

## Nutrientes vegetales presentes en el aceite de palma\*

### Plant Nutrients in Palm Oil

**CITACIÓN:** Donough, C. R., Cahyo, A., Wandri, R., Fisher, M., & Oberthür, T. (2017). Nutrientes vegetales presentes en el aceite de palma (Adriana Arias, trad.). *Palmas*, 38(1), 63 - 71

**PALABRAS CLAVE:** nutrientes vegetales, aceite de palma, fertilizantes

**KEYWORDS:** Plant nutrients, palm oil, fertilizers

\* Artículo traducido del original *Plant Nutrients in Palm Oil*, publicado en la revista *Better Crops*, 100(2) de 2016. Se publica con autorización de los autores y la revista *Better Crops*

**CHRISTOPHER R. DONOUGH**

Consultor Senior, International Plant  
Nutrition Institute – IPNI SEAP  
crdonough@gmail.com

**ANGEER CAHYO**

Asistente de Investigación, Sampoerna  
Agro Tbk.

**RULI WANDRI**

Gerente de Investigación Agronómica,  
Sampoerna Agro Tbk.

**MYLES FISHER**

Consultor, IPNI

**THOMAS OBERTHÜR**

Director, IPNI SEAP

## Resumen

Un vacío aparente en el conocimiento sobre la cantidad de nutrientes presentes en el aceite de palma motivó un estudio para determinar el contenido de dichos nutrientes en el aceite, así como evaluar el impacto del manejo de fertilizantes sobre dicho contenido. El estudio señala que la exportación de nutrientes fue baja en el aceite de palma extraído en plantas de beneficio industriales y que parte de los nutrientes, probablemente, se quedan en los residuos de la extracción. Así mismo, se concluye que la tasa de aplicación de fertilizantes afectó la presencia de determinados nutrientes en el aceite de palma, aunque no sucedió lo mismo con los tiempos ni la frecuencia de las aplicaciones.

## Abstract

An apparent knowledge gap concerning the amount of plant nutrients in palm oil motivated a study to determine plant nutrient content in palm oil and assess the impact of fertilizer management on such content. Export of plant nutrients was low in palm oil extracted by industrial mills; part of the nutrients likely remain in post-milling residues. Selected nutrients in palm oil were affected by fertilizer application rate, but not timing or frequency.

## Abreviaturas y notas

N: nitrógeno	Fe: hierro
P: fósforo	Zn: zinc
K: potasio	Cu: cobre
S: azufre	Proyecto SEAP-05 del IPNI
Ca: calcio	BA CPO: CPO obtenido por análisis de racimos
Mg: magnesio	

## Introducción

Esta investigación permitió documentar la remoción de nutrientes en racimos de fruta fresca (RFF) cosechados. Según informes de estudios en el Sudeste Asiático y África, cada RFF contiene entre 3,5 y 5,0 kg de N; 0,3 a 0,7 kg de P; 3,5 a 5,3 kg de K; y entre 0,5 y 0,9 kg de Mg (Tinker & Smilde, 1963; Ng & Thamboo, 1967; Tarmizi & Mohd Tayeb, 2006; Prabowo *et al.*, 2006; Donough *et al.*, 2014). Se cuenta con informes acerca del contenido de nutrientes en los residuos que quedan tras el procesamiento y la extracción del aceite de palma y del aceite de palmiste de los RFF, los cuales corresponden a racimos vacíos (EFB) y el efluente del aceite de palma proveniente de plantas de beneficio (POME). Los nutrientes presentes en los residuos no coinciden plenamente con los valores medidos con anterioridad a la etapa de procesamiento (Prabowo *et al.*, 2006), lo que sugiere que los aceites de palma y de palmiste pueden contener parte de esos nutrientes o que, de lo contrario, habría pérdidas no contabilizadas en el proceso de extracción. En una revisión del

destino de los nutrientes de la planta en la producción de aceite de palma, Corley (2009) escribió que “el aceite de palma no contiene N ni K, y solamente unos 20 g de P por tonelada”. En ese orden de ideas, lo anterior señala que la información con respecto al contenido de nutrientes en el aceite de palma es casi nula.

