánicos. Suponiendo una provisión insignificante del suelo, el consumo de fertilizante necesario aquí para obtener el nivel de rendimiento de las 20 t/ha/año es de aproximadamente 1,0 kg de K/palma/año, ó 2,1 kg de muriato de potasio/palma/año, si los racimos vacíos y el efluente de la planta extractora son reciclados totalmente. Correspondientemente, se necesita alrededor de 1,5 kg de K/palma/año, ó 3,0 kg de muriato de potasio/palma/año, si el reciclaje de los racimos vacíos y del efluente de la planta extractora no se lleva a cabo. El déficit más alto de K con 30 t/ha/año correspondientemente necesitará un consumo de fertilizante de 1,1 kg de K/palma/año, ó 2,2 kg de muriato de potasio/palma/año (1,8 kg de K/palma/año, ó 3,6 kg de muriato de potasio/palma/año, si los racimos vacíos y el efluente de la planta extractora no son reciclados) para sostener este nivel de rendimiento.

BALANCE DE P Y MG

Las palmas requerirán 16,4 kg de P/ha/año y 38,0 kg de Mg/ha/año, aun nivel de rendimiento de 20 t/ha/

Tabla 6. Balance de nutrientes en palma de aceite (sin adición de suelo pero con adición de racimos vacíos ni efluentes) y consumo de fertilizantes necesarios para sostener niveles de rendimiento de 20 y 30 t de RFF/ha/año.

	20 t/ha kg/ha/año				30 t/ha kg/ha/año			
	N	P	K	Mg	N	P	K	Mg
Demanda: Almacenado/Pérdida								
Almacenado en tronco/año	42,4 ^{1,6}	4,08 ^{1,6}	121,6 ^{2,6}	10,2 ^{1,6}	4,24 ^{1,6}	4,08 ^{1,6}	121,6 ^{2,6}	10,2 ^{1,6}
Cáscara	3,0 ¹	0,08 ¹	1,4 ²	0,2 ¹	4,5 ¹	0,11 ¹	2,1 ²	0,3 ¹
Fibra	5,2 ¹	1,30 ¹	21,5 ²	1,9 ¹	7,8 ¹	1,94 ¹	32,3 ²	2,9 ¹
RFF [sin cáscara + fibra]	57,8 ³	9,03 ³	63,5 ²	20,1 ³	86,8 ³	13,54 ³	95,2 ²	30,1 ³
Escorrentía: pérdida	15,2 ⁴	0,98 ⁴	21,6 ⁴	2,1 ^{4,5}	15,2 ⁴	0,98 ⁴	21,6 ⁴	2,1 ^{4,5}
Lixiviación: pérdida	3,4 ⁴	0,90 ⁴	6,3 ⁴	3,4 ^{4,5}	3,4 ⁴	0,90 ⁴	6,3 ⁴	3,4 ^{4,5}
Sedimentos erosionados: pérdida	2,4 ⁵	0,02 ⁵	0,0 ⁵	0,2 ⁵	2,4 ⁵	0,02 ⁵	0,0 ⁵	0,2 ⁵
Total 1	129,5	16,39	236,0	38,0	162,5	21,59	279,2	49,1
Suministro								
Racimos vacíos	11,5 ^{1,7}	1,42 ^{1,7}	41,7 ^{1,7}	1,8 ^{1,7}	17,2 ^{1,7}	2,13 ^{1,7}	62,6 ^{1,7}	2,8 ^{1,7}
Efluente de planta extractora de aceite de palma	4,4 ¹	0,91 ¹	20,7 ¹	3,9 ¹	6,6 ¹	1,37 ¹	31,1 ¹	5,81
Precipitación [nutrientes]	17,0 ⁷	2,40 ⁷	31,6 ⁷	4,8 ⁷	17,0 ⁷	2,40 ⁷	31,6 ⁷	4,8 ⁷
Total 2	32,9	47,3	94,0	10,5	40,8	5,89	125,3	13,4
Consumo de fertilizantes = Total 1 - Total 2	96,6	11,66	142,0	27,5	121,7	15,70	154,0	35,8
Fertilizante [tipo] en kg/ha/año	386,6	80,9	284,0	169,2	486,9	108,9	307,9	219,9
Fertilizante [tipo] en kg/palma/año	AC*	JRP	MOP	Ks	AC	JRP	MOP	Ks
	2,80	0,59	2,06	1,23	3,53	0,79	2,23	1,59

