

Cuantificación de la biomasa de la palma de aceite y su valor nutritivo en una plantación desarrollada.

I. La biomasa encima del suelo¹.

Quantification of oil palm biomass and nutrient value in a mature plantation.

I. Above-ground biomass.

Khalid H.*; Zin Z. Zakaria*; J.M. Anderson**

RESUMEN

La biomasa de la palma de aceite, en una plantación plenamente desarrollada, se cuantificó y se calculó la disponibilidad de sus contenidos y los valores nutritivos. En este estudio, con el fin de obtener valores más precisos, se cuantificaron y midieron las existencias de nutrientes de la biomasa de las palmas de aceite en pie y la contribución de cada componente de la palma. El total de la biomasa encima del suelo ascendió a casi 85 t/ha y el tronco contribuyó con la mayor porción, de alrededor del 48%, de la biomasa de las palmas de aceite en pie. Las reservas totales de nutrientes por hectárea de la biomasa encima del suelo producidas al talar las poblaciones de palmas viejas, fueron: 577 kg de N, 50 kg de P, 1.255 kg de K, 141 kg de Mg y 285 de Ca, las cuales podrían ser recicladas en la plantación como materia orgánica, y por un valor pecuniario de casi 2.550 ringgits malasios. La remoción de esta biomasa para obtener otros productos de valor agregado tiene implicaciones para la administración de la plantación en términos de pérdidas de nutrientes y materia orgánica para mantener la fertilidad del suelo. El manejo apropiado de esta biomasa podría permitir la transferencia de los nutrientes necesarios para mantener el crecimiento del siguiente cultivo.

SUMMARY

Oil palm biomass in mature plantation was quantified and the availability of its nutrient contents and values was estimated. In the present study, the nutrient stocks of above-ground standing oil palm biomass and the contribution of each palm component were quantified and measured directly in order to obtain more precise values. The total above-ground biomass amounted to about 85t ha⁻¹ and the trunk contributed the major portion to about 48% of oil palm standing biomass. The total nutrient stocks of above-ground biomass produced at felling of oil stands based on per hectare basis are 577 kg N, 50 kg P, 1255 kg K, 141 kg Mg and 85 kg Ca which could be recycled in the plantation both as organic matter and savings in monetary value worth about RM 2550 ha⁻¹. Removal of this biomass for other value-added products has implications for plantation management in terms of losses of nutrients and organic matter to maintain soil fertility. Appropriate management of this biomass could enable its carry-over of nutrients necessary to support the growth of the following rotation of crop.

PALABRAS CLAVES: Palma de aceite, Biomasa, Nutrientes, Valor nutritivo, Tronco, Folíolos, Bases peciolares, Flechas, Inflorescencias.

¹ Tomado de: Journal of Oil Palm Research (Malasia) v.11 no. 1, p.23-32. 1999. Traducido por: Fedepalma.

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

** Department of Biological Sciences. University of Exeter. Exeter, Devonshire. England.

INTRODUCCIÓN

La palma de aceite, como cultivo perenne, ha crecido hasta lograr distinción, primero, como fuente principal de aceites y grasas para alimento humano; segundo, como alimento para animales; y tercero, para la fabricación de muchos productos domésticos, tales como: cosméticos, jabones y detergentes. La renovación del cultivo de la palma de aceite que normalmente se realiza después de casi 25-30 años, se debe al problema de tener que cosechar palmas altas y a otras consideraciones económicas. El área en palma de aceite esperada para renovar, en Malasia, entre 1997 y el año 2000, se calcula en alrededor de 82.000 hectáreas por año (Mohamad et al. 1985). Durante la renovación, los principales componentes disponibles de la biomasa de palma de aceite encima del suelo son los troncos y las hojas de la población de palmas viejas. El manejo apropiado de esta biomasa después de la tala puede permitir la transferencia de sus contenidos de nutrientes para mantener el crecimiento del siguiente cultivo. Esto podría proporcionar un suplemento nutritivo significativo, especialmente N y K, para compensar los altos consumos externos de los fertilizantes requeridos para mantener el máximo potencial de rendimiento. Sin embargo, estas fuentes de biomasa podrían generar una gran cantidad de valiosos materiales lignocelulósicos para propósitos industriales y alimentos para animales.

Para calcular la disponibilidad de la biomasa de la palma de aceite y sus contenidos de nutrientes, es necesario cuantificar la biomasa de cada componente en la población de palmas maduras. La mayoría de los estudios anteriores sobre cálculos de la biomasa de la palma de aceite y su disponibilidad de nutrientes tienden a estar basados únicamente en la disponibilidad de nutrientes en la biomasa encima del suelo, pero excluyen la significativa contribución de la biomasa de la raíz. Por tanto, sería más exacto incluir la biomasa, tanto la de encima como la de por debajo del suelo, al calcular las reservas de nutrientes, ya que ambas están disponibles para ser recicladas en el ecosistema de la renovación.

