

Extracción de nutrimentos en racimos de palma híbrida *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (OxG) en la Zona Suroccidental. Estudio preliminar

Álvaro Hernán Rincón Numpaque¹; Jorge Stember Torres Aguas²

Notas del Director

La productividad del cultivo de la palma de aceite está sujeta al suministro de las condiciones agronómicas adecuadas para su crecimiento y desarrollo. Dentro de estas condiciones el manejo nutricional juega un papel fundamental en la sostenibilidad y competitividad del negocio, puesto que altas producciones demandan grandes cantidades de nutrimentos que deben ser proporcionados en la fertilización. Los altos requerimientos nutricionales hacen de la fertilización el rubro más costoso del cultivo, superando en la actualidad el 30 % de los costos variables de producción. Esto hace necesaria la planificación e implementación de programas de manejo nutricional eficientes, ajustados a las condiciones edafoclimáticas de cada zona, la edad del cultivo y el material de siembra.

En este aspecto y debido al avance de la Pudrición del cogollo (PC), las renovaciones con híbridos interespecíficos OxG se han convertido en un recurso importante para mantener la productividad del cultivo en las zonas palmeras. Sin embargo, el conocimiento que se tiene sobre requerimientos nutricionales de estos materiales aún es limitado. Las referencias sobre extracción de nutrimentos para establecer los planes de fertilización vienen de otros países y han sido obtenidas para palma *Elaeis guineensis*, lo cual restringe la prescripción acertada de planes de manejo nutricional acordes a las necesidades de estos nuevos materiales.

Por tal motivo, el Área de Manejo Integrado de Suelos y Aguas de Cenipalma ha iniciado trabajos tendientes a determinar los requerimientos nutricionales de los híbridos OxG. En este documento se presentan avances en torno a la extracción de nutrimentos por la cosecha de algunos de los materiales híbridos comerciales más cultivados actualmente en la Zona Suroccidental. Los resultados servirán como base al desarrollo de nuevas investigaciones, que permitan optimizar el manejo nutricional de estos materiales.

José Ignacio Sanz Scovino, Ph.D.
Director General de Cenipalma

Introducción

La siembra de materiales híbridos OxG en las diferentes zonas palmeras del país ha sido una de las alternativas para mitigar los efectos negativos de la Pudrición del cogollo (PC). Sin embargo, las diferencias morfológicas de los híbridos en relación con las palmas comerciales de *E. guineensis* implican nuevos retos, tanto a nivel económico como tecnológico. Uno de estos aspectos corresponde a las posibles diferencias entre los requerimientos nutricionales de los híbridos y su manejo, para proporcionar las cantidades de nutrimentos requeridos por estos materiales y aprovechar al máximo su potencial productivo.

El manejo nutricional del cultivo de la palma de aceite incluye la integración de diferentes herramientas como la fertilidad de los suelos, la reserva de nutrimentos en la planta, la cantidad de nutrimentos extraídos en la cosecha, la disponibilidad de agua, la estacionalidad climática y el aprovechamiento de los fertilizantes en términos de eficiencia. La extracción de nutrimentos por la cosecha es uno de los principales componentes a considerar en los planes de fertilización. En la actualidad no se cuenta con esta información para los racimos de fruta fresca (RFF) de los materiales híbridos OxG. Los datos disponibles por ahora provienen de estudios realizados en palma *E. guineensis* de países como Malasia, Indonesia, Congo y Costa Rica (Tinker y Smilde, 1962; Ng y Thamboo, 1967; Ng *et al.*, 1999; Acosta, 2009; Fairhurst, 2011, entre otros).