1: Chan et al. (1980)

2: Teoh and Chew (1987)

3: Tarmizi et al. [1990]

4: Goh (1992)

5: Kee and Chew (1996)

6: Ng et al. [1968]

7: AAR Internal Report

* AC - Cloruro de amonio (25%N)

JRP - Roca fosfórica de Jordania

MOP - Muriato de potasio (60% K₂O)

Ks - Kieserita (27% MgO)

año, comparado con 21,6 kg de P/ha/año y 49,1 kg de Mg/ha/año, si el nivel de rendimiento es de 30 t/ha/año. Tanto el P como el Mg son inmovilizados principalmente en los RFF y en el tronco de la palma. Hay grandes déficits generales de P y Mg. Estas necesidades tienen que ser satisfechas mediante el uso de fertilizantes, o del suelo, para realizar los rendimientos sostenidos.

DISCUSIÓN

La cantidad de N del suelo de la serie Munchong (a una tasa del 1% de mineralización por año), según se discutió anteriormente, parece ser casi suficiente para satisfacer los requisitos de N de las palmas de un nivel de rendimiento de 20 t/ha/año. Sin embargo, la provisión de N del suelo no será suficiente en el caso de 30 t/ha/año. Los resultados en las parcelas testigo de las pruebas realizadas por Applied Agricultural Research Sdn Bhd (AAR) también han indicado que sin el uso de N inorgánicos, los rendimientos de 20 t de RFF/ha/año probablemente no se logren, aun cuando otros nutrientes no sean restrictivos.

El K total intercambiable en el suelo Munchong se ha calculado en ± 600 kg de K/ha. Si las palmas remueven alrededor de 142 kg de K/ha/año, el K del suelo se agotaría en cinco a seis años, si no se aplica K adicional como fertilizantes inorgánicos. Sin embargo, a medida que este suministro se está agotando, la intensidad de K en la solución del suelo también disminuirá, causando que su disponibilidad para las palmas se reduzca. Por lo tanto, el rendimiento descenderá y el sistema será insostenible. Esta misma situación aplica tanto para el P como para el Mg.

Con total reciclaje de los RFF y del efluente de la planta extractora, los nutrientes que se necesitan aumentar por medio de fertilizantes son menos, especialmente con fertilizantes de K. Sin embargo, aún con el reciclaje, el nutriente requerido por las palmas sigue siendo mayor que el posible suministro del agroecosistema de la palma de aceite.

Los resultados muestran que los consumos de fertilizantes son inevitables para lograr un alto rendimiento y una sostenibilidad a largo plazo en plantaciones de palma de aceite. Históricamente, éste ha sido el caso. Sin embargo, según se mencionó, la sostenibilidad se

puede considerar desde otros aspectos. Si se aplican fertilizantes en exceso en el agroecosistema de la palma de aceite, entonces los "Movimientos Verdes" se preocuparán por asuntos del medio ambiente e indirectamente también trastornarán esta sermoneada sostenibilidad.

En realidad, los argumentos de los ambientalistas se enfocan principalmente desde el punto de vista de la lixiviación y de las pérdidas por escorrentía incurridas por las altas tasas de aplicación de fertilizantes. Para contrarrestar este temor, el consumo correcto de fertilizantes no debe ser simplemente alto, sino adecuado para mantener la fertilidad inherente del suelo, o a un

nivel que pueda sostener el alto objetivo de rendimiento, sin el desarrollo indebido de las reservas de nutrientes. Tampoco debe haber mineralización de la reserva de nutrientes del suelo, que es una opción no sostenible, según lo sugirió Tinker (1993). Además, la situación en que los nutrientes sean excesivos no ocurre si se adopta la propuesta de balance, porque las pérdidas debidas a lixiviación y escorrentía se pueden reducir al mínimo cuando los fertilizantes son aplicados correctamente (Kee y Chew 1996).