Una gran cantidad de trabajos se ha realizado para calcular la biomasa de palma de aceite en distintas edades y de palmas viejas durante la renovación en Malasia (Ng et al. 1968; Gray 1969; Corley et al. 1971; Chan et al. 1980; Tan et al. 1985; Mohamad et al. 1985; Mohd Hashim et al. 1993) y en otros países, tales como Nigeria (por ejemplo, Rees y Tinker 1963). Muchos de estos estudios involucran el cálculo de la biomasa potencial y los contenidos de nutrientes derivados de análisis anteriores reportados en la literatura (por ejemplo, Chan et al. 1980; Tan et al. 1985; Mohamad et al. 1985) y existe poca información detallada sobre los diferentes componentes de la biomasa encima y debajo del suelo en plantaciones maduras. Por otro tanto, es importante hacer medidas directas de la biomasa de la palma en pie en el área de estudio específica para obtener valores más precisos del conjunto de nutrientes y la disponibilidad de la biomasa.

Se hizo un estudio para medir las reservas de nutrientes de la biomasa encima del suelo de palma de aceite en pie y la contribución de cada componente de la palma. Adicionalmente se calculó la biomasa de la palma de aceite debajo del suelo, principalmente la biomasa de raíces y su contenido de nutrientes.

El propósito de este artículo es proporcionar información sobre la disponibilidad potencial de la biomasa encima del suelo de palma de aceite madura y su valor nutritivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cálculos de la biomasa en pie encima del suelo y el muestreo destructivo

Un estudio para calcular la biomasa encima del suelo de la palma de aceite se realizó en la Estación de Investigación del PORIM en Kluang, Johor, una región que tiene condiciones

agroecológicas bastante típicas de los suelos del interior de Malasia Occidental. El área seleccionada para este estudio fue una plantación de palma de aceite de 23 años para primera renovación, sembrada con una densidad de 136 palmas / hectárea.

La biomasa de palma de aceite en plantaciones ya maduras se puede medir directamente mediante el muestreo destructivo de unas pocas palmas y pesando todos los principales constituyentes de la biomasa. Por fortuna, este procedimiento es menos tedioso, comparado con otras especies de árboles, ya que la palma de aceite tiene un solo ápice de crecimiento sin ramas. La biomasa encima del suelo de la plantación se puede calcular fácilmente, con alguna exactitud, por las relaciones alométricas de la altura y el diámetro de los troncos establecidas por Corley et al. (1971).

Se tomaron muestras de 10 palmas para confirmar la relación alométrica publicada y utilizada para calcular la biomasa total para la población de palmas.

El área seleccionada se dividió en cuatro bloques y de cada una de las clases de tamaño, en los bloques se escogieron aleatoriamente palmas de una altura y de un diámetro de tronco, a la altura del pecho, promedios. Las palmas seleccionadas para ser taladas variaron entre 42 y 46 cm de diámetro y medían aproximadamente 6 a 9 m de altura. La altura de la palma se midió desde el nivel del suelo hasta la base de la hoja 33, siguiendo el procedimiento estándar (Corley et al. 1971).

Se registró el número de hojas y todos los racimos maduros y no maduros de cada palma se cortaron antes de la tala.

Las palmas se talaron cortándolas con una sierra de cadena cerca de la superficie del suelo. Cuatro palmas, una de cada bloque, se dividieron luego en sus componentes principales y se pesaron. Los troncos de las otras seis palmas se cortaron en secciones iguales y se cargaron, con la corona, en un remolque, de forma que la masa total pudiera ser pesada en una báscula local para vehículos.

Este procedimiento proporcionó una revisión de los errores involucrados en la partición y

en el peso de los diferentes componentes durante el muestreo destructivo.

Es posible que las bases peciolares cortadas que permanecen de cosechas anteriores de racimos de frutas, continúen adheridas al tronco de la palma o que se suelten. Estas bases peciolares, cuando están presentes, constituyen una fuente significativa de biomasa. En este estudio, de las cuatro palmas seleccionadas para el muestreo destructivo por secciones se escogió una con todas las bases peciolares en el tronco y tres palmas no tenían las bases peciolares. Simultáneamente, de las palmas del muestreo que no estaban seccionadas, se escogieron tres con bases peciolares en el tronco y otras tres sin ellas. Este procedimiento permitió realizar un cálculo de la biomasa de las bases peciolares cortadas en los troncos.

Para el muestreo destructivo por secciones, las palmas se separaron en varios componentes. Los componentes frescos se pesaron y se registraron inmediatamente en el campo, y luego se recogieron submuestras de cada componente para determinar el contenido de humedad y para los análisis del contenido de nutrientes.

La palma se dividió en siete componentes como sigue:

1. Folíolos.
2. Raquis de las hojas (incluyendo el pecíolo).
3. Flechas.
4. Punto de crecimiento o "cogollo".
5. Tronco.
6. Bases peciolares.
7. Inflorescencias.

Cada componente implicó diferentes procedimientos de manejo:

Folíolos. Las muestras de folíolos para los análisis de nutrientes se tomaron de cada hoja (dos folíolos/hoja), y las submuestras se juntaron en una muestra mixta. Los folíolos frescos se arrancaron de los raquis de las hojas y se pesaron en bolsas. De cada hoja se obtuvieron submuestras para determinar la materia seca y el contenido de humedad.