1 Asistente de Investigación. Área de Manejo Integrado de Suelos y Aguas, Cenipalma. arincon@cenipalma.org.

2 Ingeniero Agrónomo. Ph.D. Coordinador del Programa de Agronomía, Cenipalma. jtorresa@cenipalma.org

- Este trabajo proporciona información preliminar de la extracción de nutrimentos por la cosecha de materiales híbridos establecidos en plantaciones comerciales de la Zona Suroccidental. Esta información sirve para establecer una línea base de extracción que ayuda a encaminar los nuevos trabajos de investigación en torno al mejoramiento del manejo nutricional de la palma y permite conocer el comportamiento nutricional de los híbridos *oleifera x guineensis* (OxG) en comparación con los reportes existentes para palma *E. guineensis*.

Metodología

Este trabajo se realizó en la Zona Suroccidental palmera de Colombia, localizada principalmente en el municipio de Tumaco (Nariño), entre 1°21'0,72" y 1°39'9,72" Latitud Norte y 78°29'57,12" y 78°51'33,84" Longitud Oeste, con una altitud entre 15 y 130 metros sobre el nivel del mar. La zona se encuentra en condiciones de bosque húmedo y muy húmedo tropical, con temperatura media anual de 28 °C, humedad relativa de 81,3 % y precipitación media anual entre 2.900 y 4.206 mm (IDEAM, 2012).

Para cuantificar la cantidad de nutrimentos extraídos por la cosecha, se tomaron nueve racimos al azar de híbridos OxG de tres orígenes: Oleifera x Djongo, Coari x La Mé y Amazon con edades entre cuatro y seis años en lotes comerciales de plantación establecidos en suelos de piedemonte y lomerío, en los cuales se encuentra la mayor parte de los cultivos de híbridos OxG de la zona. Se seleccionaron racimos bien conformados y sanos, en estadio fenológico 807, de acuerdo con la escala fenológica definida por Romero *et al.*, (2009). Se realizó

análisis de los racimos y se cuantificó el potencial de extracción de aceite con soxhlet, siguiendo la metodología descrita por Prada y Romero (2012).

De cada racimo se tomaron muestras del pedúnculo, mesocarpio, cuesco, almendra y raquillas. Las muestras colectadas fueron sometidas a análisis químicos completos, con determinaciones de N por digestión Kjeldah, P y B por colorimetría; Ca, Mg, K, Mg, Cu, Mn, Zn y Fe por absorción atómica. Con los resultados obtenidos de los análisis de racimos se hallaron las proporciones a racimo de cada uno de sus componentes y los contenidos de materia seca por kg de RFF producido. Complementario a lo anterior, con los resultados de los análisis químicos se determinaron las cantidades de nutrimentos extraídos en kg de nutrimento por tonelada de racimos de fruta fresca (kg* t RFF⁻¹). Estos resultados fueron cotejados con la información proveniente de estudios realizados en otros países en evaluaciones similares.

Resultados y discusión

Los resultados del análisis de racimos realizados a cada material se presentan en la Tabla 1. El peso medio de los racimos fluctuó entre 9,2 kg y 11,6 kg. Así mismo, la proporción de frutos partenocárpicos a racimo varió entre 31,8 y 34,6 %, siendo mayor la de frutos normales, que varió entre 22,4 y 34,3 %. Los demás parámetros considerados en el análisis presentaron variaciones que determinaron potenciales de extracción entre 18,1 y 26,2 %, valores que difieren de los reportados por Rincón *et al.*, (2013), quienes encontraron contenidos de aceite en racimo entre 21,1 y 21,6 % con desviaciones estándar que no superaron el 3,6 %. Estas diferencias

Tabla 1. Análisis de racimos de tres materiales híbridos OxG.