Por otro lado, sin el uso de fertilizantes sólo se pueden esperar bajos rendimientos (según aparecen en la Tabla 1) que no son económicos y, por lo tanto, no son sostenibles).

*Consumos
suficientes y
balanceados de
fertilizantes son
importantes para
lograr un alto
rendimiento que
pueda ser
mantenido en las
plantaciones*

PAPELES QUE JUEGAN LOS CULTIVADORES EN LA SOSTENIBILIDAD DE LA PALMA DE ACEITE

La discusión de arriba ha demostrado claramente que consumos suficientes y balanceados de fertilizantes son importantes para lograr un alto rendimiento que pueda ser mantenido en las plantaciones de palma de aceite. Por lo tanto, se debe elaborar e implementar un programa apropiado de abonamiento para lograr esto. El primer papel de la administración es proporcionar al agrónomo información agronómica correcta sobre cada campo o lote. Esto incluye datos necesarios para el cómputo de requisitos de nutrientes y el potencial de rendimiento del lugar, tales como la edad de la palma, el déficit de humedad (principalmente buenos datos sobre precipitación), condiciones del

suelo y del terreno, materiales de siembra y patrones de siembra. Otras condiciones del campo referentes a la eficacia de los fertilizantes (o sea, la calidad y condición de los fertilizantes, el momento oportuno y el estándar de aplicación) y los cambios para establecer las prácticas del campo se deben vigilar. Luego el agrónomo debe adaptar el programa de abonamiento a las necesidades de las palmas y los recursos de la plantación. También se quiere recalcar que la administración debe identificar y discutir con el agrónomo cualesquiera áreas de problemas, o sea, áreas con pobre crecimiento y rendimiento u otros síntomas de estrés que existan en la plantación o problemas con la aplicación de fertilizantes, para que se puedan emprender acciones correctivas rápidas.

La implementación apropiada de los programas de abonamiento es responsabilidad de la administración. Ellos deben asegurar que los fertilizantes se ordenen temprano, que lleguen a tiempo para su aplicación y que sean de buena calidad. Muestras de los fertilizantes, especialmente de las mezclas y fertilizantes de calidad sospechosa, deben ser enviadas a laboratorios confiables para pruebas. Adicionalmente, los fertilizantes no se deben guardar en el almacén demasiado tiempo para evitar que se aterronen y se deteriore la calidad. Esto ocurre especialmente con las mezclas de fertilizantes y los fertilizantes de urea.

Se debe asegurar que los fertilizantes aplicados sean absorbidos óptimamente por las palmas de aceite. Por lo general, esto involucra el momento correcto para la aplicación del fertilizante según lo presentan Teo et al. (1988). Existe evidencia en Malasia que demuestra que las pérdidas de K por escorrentía en palmas de aceite maduras se reducen marcadamente si se aplican en un mes o meses relativamente más secos, después de precipitación leves (Kee y Chew 1996). Las aplicaciones de fertilizantes también se deben realizar en el momento oportuno, después de las rondas de desyerbe de los círculos para reducir al mínimo la competencia de la maleza, especialmente durante la etapa de inmadurez.

Las supervisiones cuidadosas al momento de las aplicaciones de fertilizantes en los campos asegurarán buenos estándares de aplicación y que cada palma reciba su cuota de fertilizantes. La administración también

debe saber el número exacto de palmas y de hectáreas en cada campo. Por lo tanto, mapas buenos y exactos de la plantación y de los campos son indispensables. Estos mapas son esenciales a medida que uno se mueve hacia consumos agronómicos y administrativos específicos para un lugar para maximizar los rendimientos sostenibles y las ganancias (Teo y Chew 1997). Los mapas también pueden ser una gran herramienta para señalar áreas problemáticas, o sea, áreas en la cima de colinas, donde las palmas tienden a ser inferiores y las pérdidas de nutrientes son más altas debido a la mayor escorrentía superficial. Sobre el problema de escasez de mano de obra y la necesidad de una aplicación de fertilizantes más eficaz, la administración de la plantación debe optar por el uso de esparciadores de fertilizantes, siempre que sea posible.