En 2014, el International Plant Nutrition Institute (IPNI) recibió una solicitud de información sobre el contenido de S en el aceite de palma. En ese momento, el Programa del Sudeste Asiático (SEAP, por sus siglas en inglés) del IPNI, adelantaba un muestreo de los RFF en la región de Kalimantan (Indonesia), con el objetivo de calcular el rendimiento de aceite de palma crudo (CPO) y del aceite de palmiste de los racimos (Figura 1). Para el presente artículo se analizaron las muestras extraídas de aceite de palma con tres objetivos: primero, determinar el contenido de nutrientes en el CPO obtenido por análisis de racimos (denominado “BA CPO”), lo cual demostrará la porción de nutrientes exportados de los RFF contenidos en el aceite; y segundo, verificar si los sistemas de manejo de fertilizantes en Kalimantan tuvieron alguna influencia sobre el contenido de nutrientes en el BA CPO; y por último, comparar el BA CPO con el CPO de una planta de beneficio industrial para efectos de elaborar un balance de ambos e identificar dónde ocurren las pérdidas de nutrientes durante el proceso de extracción del aceite de palma.

## El proyecto Kalimantan

El proyecto llevado a cabo en Kalimantan validó la hipótesis de que aplicar fertilizantes con más fre-

cuencia, conforme a los cuatro requisitos para el manejo responsable de nutrientes, mejora la eficiencia del uso de nutrientes en suelos arenosos y aumenta los rendimientos. En nuestro proyecto de “mejores prácticas de manejo de nutrientes” (MPMN), comparamos la aplicación de mezclas de fertilizantes que aportan N, P, K, Mg, S y B cuatro veces al año, con la práctica normal de la plantación (PNP), según la cual se aplicaban nutrientes por separado una o dos veces al año (Tabla 1). El proyecto incluyó un tratamiento de tasa reducida de fertilizante equivalente al 80 % de

la tasa total. Se llevaron a cabo cuatro tratamientos con un diseño factorial de dos frecuencias de aplicación (MPNM y PNP) y dos tasas de aplicación (completa y reducida). Además, se replicaron los tratamientos tres veces en bloques de tamaño completo, cada uno de 25 ha. En cada bloque se incorporaron dos lotes de 36 palmas cada uno (de los cuales se documentaron las 16 palmas centrales). Uno de estos lotes fue fertilizado de la misma manera que el resto del bloque, mientras que el otro se conservó sin aplicación de fertilizante.

**Tabla 1.** Prácticas de manejo de nutrientes en el proyecto SEAP del IPNI en Kalimantan.

Tratamiento			MPMN <sup>1</sup>			PNP <sup>2</sup>		
Fuentes de nutrientes <sup>3</sup>	Urea Gr	Ammophos	Kornkali+B	Urea Pr	TSP	MOP	Kieserita	Borato
Contenido de N-P-K-Mg-S-B	46-0-0-0-0-0	16-9-0-0-12-0	0-0-33-4-4-0,8	46-0-0-0-0-0	0-46-0-0-2-0-	0-0-50-0-0-0	0-0-0-26-22-0-	0-0-0-0-0-15
Frecuencia aplicación anual	4	4	4	2	1	2	1	1