Material	PMR (kg)	Frutos normales				Frutos partenocárpicos			ARt (%)
		AMFfn (%)	MF (%)	FNR (%)	ARfn (%)	AMFfp (%)	FPR (%)	ARfp (%)	
Amazon	9,2 ± 1,3	56,4 ± 2,2	83,5 ± 4,1	22,4 ± 6,3	10,9 ± 3,4	46 ± 6,9	33 ± 7,4	15,3 ± 5	26,2 ± 3,5
Coari x La Mé	11 ± 2,2	48,3 ± 5	70,7 ± 6	34,3 ± 16,4	12,5 ± 7,3	26,8 ± 9,5	31,8 ± 9,9	7,9 ± 0,3	20,5 ± 7,5
O x Djongo	11,6 ± 4,1	47 ± 6,4	75,8 ± 1,8	27,4 ± 21,9	9,7 ± 8	25,1 ± 9,8	34,6 ± 10,9	8,4 ± 4,1	18,1 ± 6

* PMR: peso medio del racimo; AMFfn: aceite a mesocarpio fresco de frutos normales; MF: mesocarpio a fruto; FNR: frutos normales a racimo; ARfn: aceite a racimo de frutos normales; AMFfp: aceite a mesocarpio fresco de frutos partenocárpicos; FPR: frutos partenocárpicos a racimo; ARfp: aceite a racimo de frutos partenocárpicos; ARt: aceite a racimo total.

en los contenidos de aceite, así como la composición de los racimos, pudieron estar influenciadas por diversos factores dentro de los que se encuentra la polinización asistida, que determina en gran parte la formación de frutos normales.

Con respecto a proporciones a racimo de cada componente y su distribución de materia seca, en la Tabla 2 se puede observar que el mesocarpio se presenta en proporciones mayores a 0,5 a racimo, es decir, que más de la mitad del peso del racimo fresco corresponde a este componente. La mayor participación de los frutos partenocárpicos afectó la proporción de almendra y el cuesco, que fueron menores a 0,04 y 0,06 respectivamente, también menores a los reportados por Rincón *et al.*, (2013) para híbridos Coari x La Mé. Así mismo, la proporción de las raquillas a racimo es más alta, alcanzando valores mayores a 0,23, que difieren de los obtenidos por Tarmizi y Mohd (2006) en palmas dura y tenera. En este sentido, la polinización asistida juega un papel fundamental en la conformación del racimo, ya que de ella depende la mayor formación de frutos normales, condición deseable para la producción de aceite en híbridos OxG (Rincón *et al.*, 2013).

Las relaciones mencionadas de cada componente a racimo, en conjunto con su correspondiente porcentaje de materia seca, permitieron determinar la producción de materia seca por kg de racimo de fruta fresca (RFF), encontrando que el mesocarpio y las raquillas contienen la mayor cantidad, con valores que oscilan entre 0,08 y 0,11 kg MS*kg RFF⁻¹, siendo más altos en el híbrido Coari x La Mé.

Distribución de los nutrimentos en tejidos

Los análisis de tejidos (Tabla 3) muestran que la distribución de nutrimentos es variable entre los materiales híbridos. En este sentido, el híbrido O x Djongo presentó en el mesocarpio los contenidos más altos de todos los macronutrimentos evaluados. Por otra parte, se observaron variaciones en los contenidos de nutrimentos entre los diferentes componentes del racimo. Así, nitrógeno, magnesio y azufre se encuentran en mayor medida en las almendras y mesocarpio, ya que su función es estructural formando compuestos orgánicos como proteínas y clorofila, además de actuar en algunos casos como activadores enzimáticos de importancia en la producción de ácidos grasos.

El potasio se presentó en mayor cantidad en los pedúnculos, donde los contenidos oscilaron entre 5,13 y 6,24 %. Esto puede estar ligado a su papel en la translocación de los fotoasimilados entre las hojas y los racimos. Por otra parte, concentraciones altas de fósforo se presentan principalmente en las almendras, con valores que fluctúan entre 0,36 y 0,49 %. El calcio y el magnesio se encuentran en relación 1:1, en rangos comprendidos entre 0,04 y 0,38 % para el calcio y 0,01 a 0,38 % para el magnesio, resultados similares a los reportados por Goh y Hardter (2012).