Raquis de las hojas (incluyendo el pecíolo).

Cada raquis de las hojas se cortó tan cerca al tronco como fue posible y se dividió en tres secciones iguales. Se registró el peso fresco y se tomaron submuestras de la sección de la parte media de cada raquis de las hojas, las cuales se juntaron para obtener el peso seco y el análisis de nutrientes.

Flechas. En las flechas se tomaron submuestras de la misma manera como se hizo en las hojas, pero los folíolos no se separaron. En las flechas no se hizo distinción entre raquis de las hojas y folíolos. Las submuestras se colectaron para el peso seco y para el análisis de nutrientes.

"Cogollo". El "cogollo" o punto de crecimiento se separó del ápice del tronco y se tomaron submuestras para determinar el contenido de humedad y para el análisis del contenido de nutrientes.

Tronco. El tronco se cortó en tres secciones iguales y se pesaron. De cada sección del tronco se tomaron submuestras para el análisis de nutrientes y para determinar el contenido de humedad.

Bases peciolares. La biomasa de las bases peciolares se calculó de una de las cuatro palmas del muestreo seccional destructivo que tenía completas las bases peciolares en el tronco. Se retiraron todas las bases peciolares del tronco, cortándolas lo más cerca posible de éste y se registró el peso fresco. Se tomaron submuestras para el análisis de nutrientes y para determinar el contenido de humedad.

Inflorescencias. Las inflorescencias se colectaron y pesaron para obtener el peso fresco y se tomó una submuestra para el análisis de nutrientes y para determinar el contenido de humedad.

Análisis

Los contenidos de humedad de todos los componentes de la palma se determinaron tomando muestras pequeñas de 1-2 kg. Estas muestras se pesaron y se secaron a 5°C hasta obtener un peso constante. Las submuestras para los análisis de nutrientes se secaron en un horno a 80°C, y luego los materiales se

molieron y se analizaron para determinar las concentraciones de C, N, P, K, Ca y Mg, utilizando procedimientos analíticos estándar.

Los contenidos totales de nutrientes de los diferentes componentes de palma, con base en una parcela, se calcularon del contenido de materia seca de la biomasa en pie, con base en una densidad de 136 palmas/hectárea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Medidas de biomasa encima del suelo

El peso fresco de las partes componentes de las palmas a las que se les tomaron muestras aparecen en la Tabla 1. El peso fresco se incluyó en este estudio para comparar el peso de palmas destruidas en secciones (Muestras 1 a 4) con el de las no seccionadas (Muestras 5 a 10). Las palmas variaron entre 5,92 y 9,12 m de altura, y el número total de hojas fluctuó de 32 a 47, con un promedio de 41 hojas, con excepción de una palma que tuvo 23 hojas. El diámetro del tronco fluctuó entre 0,39 y 0,43 m en el ápice 0,42 a 0,46 m en la mitad y 0,55 a 0,80 m en la base. La parte más baja del tronco tiene forma cónica, pero esta variación no contribuye a errores significativos en los cálculos de biomasa, al utilizar funciones alométricas simples.

Los pesos frescos de las palmas seccionadas (sin bases peciolares) variaron entre 1.972 y 2.386 kg/palma y fueron comparables con los pesos frescos de las palmas no seccionadas (sin bases peciolares), los cuales fluctuaron entre 1.830 y 2.530 kg/palma a diferentes alturas. Estos datos indican que no se introdujo ningún error significativo al dividir y pesar cada componente de la palma en secciones. Tan et al. (1985) determinaron el peso fresco de una palma de 25 años de edad en 1.934, kg con una longitud del tronco de 7,9 m y 32 hojas. Este valor fue ligeramente más bajo que los valores obtenidos en este estudio para una palma de 7 a 8 m de altura.

La relación entre el peso fresco total de las palmas y la altura de las mismas, utilizando

Tabla 1. Peso fresco de las partes componentes encima del suelo de diez palmas de aceite maduras