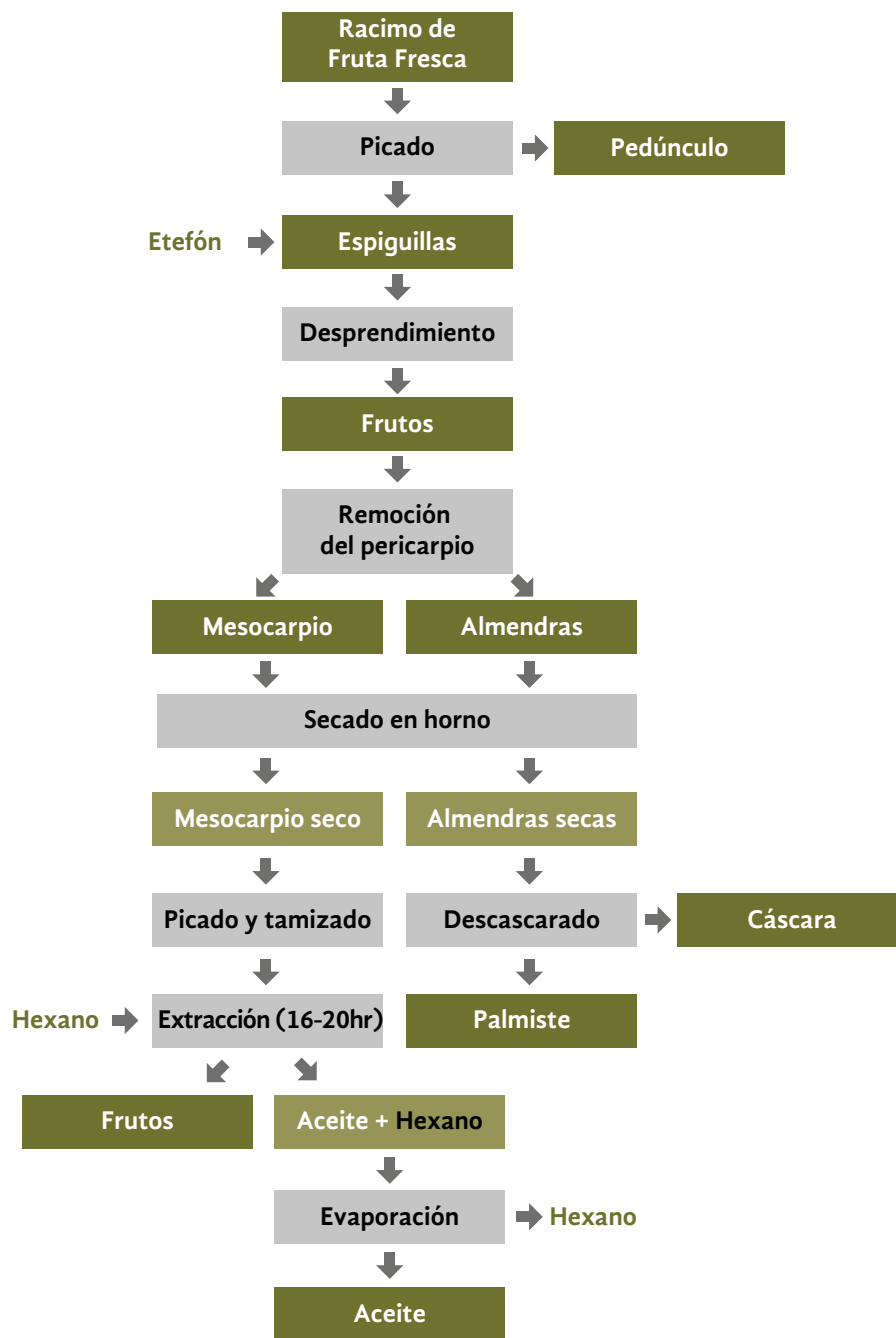
Método de aplicación	Mezclado y aplicado manualmente	Cada tipo aplicado manualmente por separado
Ubicación	Aplicación por voleo alrededor de los platos	La urea y el borato se aplicaron sobre la superficie del suelo dentro de los platos; los otros fertilizantes por voleo fuera de los platos

Tasa aproximada <sup>4</sup> de aplicación anual, kg/ha - Tasas totales <sup>5</sup>							
Nitrógeno, N	150	150					
Fósforo, P	13		12				
Potasio, K	230				230		
Magnesio, Mg	25					26	
Azufre, S	28		<1			34	
Boro, B	2						1