Con respecto a los micronutrimentos, los contenidos de boro fueron más altos en el mesocarpio, pedúnculo y raquillas. El hierro presentó contenidos superiores a 100 mg/kg en todas las estructuras, sobresaliendo el contenido de 599 mg/kg en el cuesco del híbrido

Tabla 2. Contenidos de materia seca en racimos de palma híbrida.

Componente del racimo	Proporción a racimo			% MS			kg MS/kg RFF		
	Coari x La Mé	Amazon	O x Djongo	Coari x La Mé	Amazon	O x Djongo	Coari x La Mé	Amazon	O x Djongo
Mesocarpio	0,57 ± 0,04	0,52 ± 0,02	0,55 ± 0,08	18,97 ± 6,07	17,5 ± 1,37	14,94 ± 1,18	0,11 ± 0,04	0,09 ± 0,01	0,08 ± 0,02
Cuesco	0,06 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02	78,7 ± 2,87	77,06 ± 1,32	75,17 ± 1,22	0,05 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,02
Almendra	0,04 ± 0,02	0,01 ± 0	0,03 ± 0,04	71,76 ± 2,49	71,55 ± 2,17	70,21 ± 2,51	0,03 ± 0,02	0,01 ± 0	0,02 ± 0,02
Pedúnculo	0,11 ± 0,02	0,09 ± 0	0,08 ± 0,01	21,71 ± 4,75	23,6 ± 2,38	26,74 ± 7,95	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0	0,02 ± 0,01
Raquillas	0,23 ± 0,07	0,36 ± 0,02	0,3 ± 0,13	34,8 ± 4,6	30,64 ± 4,74	34,09 ± 2,21	0,08 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,1 ± 0,04

MS: materia seca.

Tabla 3. Distribución de macronutrientes en racimos de híbridos OxG.

Material	Componente	N	P	K	Ca	Mg	S
		%					
Coari x La Mé	Mesocarpio	1,42 ± 0,33	0,19 ± 0,01	0,69 ± 0,06	0,31 ± 0,12	0,38 ± 0,16	0,28 ± 0,06
	Cuesco	0,32 ± 0,06	0,02 ± 0,01	0,14 ± 0,03	0,04 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,07 ± 0,04
	Almendra	1,82 ± 0,11	0,49 ± 0,09	0,61 ± 0,08	0,17 ± 0,01	0,18 ± 0,02	0,17 ± 0,01
	Pedúnculo	0,85 ± 0,21	0,12 ± 0,07	6,24 ± 2,27	0,18 ± 0,05	0,12 ± 0,04	0,1 ± 0,03
	Raquilas	0,8 ± 0,08	0,1 ± 0,02	1,49 ± 0,27	0,27 ± 0,12	0,15 ± 0,04	0,11 ± 0,01
Amazon	Mesocarpio	1,67 ± 0,13	0,17 ± 0,01	0,81 ± 0,09	0,22 ± 0,07	0,22 ± 0,03	0,25 ± 0
	Cuesco	0,37 ± 0,03	0,04 ± 0,02	0,15 ± 0,05	0,06 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,08 ± 0,02
	Almendra	1,85 ± 0,2	0,36 ± 0,18	0,66 ± 0,08	0,17 ± 0,02	0,2 ± 0,02	0,18 ± 0,02
	Pedúnculo	0,97 ± 0,18	0,12 ± 0,02	5,13 ± 1,43	0,22 ± 0,08	0,15 ± 0,05	0,09 ± 0,03
	Raquilas	0,9 ± 0,15	0,11 ± 0,03	1,6 ± 0,37	0,31 ± 0,14	0,23 ± 0,06	0,12 ± 0,04
O x Djongo	Mesocarpio	1,89 ± 0,25	0,16 ± 0	1,08 ± 0,24	0,58 ± 0,21	0,56 ± 0,1	0,33 ± 0,04
	Cuesco	0,34 ± 0,02	0,02 ± 0	0,17 ± 0,04	0,04 ± 0,01	0,01 ± 0	0,07 ± 0,01
	Almendra	2,01 ± 0,16	0,45 ± 0,08	0,68 ± 0,12	0,18 ± 0,02	0,19 ± 0,02	0,17 ± 0,01
	Pedúnculo	0,99 ± 0,19	0,08 ± 0,01	5,16 ± 0,52	0,38 ± 0,05	0,16 ± 0,06	0,08 ± 0,03
	Raquilas	0,93 ± 0,1	0,09 ± 0,01	1,27 ± 0,45	0,36 ± 0,07	0,16 ± 0,02	0,12 ± 0,02