MUESTRA No.	* SIN BASES PECIOLARES (SELECCIONADAS)					SIN BASES PECIOLARES (NO SELECCIONADAS)		CON BASES PECIOLARES (NO SELECCIONADAS)			
	1	2	3	4	(PROMEDIO ± ERROR + E.S.)	5	8	7	8	9	10
Altura de la palma (m)	8,72	7,26	5,92	8,00	(7,48 ± 0,6)	8,00	9,12	6,20	8,05	9,12	6,50
No. de hojas	39	37	44	39	(40 ± 1,5)	47	32	41	47	41	23
DIÁMETRO DEL TRONCO (m)											
Ápice	0,37	0,40	0,43	0,41	(0,40 ± 0,013)	0,39	0,42	0,40	0,43	0,43	0,39
Al medio	0,42	0,42	0,45	0,42	(0,43 ± 0,008)	0,42	0,43	0,46	0,45	0,45	0,45
Base	0,58	0,80	0,79	0,74	(0,73 ± 0,05)	0,70	0,76	0,75	0,64	0,63	0,55
PESO DEL COMPONENTE FRESCO (kg)											
1) Tronco	1.660	1.480	1.350	1.540	(1.508 ± 64)	—	—	—	—	—	—
2) Folíolos	152	143	125	160	(145 ± 8)	—	—	—	—	—	—
3) Ranquis de las hojas	460	433	425	492	(453 ± 15)	—	—	—	—	—	—
4) Flechas	42	46	33	50	(43 ± 4)	—	—	—	—	—	—
5) "Cogollo"	45	43	35	55	(45 ± 4)	—	—	—	—	—	—
6) Inflorescencias	27	30	4	40	(25 ± 8)	—	—	—	—	—	—
7) Bases peciolares	538	0	0	0		—	—	—	—	—	—
Peso total (kg/palma)	2.386**	2.175	1.972	2.337	(2.218 ± 93)	2.350	2.530	1.830	2.900	3.160	2.190

* Palma con bases peciolares completas en el tronco y las peciolares se retiraron después de la tala.

** Peso total de la palma sin bases peciolares.

las palmas de las muestras 1 a 7 sin bases peciolares, se muestra en la Figura 1. Las otras tres palmas (8-10) no se incluyeron debido a la presencia de bases peciolares en el tronco, lo cual daba un peso total adicional. El peso fresco total correlacionó significativa-

mente con la altura de la palma ($r = 0,96$, $P < 0,05$) según la función de regresión:

$$W = 725 + 1,97H$$

Donde: H es la altura de la palma en metros y W es el peso fresco total en kilogramos.

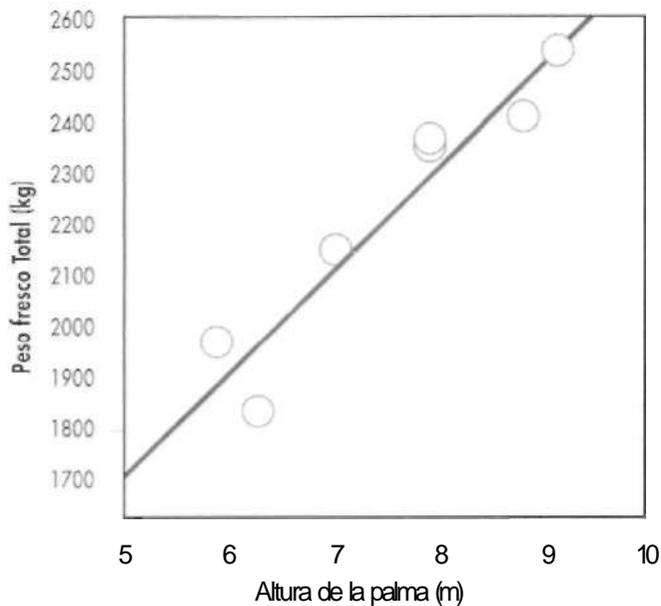


Figura 1. Relación entre la altura (H) y su peso fresco Total (W) de la palma. La línea regresión trazada en la función de $W = 725 + 197H$ ($r = 0,96, P < 0,001$)

Al calcular la biomasa de las bases peciolares restando las palmas del muestreo sin bases peciolares de palmas con bases peciolares,

se encontró que las bases peciolares contribuían con alrededor del 18 al 22% del total de la biomasa en pie. Esta proporción está acorde con los cálculos realizados por Henson (1993) en que las bases peciolares constituyen el 20% de la biomasa en pie.

El peso de la materia seca de los diferentes componentes de la palma, obtenido de las muestras por secciones, aparece en la Tabla 2. Los valores promedios para las cuatro palmas por secciones ocultan la variación en el tamaño combinado. Sin embargo, los errores estándar son inferiores al 10% del promedio para todos los componentes, excepto las inflorescencias. Los troncos de palma sólo contenían alrededor del 20% de materia seca del material fresco. La biomasa del tronco fluctuó entre 270 y 332 kg/palma, con un valor promedio de 302 kg/palma. Estas cifras concuerdan con las de Corley et al. (1971), quienes calcularon el peso del tronco de la palma a una edad de 27,5 años, en alrededor de 300 kg. Ng et al. (1968) reportaron que el peso del tronco a los 15 años era de 651

Tabla 2. Peso seco de los componentes encima del suelo de cuatro palmas de aceite maduras

No. DE LA MUESTRA	PARÁMETROS			PESO SECO (kg/palma)						
	ALTURA HASTA LA BASE DE LA HOJA 33 (m)	DIÁMETRO DEL TRONCO (m)	No. DE HOJAS	TRONCO	FOLÍOLOS	RANQUIS DE LAS HOJAS	FLECHAS	"COGOLLO"	BASES PECIOLARES	INFLO-RESCENCIAS
1	8,72	Ápice: 0,37 El medio: 0,42 Base: 0,58	39	332	60,80	119,60	9,92	4,50	129,12	6,75
2	7,26	Ápice: 0,40 El medio: 0,42 Base: 0,80	37	296	57,20	112,58	10,12	4,30	0	7,50
3	5,92	Ápice: 0,43 El medio: 0,45 Base: 0,79	44	270	50,00	110,50	7,26	3,50	0	1,00
4	8,00	Ápice: 0,41 El medio: 0,42 Base: 0,74	39	308	64,00	127,92	11,00	5,50	0	10,00
Promedio	7,48	Ápice: 0,40 El medio: 0,43 Base: 0,73	40	302	58,00	117,65	9,40	4,45	0	6,31

kg/palma, mientras que Corley et al. (1971) calcularon un valor de 233 kg/palma para el peso seco del tronco a los 14,5 años de edad.