<sup>1</sup>Mejor práctica de manejo de nutrientes; <sup>2</sup>Práctica normal de la plantación; <sup>3</sup>Urea Gr = urea granular, Urea Pr = urea peletizada, tsp = triple superfosfato, mop = muriato de potasio o kcl; <sup>4</sup>Los valores varían ligeramente año a año (menos de +/- 5 %); <sup>5</sup>Tasa total basada en la meta de rendimiento anual del RFF = 21 t/ha, calculada solamente para NPKMg, la tasa de S varía con el tipo de fertilizantes utilizados y la tasa reducida es aproximadamente el 80 % de la tasa total.

**Figura 1.** Procedimiento para el análisis de racimos implementado por IPNI SEAP en Kalimantan, Indonesia.

Fuente: Oberthür *et al.* (2012).



## Análisis de racimos vs. extracción de aceite de palma

El BA CPO se obtiene directamente de los RFF (Figura 1), mientras que el CPO derivado de la planta de beneficio se extrae de tres lotes grandes de RFF (Figura 2). En el proceso de análisis de racimos (AR), estos se procesan estando “frescos”, mientras que en la planta de beneficio el RFF es esterilizado mediante el

uso de vapor a presión. Los racimos en el proceso de AR se pican para separar el pedúnculo de las flechas donde se encuentran las frutas, las cuales son asperjadas con Ethrel (ingrediente activo Etefón o ácido 2-cloroetilfosfónico,  $C_2H_6ClO_3P$ , 21 % P) para acelerar la abscisión de la fruta. Posteriormente las frutas son separadas manualmente de las flechas. Cada muestra de 4-6 kg de AR es asperjada con 250 ml de una solución al 0,05% v/v, de manera que la concentración de P aplicada por muestra es de 4-6 mg/

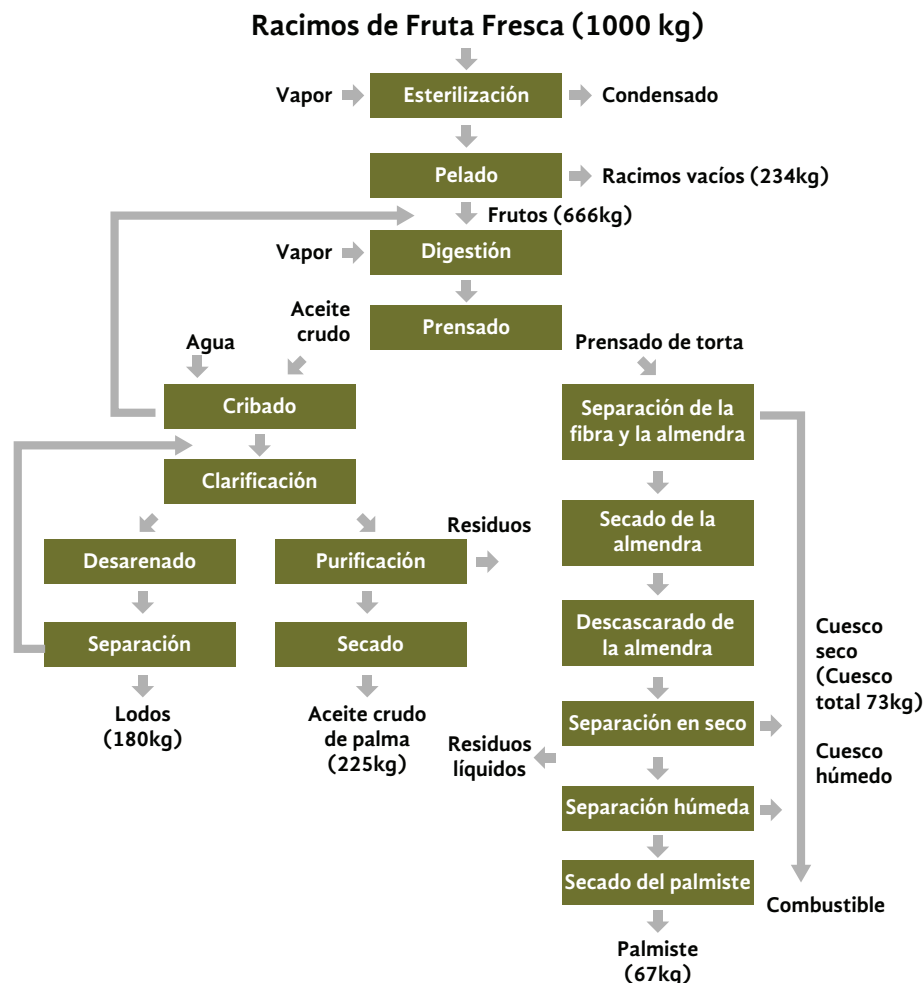
kg. Una muestra contendrá (aproximadamente) los siguientes componentes (expresados en % de materia seca): flechas (13 %) y frutas, las cuales constan de mesocarpio (69 %; con contenido de aceite cercano al 75-80 % del mesocarpio seco); palmiste (10 %); y cuesco (8 %). Se desconoce la distribución del P del Etefón entre los componentes de la muestra, pero es probable que el total de los 4-6 mg/kg de P añadido no esté presente en el aceite extraído. En la planta de beneficio, los RFF son enviados a una trilladora de tambor giratorio que desprende las frutas de los racimos (Figura 2).