O x Djongo. Por otra parte, el cobre, al igual que el nitrógeno y el azufre, se dan en mayores cantidades en el mesocarpio y en la almendra. De acuerdo con Goh y Hardter (2012) una de las funciones del cobre es contribuir al metabolismo de nitrógeno y a la síntesis de proteínas en palma de aceite. El zinc y el manganeso son más abundantes en las almendras y raquillas de los tres materiales (Tabla 4).

Con los datos referidos anteriormente, se estimaron las extracciones de nutrientes por tonelada de RFF (Tabla 5). En general, se puede observar que el potasio es el nutriente más extraído por la cosecha, siendo hasta 1,3 veces mayor que el nitrógeno extraído en los tres materiales. En síntesis, los macronutrientes son extraídos en el siguiente orden $K > N > Ca > Mg > S > P$. Comparando estos resultados con los obtenidos por diferentes

autores (Tabla 6), se puede observar que las cantidades de nutrientes extraídas por el híbrido en la cosecha son similares a las reportadas para los materiales de palma tipo dura.

En cuanto a los micronutrientes, las referencias sobre extracción en cosecha son pocas. Sin embargo, los resultados de la Tabla 7 muestran que las mayores extracciones en los híbridos se dieron para el caso del hierro en los tres materiales, con valores entre 34,88 y 37,77 g/t RFF, seguido por el manganeso con valores entre 15,04 y 19,79 g/t RFF, manteniendo una relación aproximada de 2:1 entre estos elementos. Estos valores son superiores a lo reportado por diferentes autores (Tabla 7). Por otra parte, el boro y el cobre presentaron las menores extracciones, con valores que oscilan entre 2,05 y 2,79 g/t RFF y 4,51 y 5,26 g/t RFF

Tabla 4. Distribución de micronutrientos en racimos de híbridos O x G.

Material	Componente	B	Fe	Cu	Mn	Zn
		mg*kg-1				
Coari x La Mé	Mesocarpio	8,6 ± 2,9	119,6 ± 38	30,1 ± 14,7	24,6 ± 21,8	14 ± 2,5
	Cuesco	1,7 ± 1	103,6 ± 16,5	10,1 ± 4,1	18,1 ± 10,4	6,5 ± 2
	Almendra	2,5 ± 0,9	112,7 ± 28,4	21,6 ± 2,6	129,5 ± 67,6	35,7 ± 3,5
	Pedúnculo	10,4 ± 0,9	274,5 ± 165	10,5 ± 1,6	21,8 ± 16,2	19,6 ± 6,2
	Raquilas	9,7 ± 1,4	95,3 ± 11,8	12,9 ± 1,2	91,6 ± 61,1	22,8 ± 4
Amazon	Mesocarpio	9,7 ± 0,8	130,5 ± 14,8	22,2 ± 3	63,7 ± 56,5	15,1 ± 3,1
	Cuesco	2,2 ± 0,7	178,6 ± 51	8,4 ± 1,5	15,4 ± 3,9	8,7 ± 1,7
	Almendra	3 ± 1,6	113,3 ± 14,8	19,3 ± 1,2	158,6 ± 36,3	36,2 ± 2,6
	Pedúnculo	11,5 ± 0,9	157,1 ± 46,7	14,3 ± 4,5	12,5 ± 1,6	17,4 ± 2
	Raquilas	15,3 ± 5,6	160,1 ± 30,2	17,4 ± 3,4	117 ± 91,6	36,2 ± 12,5
O x Djongo	Mesocarpio	11,5 ± 0,5	126,6 ± 10,9	34,9 ± 5,4	13,7 ± 8,2	16,1 ± 1,8
	Cuesco	1,2 ± 0,5	599,1 ± 296,2	8,5 ± 0,1	12,3 ± 1,7	5,9 ± 0,5
	Almendra	2,6 ± 1,2	134,6 ± 74	19,9 ± 0,8	146,1 ± 22,3	34,8 ± 2,3
	Pedúnculo	9,8 ± 3,6	99,8 ± 4,3	9,6 ± 2,2	20,7 ± 11,3	17,4 ± 3,4
	Raquilas	8,5 ± 1,3	103,3 ± 6,3	13 ± 6,7	100,1 ± 15,1	28,2 ± 4