El valor obtenido por Ng et al. (1968) se puede deber al peso de las bases peciolares que permanecían en el tronco. Tinker y Smilde (1963) reportaron que el peso de la materia seca del tronco en una palma de aceite de 22 años de edad, en Nigeria, ascendió a 344 kg/palma, lo cual es comparable con las cifras obtenidas en este estudio.

La biomasa de los folíolos fluctuó entre 50 y 64 kg/palma, con un valor promedio de 58 kg/palma. La biomasa de los folíolos fue casi la mitad de la biomasa de los raquis de las hojas, la cual tuvo un valor promedio de 118 kg/palma. El peso seco de los folíolos estuvo estrechamente relacionado con el peso seco del raquis de las hojas según la siguiente regresión:

$$WR = 189 + 1,82 WL (r = 0,90, P < 0,1)$$

Donde: WR es el peso del raquis de las hojas (kg) y WL es el peso de los folíolos (kg).

Las flechas, los "cogollos" y las inflorescencias sólo hicieron una pequeña contribución al total de la materia seca, con valores promedios de 9,40 (1,5%), 4,45 (0,7%) y 6,31 (1,0%) kg/palma, respectivamente.

Según se mencionó anteriormente, las bases peciolares contribuyeron con una biomasa bastante sustancial, de alrededor de 130 kg/palma y casi el 20% del total de la biomasa en pie, por lo tanto, no se pueden ignorar en el cálculo de la biomasa y del capital de nutrientes en las plantaciones de palma de aceite.

Concentraciones de Nutrientes en los Componentes de la Biomasa de la Palma de Aceite

Las concentraciones de nutrientes en la biomasa encima del suelo de los diferentes componentes de la palma variaron mucho, según se muestra en la Tabla 3. Las concentraciones de N mostraron una variación de casi 14 veces, de 0,23% en las bases peciolares a 3,12% en los "coaollos". Las bases peciolares, el raquis de las hojas y el tronco tuvieron concentraciones de N más bajas que los folíolos, las flechas, los "cogollos" y las inflorescencias.

La concentración de P también varió en 14 veces, del 0,027% en las bases peciolares a 0,387% en los "cogollos". Las bases peciolares, el raquis de las hojas y los troncos leñosos tuvieron concentraciones mucho más bajas de P que los componentes más vegetativos como los folíolos, las flechas, los "cogollos" y las inflorescencias.

Las concentraciones de K fueron más bajas en los folíolos, con el 0,98%, pero las

Tabla 3. Concentraciones promedias de nutrientes sobre la materia seca (%) de varios componentes de la palma de aceite

COMPONENTE	N	P	K	Mg	Ca
Tronco	0,56 (0,54-0,59)	0,054 (0,047-0,059)	1,62 (1,03-2,13)	0,15 (0,11-0,16)	0,31 (0,21-0,40)
Folíolos	2,18 (1,97-2,34)	0,116 (0,092-0,137)	0,98 (0,81-1,13)	0,21 (0,17-0,24)	0,52 (0,39-0,63)
Raquis	0,45 (0,39-0,50)	0,049 (0,043-0,055)	1,52 (1,16-2,10)	0,11 (0,09-0,15)	0,43 (0,24-0,58)
Flechas	2,14 (1,90-2,44)	0,152 (0,126-0,165)	1,72 (1,43-2,10)	0,23 (0,17-0,31)	0,42 (0,31-0,60)
"Cogollo"	3,12 (2,63-3,57)	0,387 (0,319-0,472)	3,45 (2,69-3,83)	0,51 (0,41-0,56)	0,38 (0,31-0,45)
Bases peciolares	0,23	0,027	1,18	0,20	0,20
Inflorescencias	1,94 (1,90-1,97)	0,254 (0,236-0,271)	2,24 (2,08-2,40)	0,23 (0,38-0,48)	0,55 (0,54-0,56)

Las cifras en paréntesis son los rangos de concentración de las cuatro palmas cosechadas destructivamente.

concentraciones en el tronco, el raquis de las hojas y las flechas fueron más altas y bastante similares, con 1,62, 1,52 y 1,72%, respectivamente. La concentración de K fue más alta en el "cogollo" con el 3,45%.