En el proceso de AR, el fruto se separa manualmente del mesocarpio (que contiene el CPO) y de la almendra (que contiene el palmiste). El BA CPO se extrae de una muestra del mesocarpio (secado al horno) utilizando un extractor Soxhlet con hexano (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>) como disolvente. En la planta de beneficio, después de la cocción, las frutas se envían a un tambor pelador giratorio y después pasan por un digestor, donde

un proceso adicional de aplicación de vapor debilita el mesocarpio de las almendras. El “digerido” de la fruta es enviado a continuación a una prensa donde se exprime el aceite de la mezcla constituida por agua, fibras de mesocarpio y almendra. El aceite de la prensa (“aceite crudo” en la Figura 2) es el CPO “triturado inicial”, el cual todavía se encuentra mezclado con los sólidos del “digerido”. El CPO “triturado inicial” pasa por un cribado para remover las partículas de mayor tamaño y después se lleva a un tanque de clarificación donde se decantan buena parte de los sólidos remanentes. El CPO, ya más limpio, es tamizado y enviado a una centrifuga para eliminar los sólidos restantes. Luego, este compuesto es secado al vacío. El aceite crudo de palma limpio pasa a un tanque de producción como “CPO extraído”, el cual es llevado más adelante a las plantas refinadoras de aceite de palma. Para desarrollar esta investigación, se obtuvieron muestras de BA CPO y CPO extraído para análisis y comparación.

**Figura 2.** Proceso típico de extracción en una planta que recibe racimos de fruta fresca (RFF, parte superior de la figura) para extraer aceite de palma crudo (CPO, centro izquierda) y palmiste (PK, centro derecha). Los números expresados son de la fuente original y no representan estándar alguno.

Fuente: Siew (2011).



## Nutrientes presentes en el aceite de palma crudo en planta de beneficio y en el aceite crudo de palma de racimo

Las muestras del tanque de producción de la planta de beneficio son representativas para el aceite crudo de palma vendido a refinerías. Los análisis demuestran que solamente se importan unas cantidades reducidas de nutrientes con el CPO en planta (Tabla 2). Los valores para todos los nutrientes presentes en el CPO del análisis de racimo fueron mucho más altos que los valores del CPO de la planta de beneficio, con excepción de Cu (Tabla 2). Es probable que la diferencia se pueda atribuir a los distintos métodos de extracción en la planta de beneficio (prensado mecánico) y en el análisis de racimo (extracción con disolvente). Una diferencia importante es que en la planta de beneficio, los RFF se cocinan a presión antes del prensado, de manera que la pérdida de nutrientes puede darse por su disolución en el condensado del esterilizador (Figura 2). Se menciona que en el análisis de racimos, los RFF no se trataron previamente.