Tabla 5. Extracción de macronutrientos en la cosecha de híbridos O x G.

Material	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg* t RFF ⁻¹					
Coari x La Mé	2,92 ± 0,31	0,44 ± 0,07	3,53 ± 0,16	0,64 ± 0,18	0,58 ± 0,02	0,48 ± 0,03
Amazon	2,91 ± 0,2	0,34 ± 0,01	3,66 ± 0,74	0,61 ± 0,17	0,49 ± 0,05	0,41 ± 0,01
O x Djongo	3,31 ± 0,36	0,35 ± 0,07	3,44 ± 0,78	1 ± 0,12	0,72 ± 0,12	0,47 ± 0,05

Tabla 6. Contenido de nutrientes en racimos de fruta fresca de palmas tenera y dura.

Palma	Fuente	N	P	K	Ca	Mg
		kg* t RFF				
Tenera	Fairhust (2011)	3,60	0,68	5,33	.	0,88
	Acosta (2009)	3,39	0,55	3,49	1,31	0,72
	Tarmizi y Tayeb (2006)	3,10	0,37	3,92	.	0,68

Continuación Tabla 6. Contenido de nutrimentos en racimos de fruta fresca de palmas tenera y dura.

Palma	Fuente	N	P	K	Ca	Mg
		kg*† RFF				
Tenera	Tarmizi <i>et al.</i> , (2004)	3,87	0,40	5,57	.	0,73
	Tarmizi <i>et al.</i> , (1992)	3,30	0,23	3,33	.	0,67
	Henson (1999)	4,56	0,60	5,96	1,32	1,28
	Ng <i>et al.</i> , (1999)*	3,30	0,52	4,30	.	1,11
	Ng <i>et al.</i> , (1999)**	4,85	0,64	8,25	.	1,48
	Pushparajah and Chew (1998)	2,92	0,20	3,10	0,56	0,50
	Wilboux (1937)	4,50	0,76	4,50	0,70	0,65
Dura	Fairhust (2011)	2,95	0,44	3,71	.	0,77
	Acosta (2009)	2,90	0,46	3,70	0,77	0,82
	Chan (1992)	2,92	0,46	3,72	0,80	0,84
	Ng (1977)	2,93	0,46	3,74	.	0,83
	Ng y Thamboo (1967)	2,94	0,44	3,71	0,77	0,81
	Tinker y Smilde (1963)	2,80	0,58	3,30	0,50	0,43
	Ferwerda (1962)	2,90	0,46	3,00	0,46	0,38

* Solo extracción en la cosecha.

**Incluye extracción de inflorescencias masculinas y nutrimentos inmovilizados en otras estructuras.

Tabla 7. Extracción de micronutrimentos en la cosecha de materiales híbridos OxG vs contenidos de micronutrimentos en palmas *E. guineensis*.