Las concentraciones de Mg variaron en 4,6 veces, de 0,11% en el raquis de las hojas a 0,51% en el "cogollo". En los folíolos fue casi el doble a la del raquis de las hojas. La concentración de este nutriente en el tronco fue intermedia entre las del raquis de las hojas y los folíolos.

Las concentraciones de Ca en los tejidos mostraron la menor variación, fluctuando sólo 2,8 veces, del 0,20% en las bases peciolares a 0,55% en las inflorescencias. El "cogollo" tuvo las concentraciones más altas de todos los otros nutrientes, excepto el Ca.

El N tuvo una correlación significativa con el P ($r = 0,879$, $P > 0,01$) y la concentración de P con la de K también fue significativa ($r = 0,905$, $P > 0,01$) en todos los componentes de la palma. La concentración de K también se correlacionó con la de Mg ($r = 0,902$, $P > 0,01$).

Reservas de Nutrientes y Porcentaje de Contribución de Materia Seca en la Biomasa Encima del Suelo

El total de las reservas de nutrientes en los diferentes componentes de la palma de aceite, expresados por palma y por hectárea, aparecen en las Tablas 4 y 5. El cálculo de las reservas de nutrientes por hectárea se basó en una densidad de siembra de 136 palmas/hectárea. La palma contiene alrededor de 4 kg de reserva de N, mientras que el K con

Tabla 4. Concentraciones conjuntas de los nutrientes en los componentes de la palma en las palmas maduras

COMPONENTE DE PALMA	MATERIA SECA		N		P		K		Mg		Ca	
	kg/PALMA	%	kg/PALMA	%	kg/PALMA	%	kg/PALMA	%	kg/PALMA	%	kg/PALMA	
Tronco	320,00	0,56	1,691	0,054	0,163	1,62	4,892	0,15	0,453	0,31	0,936	
Folíolos	58,00	2,18	1,264	0,116	0,067	0,98	0,568	0,21	0,122	0,52	0,302	
Ranquis de las hojas	117,65	0,45	0,529	0,049	0,058	1,52	1,788	0,11	0,129	0,43	0,506	
Flechas	9,40	2,14	0,201	0,152	0,014	1,72	0,162	0,23	0,022	0,42	0,039	
"Cogollo"	4,45	3,12	0,140	0,387	0,017	3,45	0,153	0,51	0,023	0,38	0,017	
*Bases peciolares	129,12	0,23	0,297	0,027	0,035	1,18	1,524	0,20	0,258	0,20	0,258	
Inflorescencias	6,31	1,94	0,122	0,254	0,016	2,24	0,141	0,43	0,027	0,55	0,035	
Total (sin bases peciolares)	498		3,947		0,335		7,704		0,776		1,835	
Total (con bases peciolares)	627		4,244		0,370		9,228		1,034		2,093	

Calculado de una Palma

Cuantificación de la biomasa de la palma de aceite y su valor nutritivo en una plantación desarrollada.

Tabla 5. Biomasa total encima del suelo, porcentaje de contribución a la biomasa y a los contenidos de nutrientes de los diferentes componentes de la palma de aceite

COMPONENTES	PESO SECO		CONTENIDO DE NUTRIENTES (kg, ha)				
	(t/ha)	% TOTAL	N	P	K	Mg	Ca
Tronco	41,07	48,17	230,0	22,2	66,53	61,6	127,3
Folíolos	7,89	9,25	171,9	9,1	7,72	16,6	41,1
Ranquis de las hojas	16,00	18,77	71,9	7,9	24,32	17,5	68,8
Flechas	1,28	1,50	27	1,9	2,20	3,0	5,3
"Cogollo"	0,60	0,70	19,0	2,3	2,08	3,1	2,3
*Bases peciolares	17,56	20,60	40,4	4,8	20,73	35,1	35,1
Inflorescencias	0,86	1,01	16,6	2,2	1,92	3,7	4,8
Total	85,26	100,00	577,1	50,4	1.255,0	140,6	284,7

Nota: El cálculo se basó en 163 palmas/ha.

casi 8 kg/palma fue el doble del N (Tabla 4). Esta cifra concuerda con Teoh y Chew (1987), quienes reportaron que las palmas maduras más viejas y abonadas contenían de 8 a 14 kg de K/palma. La cantidad de K en las palmas a la renovación es sustancial y debe ser conservada mediante el reciclaje. El contenido de Mg fue de alrededor de 1 kg/palma y el contenido de Ca fue el doble del de Mg con casi 2 kg/palma. El contenido de P fue menor de 0,4 kg/palma.

El total de la materia seca encima del suelo y el conjunto de nutrientes producidos por los componentes de la palma de aceite por hectárea durante la tala, aparecen en la Tabla 5. El total de la biomasa encima del suelo ascendió a casi 85 toneladas/hectárea, de las cuales el tronco produjo la mayor cantidad de materia seca, contribuyendo con alrededor del 48% del total de la biomasa encima del suelo.

Las bases peciolares, los raquis de las hojas y los folíolos contribuyeron con alrededor del 21, 19 y 9% del total de la biomasa encima

del suelo, respectivamente. El resto de los componentes, que incluye las flechas, los "cogollos" y las inflorescencias, contribuyeron con alrededor del 3,2% del total de la biomasa encima del suelo.