Por otra parte, puede haber pérdidas adicionales de nutrientes después del proceso de prensado en planta, a través del cual el aceite clarificado y sometido a una fase de limpieza que busca remover la suciedad y las impurezas. Así mismo, se pueden presentar pérdidas de nutrientes durante el proceso

de secado. En efecto, el nivel de nutrientes presentes en el CPO procesado en planta de beneficio fue aún más alto que el presente en el BA CPO del análisis de racimo (Tabla 3). Esto se debe probablemente a que en el proceso de AR se utilizaron muestras limpias de mesocarpio de la fruta, mientras que el lixiviado utilizado en el proceso Soxhlet contiene únicamente solutos. A manera de contraste, el CPO obtenido por trituración en planta de beneficio contiene muchos materiales sólidos provenientes del digerido de fruta.

## Influencia del manejo de fertilizantes

La reducción del fertilizante al 80 % de la tasa total de aplicación afectó el contenido de N y Ca en el BA CPO, el cual presentó un incremento (Tabla 4). El BA CPO proveniente de los lotes no fertilizados mostró un contenido significativamente menor de P, K y Mg en comparación con el producto obtenido de los lotes que recibieron los mismos fertilizantes que los bloques (Tabla 5). Esto sugiere que el contenido adicional de P, K y Mg presente en el CPO provino de los fertilizantes añadidos. Adicionalmente, se comprobó que otros nutrientes presentes en los fertilizantes no afectaron el contenido del aceite.

Los resultados para P podrían incrementarse ligeramente en 4-5 % debido a la cantidad de este elemento añadido a través del tratamiento con Etefón, el cual adicionó cerca de 4-6 g/t a las muestras del proceso de AR.

**Tabla 2.** Contenido de nutrientes en el aceite de palma crudo (CPO) derivado del beneficio y del análisis de racimo (BA), (g/t).

Nutriente	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Zn	Cu
CPO en planta <sup>1</sup>	44	18	<10	3	9	11	3	<0,5	<0,5
BA CPO <sup>2</sup>	93	145	20	58	42	37	55	3,0	0,5

<sup>1</sup> Muestras de la planta de beneficio (extracción física por prensado mecánico) tomadas del tanque de aceite de producción después de la clarificación, limpieza y secado. Valores promedio de 3 muestras.

<sup>2</sup> Muestras del proceso de análisis de racimos (extracción con disolventes). Valores promedio de 12 mezclas compuestas.

**Tabla 3.** Contenido de nutrientes en aceite de palma crudo (CPO) de diferentes etapas del beneficio, (g/t).

Nutriente	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Zn	Cu
CPO de planta <sup>1</sup>	44	18	<10	3	9	11	3	<0,5	<0,5
CPO del triturado inicial <sup>2</sup>	853	81	1.103	286	342	144	52	2,0	1,1

<sup>1</sup> Muestras de la planta de beneficio (extracción física en prensas mecánicas), tomadas del tanque de aceite de producción después de clarificación, limpieza y secado. Valores promedio de 3 muestras analizadas por ims (espectrometría de movilidad iónica).

<sup>2</sup> Muestras del tanque de aceite de palma crudo tomadas inmediatamente después del prensado. Los resultados son valores promedio de las determinaciones de dos laboratorios (SRC y A&L), salvo el resultado para N tomado solamente de SRC.

**Tabla 4.** Efecto del manejo de nutrientes sobre el contenido de nutrientes en el aceite de palma crudo determinado por análisis de racimo, (g/t).