Origen	B	Fe	Cu	Mn	Zn
	g* † RFF ⁻¹				
Coari x La Mé	2,05 ± 0,27	34,88 ± 4,64	5,26 ± 0,66	15,04 ± 7,55	5,1 ± 0,49
Amazon	2,79 ± 0,37	36,63 ± 3,53	4,51 ± 0,31	19,79 ± 4,27	6 ± 0,98
O x Djongo	2,12 ± 0,46	37,77 ± 5,89	5,18 ± 0,78	16,15 ± 1,54	5,45 ± 0,57
Goh y Hardter (2012) (tenera)	2,36	25,00	5,00	16,60	-
Acosta (2009) (tenera)	4,90	21,70	6,40	8,30	17,50
Ng y Thamboo (1967) (dura)	2,15	2,47	4,76	1,51	4,93

respectivamente, siendo similares a lo reportado por Ng y Thamboo (1967), y Goh y Hardter (2012) para materiales dura y tenera respectivamente. La extracción de los micronutrientes se presentó en el orden Fe>Mn>Zn>Cu>B, que coincide con lo reportado por Ng (1972) para palmas tenera entre 3 y 13 años de edad. En general, debido a que estos elementos, con excepción del boro, no se aplican normalmente en los planes nutricionales, su disponibilidad y absorción en el cultivo es determinada por las condiciones edafoclimáticas de la zona en estudio. Considerando esto, es normal que los contenidos de Fe y Mn sean más altos en las condiciones de la Zona Suroccidental debido a que actualmente la mayor parte del área cultivada con híbridos OxG corresponde a suelos viejos ácidos, principalmente ultisoles altamente intemperados y ricos en estos elementos.

Conclusiones y proyecciones

Si bien existen diferencias en la morfología y constitución de los racimos de híbridos OxG en comparación con los materiales *E. guineensis*, los niveles de extracción de los macronutrientes por cada tonelada de RFF fueron similares a los obtenidos en palmas tipo dura documentados en diferentes estudios. La extracción de micronutrientes en los racimos fue más variable, condicionada probablemente por las condiciones de suelo de la zona ya que el aporte de estos elementos en la fertilización es muy restringido.

Como proyecciones de este trabajo se ha considerado continuar con la medición de la toma de nutrientes en cosecha, tanto en materiales híbridos como *E. guineensis* en condiciones del trópico colombiano. Así mismo, se pretende realizar nuevos estudios encaminados a cuantificar la retención de nutrientes en estructuras como las inflorescencias masculinas y la inmovilización de los mismos en estípites y hojas de poda, con el fin de contar con herramientas adicionales para la prescripción adecuada de los programas nutricionales en palma de aceite híbrida.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a las plantaciones Astorga S.A., Oleaginosas Salamanca y al Grupo Central Manigua por su colaboración en el desarrollo de este trabajo y al Fondo de Fomento Palmero,

administrado por Fedepalma, por el apoyo financiero para la ejecución de las investigaciones.