Las supervisiones cuidadosas al momento de las aplicaciones de fertilizantes en los campos asegurarán buenos estándares de aplicación.

CONCLUSIÓN

El mantenimiento a largo plazo de un alto rendimiento es esencial para una industria sostenible de palma de aceite. El procedimiento del balance de nutrientes se puede utilizar para determinar los requisitos de nutrientes y el posible suministro para las palmas de aceite. Esto permite una evaluación más correcta de los consumos apropiados de los nutrientes requeridos y, se espera que aplicados en forma apropiada.

El cómputo preliminar del balance de nutrientes muestra que altos rendimientos no son probables sin el uso de fertilizantes inorgánicos, aun sí el reciclaje de productos de los efluentes de la palma es posible. Aunque los datos preliminares han sido compilados de varias fuentes y la uniformidad de las condiciones, las brechas de demanda de nutrientes son grandes a niveles de alto rendimiento. Más investigaciones y datos serán deseables para tener una evaluación más correcta del suministro y demanda de nutrientes por la palma de aceite en varios ambientes.

Las tasas de fertilizantes a ser recomendadas en cada campo dependen de:

- I) El potencial de rendimiento en el lugar.
- II) Los requisitos de nutrientes para lograr el potencial de rendimiento del lugar (balance de nutriente)
- III) Las prácticas de reciclaje de la biomasa y
- IV) La eficacia esperada de los fertilizantes

Después de la formulación de las recomendaciones de fertilizantes, el desempeño y la sostenibilidad de una plantación quedan principalmente en manos de los cultivadores, mediante las consecuencias de sus acciones y decisiones cotidianas. Los papeles que juega la administración son muchos, pero los principales son suministrar información correcta y suficiente al agrónomo

para elaborar las recomendaciones de abonamiento, implementarlas ordenadamente y vigilar los resultados. Por lo tanto, la actitud histórica de dejar las recomendaciones de fertilizantes sólo al agrónomo, no será suficiente. Por lo tanto, el trabajo en equipo de los cultivadores y los agrónomos es esencial para la sostenibilidad de la palma de aceite. ^

BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS REFERENCIAS

- CHAN, K.W.; WATSON, I.; LIM, K.C. 1980. Use of oil palm waste material for increased production. *In*: Conference on Soil Science and Agricultural Development in Malaysia. Proceedings. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. p.213-224.
- _____. 1982. Potassium requirements of oil palm in Malaysia: Fifty years of experimental results. *In*: E. Pushparajah, H A Hamid Sharifuddin (Eds.). Phosphorus and Potassium in the Tropics. Malaysian Soil Science Society. Kuala Lumpur. p.323-334.
- CHEW, P.S.; QUAH, Y.T.; PUSHPARAJAH, E. 1994. Sustainability of oil palm plantations in Malaysia as assessed by a frame work approach. *In*: K.H. Chee (Ed.). Management for Enhanced Profitability in Plantations. The Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur. p.531-554.
- DAVISON, L. 1991. Management for efficient cost-effective and productive oil palm plantations. *In*: Y. Basiron; J. Sukaimi; K.C. Chang; S.C. Cheah; I.E. Henson; N. Kamaruddin; K. Paranjothy; N. Rajanaidu; T. Dolmat (Eds.) 1991 PORIM International Palm Oil Conference. Proceedings. PORIM. Kuala Lumpur. p. 153-167.
- FOONG, S.F.; SYEDSOFI, S.O.; TAN, P.Y. 1984. A lysimetric simulation of leaching losses from an oil palm field. *In*: Seminar on Fertiliser in Malaysian Agriculture. Proceedings. p.45-68.
- FOSTER, H.L.; TARMIZI, MOHAMMED; MOHODTAYEB, HJ DOLMAT; CHOW, C.S.; CHANG, K.C.; ZINZAKARIA. 1984. The estimation of N and K fertiliser requirements of oil palm in Peninsular Malaysia. *In*: International Conference on Soils and Nutrition of Perennial Crops. Proceedings. PORIM. Kuala Lumpur. p.349-366.
- GOH, K.J. 1992. A model of nutrient balance and dry matter allocation of oil palm in Malaysia. Departments of Biology and Computer Science, University of York. (M.Sc. Thesis).
- _____, CHEW, P.S.; TEO, C.B. 1994. Maximising and maintaining oil palm yields on commercial scale in Malaysia. *In*: K.H. Chee (Ed.) Management for Enhanced Profitability in Plantations. The Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur. p. 121-142.
- GURMIT, S. 1990. Fertiliser responses of oil palm on a range of alluvial soils. *In*: 1989 International Palm Oil Development Conference - Agriculture. Proceedings. PORIM. Kuala Lumpur. p.383-394.
- KEE, K.K.; CHEW, P.S. 1996. Nutrient losses through surface runoff and soil erosion - implications for improved fertiliser efficiency in mature oil palms. *In*: 1996 PORIM International Palm Oil Congress-Agriculture. Proceedings. PORIM. Kuala Lumpur. p. 153-169.
- _____, _____. 1997. Nutrients Recycled from Pruned Fronds in Mature Oil Palm. Plant nutrition - for sustainable food production and environment. Kluwer Academic Publishers. (Japan). p.601-602.
- NG, S.K.; THAMB00, S. 1967. Nutrient contents of oil palms in Malaya-1: Nutrients required for reproduction: Fruit bunches and male inflorescence. *The Malaysian Agricultural Journal (Malasia)* v.46 no.1, p.3-45.
- _____, _____. PHILIP DE SOUZA. 1968. Nutrient content of oil palms in Malaya - II: Nutrients in vegetative tissues. *The Malaysian Agricultural Journal (Malasia)* v.46 no.3, p.332-390.
- _____, THONG, K.C. 1985. Nutrient requirements for exploiting yield potentials of major plantation crops in the Tropics. *In*: 19th Colloquium. Potassium in the agricultural systems of the humid tropics. Proceedings. International Potash Institute, Bangkok, Thailand. p.81-95.
- TARMIZI, AHMAD; MOHODTAYEB, D.; ZINZAKARIA. 1990. Maximum yield of oil palm in Peninsular Malaysia: Yield response and efficiency of nutrient recovery. *In*: V. Rad; I.E. Henson; N. Rajanaidu (Eds.). 1990 ISOPB International Workshop on Yield Potential in the Oil Palm. Proceedings. PORIM. Kuala Lumpur. p. 145-153.
- TEO, C.B.; CHEW, P.S.; GOH, K.J.; KEE, K.K. 1998. Optimising return from fertiliser for oil palms: an integrated agronomic approach. Paper presented at the 1) 1998 International Oil Palm Conference, 23-25 September 1998. Bali 2) MOSTA Symposium on recent advances in the oil palm sector, 15-17 October 1998. Lumut 3) IFA Regional Conference for Asia and the Pacific, 7-10 December, Hong Kong.
- TEOH, K.C.; CHEW, P.S. 1987. Potassium in the oil palm eco-system and some implications to manuring practice. *In*: 1987 Oil Palm Conference - Progress and Outlook. Proceedings. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. p.277-286.
- TEY, S.H.; CHEW, P.S. 1997. GIS and GPS Technologies for Management and Research in Plantation Crops. *In*: E. Pushparajah (Ed.) Plantation Management for the 21st Century. Vol. 1. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. p.47-59.
- TINKER, P.B. 1993. The Demand for Sustainability. *In*: Proceedings No. 335. International Conference in Cambridge, December 1993. Fisherprint Ltd. p. 1-21.
- VONUEXKULL, H.R.; FAIRHURST, T.H. 1991. Fertilising for high yield and quality - The oil palm. *IPI Bulletin (Suiza)* no.12, p.79.
- WILD, A. 1988. Plant nutrients in soil: Nitrogen. *In*: A. Wild (Ed.). Russels' Soil Conditions and Plant Growth. Proceedings. 11th ed. Longman, England. 657p.