Nutriente	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Zn	Cu
Bloques con MPMN <sup>1</sup>	102	145	20	56	40	34	52	2,5	<0,5
Bloques con PEP <sup>2</sup>	85	145	20	60	44	39	58	2,9	<0,5
Bloques con tasas totales	73	142	19	55	36	42	54	3,3	<0,5
Bloques a tasas reducidas <sup>3</sup>	113	148	21	61	48	32	56	2,6	<0,5

<sup>1</sup> Mejor manejo de nutrientes en los fertilizantes = nutrientes mezclados y aplicados 4 veces en el año (es decir, frecuencia elevada para cada nutriente).

<sup>2</sup> Práctica normal de la plantación = nutrientes aplicados de manera individual 1 o 2 veces al año.

<sup>3</sup> 80 % de la tasa total

**Tabla 5.** Contenido de nutrientes en aceite de palma crudo por análisis de racimos con y sin fertilizantes, (g/t).

Nutriente	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Zn	Cu
Lotes fertilizados <sup>1</sup>	79	142	22	61	45	33	55	2,6	0,5
Lotes no fertilizados <sup>2</sup>	77	128	17	50	45	35	57	2,6	0,5

<sup>1</sup> Lote incorporado en cada bloque que recibió el mismo tratamiento de fertilización del resto del bloque.

<sup>2</sup> Lote sin aplicación de fertilizante en cada bloque.

**Tabla 6.** Contenido de nutrientes en los racimos de frutos frescos (RFF) y en el aceite de palma crudo (CPO), derivado del análisis de racimo (BA) (g/t).

Nutriente	N	P	K	Mg	Ca	S
RFF enteros <sup>1</sup>	3,07	0,38	4,84	0,62	0,51	0,28
Proporción en CPO <sup>2</sup>	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01
Proporción en BA CPO en %	0,8	9,5	0,1	2,3	2,1	3,3

<sup>1</sup> Contenido en los racimos enteros, incluido el CPO presente todavía en el mesocarpio. Promedio de los 4 tratamientos

<sup>2</sup> Contenido en el aceite extraído de los racimos enteros (CPO de análisis de racimos), suponiendo un contenido de aceite del 25 % en los RFF.

## Tasa de remoción en plantación

El contenido de N, P, K y Mg en los RFF del proyecto de Kalimantan fue reportado previamente (Donough *et al.*, 2014). Tales resultados se presentan en la Tabla 6, junto con los resultados para Ca y S, los cuales no habían sido publicados anteriormente. Cada tonelada de RFF consumió aproximadamente 3 kg de N; 0,4 kg de P; 3,8 kg de K; 0,6 kg de Mg; 0,5 kg de Ca; y 0,3 kg de S. Tomando como supuesto un rendimiento de 25 t/ha de RFF, esto se traduce en una remoción por hectárea de 75 kg de N; 10 kg de P; 95 kg de K; 15 kg de Mg; 12,5 kg de Ca; y 7,5 kg de S. La proporción de N y K total de RFF contenido en el BA CPO es de <1 %, comparado con casi 10 % de P. En el caso del S, cerca del 3 % está en el BA CPO. La remoción de nutrientes (por hectárea) en el aceite, suponiendo el mismo rendimiento de 25 t/ha de RFF, es apenas de 0,6 kg de N; 0,9 kg de P; 0,1 kg de K; 0,4 kg de Mg; 0,3 kg de Ca; y 0,2 kg de S.

## Conclusiones

Con este trabajo se llena un vacío importante en el conocimiento sobre el manejo de nutrientes en palma de aceite, puesto que arroja claridad sobre el contenido de nutrientes en el CPO.

El CPO obtenido a partir del proceso extracción contiene pocos de los nutrientes vegetales originalmente presentes en la palma de aceite (Tabla 2), lo

cual indica que la mayoría de los nutrientes de los RFF que llegan a las plantas de beneficio deben quedarse en algún punto del sistema de aprovechamiento. Por tanto, reciclar los nutrientes encontrados en plantas de beneficio y devolverlos a las plantaciones es una oportunidad para llevar a cabo la producción de palma de aceite de una manera más eficiente. En los modelos de decisión sobre alternativas de uso de los residuos de la extracción (ej., para generación de energía) se deben tener en cuenta los costos de oportunidad del reciclaje de los nutrientes ante la fluctuación de los precios de los fertilizantes y el combustible.