El total por hectárea de las reservas de nutrientes de la biomasa encima del suelo disponible durante la tala fueron de 577 kg de N, 50 kg de P, 1.255 kg de K, 141 kg de Mg y 285 kg de Ca. En términos de fertilizantes inorgánicos, esta cantidad de nutrientes es equivalente a aproximadamente 2,75 toneladas de sulfato de amonio (A/S), 0,32 toneladas de roca

fosfórica de la Isla de Pascuas (CIRP); 2,51 toneladas de muriato de potasio (MOP) y 0,91 toneladas de kieserita. En términos monetarios, esto tiene un valor de alrededor de 2.550 ringgits/hectárea (Tabla 6). Mohd Hashim et al. (1993) citaron valores ligeramente más bajos para consumos de nutrientes en una hectárea de residuos enteros en pie al momento de la renovación, los cuales fueron de alrededor de 339 kg de N, 32 kg de P, 424 kg de K y 76 kg de Mg con base sólo en medidas de los residuos de palma de troncos y hojas. Anteriormente, Chan et al. (1980) calcularon que se pueden obtener alrededor de 90 toneladas/hectárea de materia seca durante la tala en una plantación plenamente desarrollada, la cual contiene alrededor de 518 kg de N, 49 kg de P, 721 kg de K, 112 kg de Mg y 182 kg de Ca.

En estos dos estudios no se tuvo en cuenta la cantidad de biomasa y los nutrientes de otros componentes, tales como:

flechas, "cogollos", bases peciolares e inflorescencias. Una cantidad significativa de nutrientes, especialmente N y K, se puede

Tabla 6. Contenido de nutrientes, equivalente en fertilizantes y valor monetario de biomasa de palma de aceite al momento de la renovación

RESIDUOS DE PALMA	PESO SECO SECA (t/ha)	NUTRIENTE (kg/ha)			
		N	P	K	Mg
Biomasa encima del suelo	85,26	577	50	1.255	141
Equivalente en fertilizante		A/S 2.748	CIRP 318	MOP 2.510	KIES 908
*Valor monetario (RM)		989	95	1.104	363
Valor monetario total	RM2.551/ha				

*Con base en el precio del gobierno: Sulfato de amonio (A/S): RM360 por tonelada, Roca fosfórica de la Isla de Pascuas (CIRP): RM300 por tonelada, KCl: RM400 por tonelada, Kieserita: RM400 por tonelada.

obtener de las bases peciolares, las cuales podrían ser recicladas en la plantación y, por lo tanto, han debido ser añadidos en el cálculo de las reservas de nutrientes al momento de la renovación, aun cuando la mayoría de ellas hubieran caído para ese momento. La magnitud del total de nutrientes inmovilizados en la palma entera es: $K > N > Ca > Mg > P$, la cual está acorde con los hallazgos de Gray (1969), Chan et al. (1980) y Mohd Hashim et al. (1993), con excepción del Ca que no fue determinado en el último estudio.

La mayor parte del N se encontró en el tronco y en los folíolos, el cual ascendió a casi el 70% del N total en la palma. El tronco contribuyó con un 40% y los folíolos con un 30% (Tabla 7) El raquis de las hojas contribuyó con casi el 12% al N total, seguido por las bases peciolares, las cuales contribuyeron con casi el 7%. Aquí se debe anotar que los folíolos contribuyeron con sólo alrededor del 9% de la materia seca total, comparado con el tronco que contribuyó con alrededor del 48% de la biomasa total (Tabla 5).

El tronco y los folíolos también contribuyeron con una gran cantidad del P, 44 y 18%, respectivamente, seguidos por el raquis de las hojas con un 16%, mientras que el resto de los componentes de la palma proporcionaron menos del 10%.

En el caso de K, el tronco y el raquis de las hojas contribuyeron con casi el 72% del total de K en la palma, con el 53% procedente del tronco y el 19% del raquis de las hojas. Las bases peciolares también contribuyeron con una cantidad significativa de K, de alrededor del 16,5% del K total, mientras que los folíolos sólo contribuyeron con un 6% del N total.

El tronco también contribuyó con grandes cantidades de Mg y Ca, que ascienden al 45% del total de estos elementos. Esto refleja la importancia del tronco como la principal alberca de almacenamiento de nutrientes en la biomasa encima del suelo.