Bibliografía

- ACOSTA, A., 2009. Manejo Integrado de la nutrición de la palma de aceite; experiencias en América Tropical. *Palmas*, 31 (Especial. Tomo I.), pp. 178-190.
- CHAN, K., 1992. *The manuring of oil palm Elaeis guineensis* Jacq.: *The advances in fertilizer efficiency and their effects on yield and costs*. Belgium: Ph.D. thesis submitted to the Faculty of Agricultural Sciences, University of Ghent.
- FAIRHURST, T., 2011. Nutrición de los cultivos y material de plantación: dos factores clave para el máximo rendimiento. *Revista Palmas Vol. 31 Número especial Tomo 1.*, 31 (Especial Tomo 1.), pp. 219-224.
- FERWERDA, J., 1962. Die Olpalme. *Tropische und subtropische Weltwirtschaftspflanzen. II. Olpflanzen.*, p. 309.
- FORERO, D. y otros, 2012. *Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite*. 2 ed. Bogotá D.C. Colombia: Cenipalma.
- GOH, K. & HARDTER, R., 2012. General oil palm nutrition. En: T. A. H. R. FAIRHURST, ed. *Oil palm: management for large and sustainable yields*. s.l.:PPI/PPIC and IPI, pp. 191-230.
- GOH, K., HARDTER, R. & FAIRHURST, T., 2012. Fertilizing for maximum return. En: T. A. H. R. FAIRHURST, ed. *Oil Palm: management for large and sustainable yields*. s.l.:PPI/PPIC and IPI, pp. 279-306.
- HENSON, I., 1999. Comparative ecophysiology of oil palm and tropical rainforest. En: S. e. a. e. Gurmit, ed. *Oil palm and the environment: A malaysian perspective*. Kuala Lumpur: Malaysian Oil Palm Growers' Council (MOPGC), pp. 9-39.
- NG, S., 1972. *The Oil Palm: Its culture, manuring and utilization*. Paris: IPI.
- NG, S., 1977. Review of oil palm nutrient and manuring: Scope for greater economy in fertilizer usage. *Oleagineux Vol. 32.*, Volumen 32, pp. 197-209.

- ● ● NG, S., CHEW, P., GOH, K. & KEE, K., 1999. Nutrient requirements and sustainability in mature oil palms: an assesment. *The planter*, Volumen 75, pp. 331-345.
- NG, S. & THAMBOO, S., 1967. Nutrient contents of oil palms in Malaya. I. Nutrients required for reproduction: fruit bunch and male inflorescences. *The Malaysian Agricultural Journal*, Volumen 46, pp. 3-45.
- PRADA, F. & ROMERO, M., 2012. *Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite*. Bogotá D.C. Colombia: Cenipalma.
- PUSHPARAJAH, E. & CHEW, P., 1998. Integrated nutrients management for sustaining high yields of plantation tree crop in tropical Asia. En: J. Shamsudin & I. Fauziah, edits. *Proceedings of soil Science Conference of Malaysia*. Serdang Selangor: MSSS, pp. 94-116.
- RINCÓN, S. y otros, 2013. Use of phenological stages of the fruits and physicochemical characteristics of the oil to determine the optimal harvest time of oil palm interspecific OxG hybrid fruits. *Industrial Crops and Products*, Issue 49, pp. 204-210.
- TARMIZI, A. & MOHD TAYEB, D., 2006. Nutrient demands of tenera oil palm planted on inland soils of Malaysia. *Journal of oil palm research*, Volumen 18, pp. 204-209.
- TARMIZI, A., MOHD TAYEB, D. & HAMDAN, A., 2004. Oil palm nutrient requirements. En: P. e. a. e. CHEW, ed. *Proceedings of MOSTA best practices workshops 2004: Agronomy and crop management*. Petaling Jaya, Selangor: MOSTA, pp. 221-234.
- TARMIZI, A., MOHD TAYEB, D. & ZIN, Z., 1992. Maximum yield of oil palm in peninsular Malaysia: yield response and efficiency of nutrient recovery. En: *Proceedings of the international society of oil palm breeding*. Phuket: s.n., pp. 145-153.
- TINKER, P. & SMILDE, K., 1963. Drymatter production and nutrient content of plantation oil palms in Nigeria. II. Nutrient content. *Plant and Soil*, Volumen 19, p. 350-363.
- WILBAUX, R., 1937. Les besoins du palmier huile en matieres nutritives. *Bulletin Agricole Congo Beige* 28, Volumen 28, pp. 574-586.



Director general: Jose Ignacio Sanz Scovino, Ph.D.
Revisión de textos: Comité de Publicaciones de Cenipalma
Coordinación editorial: Yolanda Moreno Muñoz - Esteban Mantilla
Diseño y diagramación: Ximena Díaz Ortiz
Impresión: Javegraf

Esta publicación contó con el apoyo de Fedepalma
Fondo de Fomento Palmero