A través de este estudio se encontró que el contenido de nutrientes en el BA CPO fue más elevado que en el CPO de la planta de beneficio (Tabla 1), probablemente debido a la diferencia entre la extracción mediante prensado mecánico de los racimos enteros y la lixiviación con disolvente. Si bien esta información es útil para efectos de monitoreo a nivel experimental o de plantación, el costoso proceso de extracción por disolvente no es empleado a nivel industrial.

El manejo de los fertilizantes, que en este caso se realizó con diferencias de frecuencia y tasas de aplicación, no tuvo efecto sobre la mayoría de los nutrientes presentes en el CPO extraído. El contenido de N y Ca descendió cuando la tasa de aplicación del fertilizante aumentó de 80 a 100 %. Sin embargo, sin la realización de estudios posteriores no se podrán tener explicaciones claras con respecto a este fenómeno.



Al comparar la aplicación de fertilizantes con la no aplicación, se observó un aumento en los niveles de P, K, y Mg en el CPO, lo cual indica que algunos de los nutrientes aplicados terminaron en el componente de aceite de los RFF.

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a los doctores Jim Beaton y Eric Pedersen de Sulvaris Inc., Canadá, quienes fi-

nanciaron y coordinaron todos los análisis de laboratorio de las muestras de aceite en Canadá. La inspiración para este trabajo fue la oportuna pregunta del Dr. Beaton acerca del contenido de S en el aceite de palma. Las determinaciones de N las realizó el Dr. Renato de Frietas en la Universidad de Saskatchewan. Las muestras de aceite de palma del proyecto SEAP IPNI y las muestras de la planta pt Sungai Rangit fueron recolectadas por el personal del área de investigación de (PT) Sungai Rangit (SR). El proyecto SEAP del IPNI fue una colaboración entre K+S Kali GmbH y PT SR (subsidiaria de PT Sampoerna Agro Tbk).



## Referencias

- Corley, R. H. V. (2009). Where do all the nutrients go? *The Planter*, 85(996), 133-147.
- Donough, C. R., Cahyo, A., Oberthür, T., Ruli, W., Gerendas, J., & Gatot, A. R. (2014). Improving nutrient management of oil palms on sandy soils in Kalimantan using the 4R concept of IPNI. In: *International Oil Palm Conference*. Bali, Indonesia.
- Ng, S. K., & Thamboo, S. (1967). Nutrient contents of oil palm in Malaya. II. Nutrients in vegetative tissues. *Malaysian Agricultural Journal*, 46, 3-45.
- Oberthür, T., Donough, C. R., Indrasuara, K., Dolong, T., & Abdurrohman, G. (2012). Successful Intensification of oil palm plantations with best management practices: Impacts on fresh fruit bunch and oil yield. In: *International Planters Conference*. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Prabowo, N. E., Foster, H. L., & Silalahi, A. J. (2006). Recycling oil palm bunch nutrients. In: *International Oil Palm Conference*. Bali, Indonesia.
- Siew, W. L. (2011). *Palm oil: Edible oil processing*. Accessed on March 2011 from <http://lipidlibrary.aocs.org/OilsFats/content.cfm?ItemNumber=40334>
- Tarmizi, A. M., & Mohd-Tayeb, D. (2006). Nutrient demands of Tenera oil palm planted on inland soils of Malaysia. *Journal of Oil Palm Research*, 18, 204-209.
- Tinker, P. B. H., & Smilde, K. W. (1963). Dry matter production and nutrient content of plantation oil palms in Nigeria. *Plant and Soil*, 19, 350-363.