Tabla 7. Porcentaje de la contribución de la concentración total de nutrientes en varios componentes de la palma de aceite a la biomasa total encima del suelo

COMPONENTE	N	P	K	Mg	Ca
Tronco	39,85	44,05	53,01	43,81	44,71
Folíolos	29,79	18,06	6,15	11,81	14,44
Raquis de las hojas	12,46	15,67	19,38	12,45	24,17
Flechas	4,73	3,77	1,75	2,13	1,86
"Cogollo"	3,29	4,56	1,66	2,21	0,81
*Bases peciolares	7,00	9,52	16,52	24,96	12,33
Inflorescencias	2,88	4,37	1,53	2,63	1,68

CONCLUSIONES

•La biomasa encima del suelo y las reservas de nutrientes de la palma de aceite al momento de la renovación se cuantificaron utilizando el método destructivo. El total de la biomasa encima del suelo ascendió a casi 85 toneladas/hectárea. El tronco contribuyó con la mayor porción de la biomasa de palma de aceite en pie, que fue de alrededor del 48% del total. Este fue seguido por las bases peciolares, el raquis de las hojas y los folíolos, los cuales contribuyeron con casi un 21, 19 y 9%, respectivamente. El resto de los componentes contribuyeron con menos del 2% de la biomasa total en pie.

•Las reservas totales de nutrientes de la biomasa encima del suelo producidas al talar la población de palmas viejas, con base en cada hectárea, se calcula en 577 kg de N, 50 kg de P, 1.255 kg de K, 141 kg de Mg y 285 kg de Ca, que podrían ser reciclados en las plantaciones y que en términos monetarios, valdrían alrededor de RM2.550 ringgits por hectárea. La cantidad total de nutrientes en la palma entera fue en orden descendente así: K > N > Ca > Mg > P. El retiro de la biomasa de la palma de aceite para fabricar otros productos con valor agregado tiene implicaciones para la administración de las plantaciones, en términos de nutrientes y materia orgánica para mantener la fertilidad del suelo. El manejo apropiado de esta biomasa permitiría el traslado de los nutrientes para apoyar el crecimiento del siguiente cultivo, así como contribuir a los beneficios ambientales de cero desperdicios en la Industria de la Palma de Aceite.

•A pesar de las cantidades de nutrientes calculadas y mencionadas anteriormente, se están realizando estudios adicionales para comprender los patrones de mineralización o de liberación de nutrientes de los diferentes componentes de la palma bajo distintos ambientes y el traslado de nutrientes de la biomasa de la palma de aceite en relación con varias prácticas de manejo de los residuos. Tales estudios son importantes para formular recomendaciones de fertilizantes en la renovación de la palma de aceite.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran agradecer al Director General del PORIM por permitir la publicación de este trabajo. Los autores también desean dar un reconocido agradecimiento al PORIM por el soporte económico de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- CHAN, K.W.; WATSON, I.; LIM, K.C. 1980. Use of oil palm waste material for increased production. In: E. Pushparajah; S.L. Chin (Eds.). Conference of Soil Science and Agricultural Development in Malaysia. Proceedings. Malaysia Society of Soil Science, Kuala Lumpur. p.213-241.
- CORLEY, R.H.V.; GRAY, B.S.; NG, S.K. 1971. Productivity of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Malaysia. *Experimental Agriculture* (Reino Unido) v.7, p.129-136.
- GRAY, B.S. 1969. A study of the influence of genetic, agronomic and environmental factors on the growth, flowering and bunch production of oil palm on the west coast of West Malaysia. University of Aberdeen. 947p. (Ph.D. thesis.).
- HENSON, LE. 1993. Carbon assimilation, water use and energy balance of an oil palm plantation assessed using micrometeorological techniques. In: Jalani Sukaimi et al. (Eds.). PORIM International Palm Oil Congress 'Update and Vision' - Agriculture Module. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.137-158.
- MOHAMAD HUSIN; ZIN, Z.Z.; HALIM, A.H. 1985. Potentials of oil palm by-products as raw materials for agro-based industries. In: National Symposium on Oil Palm By-products for Agro-based Industries. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.7-15.
- MOHD HASHIM, TAJUDDIN; TEOH, C.H.; KAMARUZAMAN, ARIBI; MOHD ALI, A. 1993. Zero burning - an environmentally friendly replanting technique. In: Jalani Sukaimi et al. (Eds.). PORIM International Palm Oil Congress 'Update and Vision' - Agriculture Module. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.185-194.
- NG, S.K.; THAMBOO, S.; DE SOUZA, P. 1968. Nutrient content on oil palm in Malaysia. II. Nutrient content in vegetative tissues. *Malaysia Agricultural Journal* (Malasia) v.46, p.332-391.
- REES, A.R.; TINKER, P.B.H. 1963. Dry-matter production and nutrient content of plantation oil palms in Nigeria. I. Growth and dry-matter production. *Plant and Soil* (Holanda) v.19, p.19-32.
- TAN YAP PAU; TOH TAI SAN; GURMIT SINGH. 1985. Management of by-products during replanting of oil palm. In: National Symposium on Oil Palm By-products for Agro-based Industries. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.242-248.
- TEOH, K.C.; CHEW, P.S. 1987. Potassium in the oil palm ecosystem and some implications to manuring practice. In: Abdul Halim Hassan et al. (Eds.). 1987 International Oil Palm / Palm Oil Conference - Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur. p.277-286.
- TINKER, P.B.H.; SMILDE, K.W. 1963. Dry-matter production and nutrient content of plantation oil palms in Nigeria. II. Nutrient content. *Plant and Soil* (Holanda) v.19, p.350-363.