

CURVA DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES PARA LA ETAPA DE VIVERO DE TRES MATERIALES DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Floria Ramírez¹ y Federico Muñoz¹

¹ Unidad de Investigación de Palma Tica S.A., Costa Rica. Correo electrónico: framirez@numar.net

INTRODUCCION

Los viveros de palma aceitera deben llevar las mejores prácticas, para asegurar la producción de plantas sanas, vigorosas y uniformes para la siembra en campo (Hong, 1992). Al revisar la literatura de palma aceitera, el tema de la nutrición de los viveros merece pocos párrafos con recomendaciones generales, en las que usualmente se sugiere el uso de fórmulas químicas al suelo y ocasionales aplicaciones foliares. Normalmente, se aclara que el tipo de suelo utilizado condiciona el fertilizante requerido, pero que el N es el elemento primordial (Corley y Tinker 2003). Como bien menciona Hong (1992), la mayor parte de las plantaciones recomiendan programas muy similares con aplicaciones de fórmula completas (N-P-K-Mg), distanciadas cada 15 días o cada mes (Strohbusch 1968; Quencez 1982; Duckett 1989; Chinchilla y Richardson 1991; Rankine y Fairhurst 1998; Gillbanks 2003).

En 1968, Strohbusch mencionaba que se genera una cantidad importante de información sobre los requisitos nutricionales de la palma adulta, pero que prácticamente se desconoce el requisito de la etapa de vivero. Esta afirmación parece estar vigente (Gilan 2002), salvo por el aporte de Hew y Toh (1973) y Hong en 1992 (**Tabla 1**). El requisito nutricional cambia con la etapa de crecimiento de las plántulas (Hew y Toh 1973), pero no se tiene más detalle que el anterior (**Tabla 1**). Algunas razones por las cuales hay tan poca información generada en cuanto a los requisitos nutricionales de los viveros de palma son: el poco consumo de fertilizante, comparado con la palma adulta; la disponibilidad de diversos programas de fertilización comerciales y la falta de claridad en los estándares de crecimiento para evaluar la respuesta a la fertilización (Hew y Toh 1973).

Tabla 1. Materia seca total y requisitos nutricionales de palmas de vivero reportados en la literatura.

Referencia	Meses	g/palma					
		Materia seca	N	P	K	Mg	Ca
Hew y Toh, 1973	8	122	2,2	0,3	1,9	0,3	0,3
Hong, 1992	10	360	6,6	0,5	2,7	1,1	-
Hew y Toh, 1973	14	455	5,2	0,9	6,0	1,1	1,1

Bomers (1973) recopiló algunos resultados de experimentos de fertilización en viveros de Unilever Plantation Group, en los que destacan las siguientes observaciones: los fosfatos amónicos (DAP, MAP) suplen adecuadamente el crecimiento hasta los 6-8 meses (N y P son los más importantes); las palmas de vivero requieren cantidades muy modestas de nutrimentos; se observó mejor respuesta a dosis pequeñas pero frecuentes; y el exceso de abono puede causar daño (altas dosis de N y K asociadas a deficiencia de Mg, mortalidad por exceso de N?).

En el caso de ASD (Costa Rica), el continuo mejoramiento de los materiales de palma aceitera ha llevado a la introducción de variedades comerciales altamente precoces y productivas, como Deli x Ghana y Deli x Nigeria. Antes del 2001, Deli x AVROS y Deli x Ekona eran las predominantes (Alvarado y colaboradores 2010). Es probable que este aumento en precocidad y rendimiento vaya acompañado por una mayor demanda de nutrientes en todas las etapas de desarrollo del cultivo.

Las curvas de absorción de nutrimentos constituyen una herramienta valiosa para determinar el consumo de nutrimentos de un cultivo a lo largo de su ciclo de vida. La representación gráfica de la extracción de un nutriente permite estimar la dosis total de nutriente requerida; además, se logra identificar los momentos (etapas fenológicas) más oportunos para realizar la aplicación, y por lo tanto, favorece la disminución de las dosis al aumentar la precisión (Bertsch y Ramírez 1997). El procedimiento básico consiste en la selección de individuos en condiciones óptimas para la etapa fenológica de la variedad estudiada. El método es destructivo: las plantas se miden (morfología) o asocian a un rendimiento dado; se seccionan por tejidos de interés, y se determina el peso fresco y seco de las secciones. El material seco se muele y se determina el contenido total de nutrimentos. Finalmente, con el peso seco y la concentración de elementos se calcula el consumo de nutrimentos por planta/tejido para cada etapa estudiada (Bertsch 2003).

El objetivo de este trabajo fue determinar el consumo de nutrimentos de tres materiales comerciales de palma aceitera en 7 momentos de la etapa de vivero, comprendida entre la salida de previvero y la siembra en campo (12 meses). Otro objetivo fue establecer parámetros de crecimiento en vivero para los tres materiales de palma.

MATERIALES Y METODOS

Las evaluaciones se llevaron a cabo en la Compañía Palma Tica, S.A ubicada en distrito Corredor, Cantón Corredores de la provincia de Puntarenas, Costa Rica.

En mayo del 2009 se sembraron en Jiffy® (potes de turba prensada; **Figura 3 a.**) varios lotes de semilla comercial de los materiales Deli x LaMé (De x LaMé), Deli x Ghana (De x Gha) y Deli x Nigeria (De x Ng). La etapa de previvero transcurrió de acuerdo a las prácticas comerciales (riego, adición de solución de DAP). Al final de la etapa de previvero (82 días después de la siembra - DDS -) se seleccionaron 150 plantas de cada material. Con base al criterio de los viveristas estas eran un lote homogéneo y en condiciones óptimas para el trasplante a vivero.

Las plantas se sembraron en bolsas de 40 x 53 cm, las cuales se distanciaron cada metro (1 m). Las plantas se identificaron del 1 al 450; y se agruparon en 3 bloques (por material). El suelo utilizado presentó una alta saturación de bases, típica de los aluviones del Pacífico Sur. Las relaciones de bases, estaban desequilibradas por la alta cantidad de Ca (**Tabla 2**).

Tabla 2. Análisis del suelo utilizado para la etapa de vivero. *Solución extractora Mehlich III.*

pH	cmol+/l					mg/l					
	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	P	Zn	Cu	Fe	Mn	S
6,7	0,16	33	3,5	0,18	37	13	2,8	25	239	168	4

Se aplicó el programa de fertilización de vivero comercial (**Tabla 3**), el cual tiene un importante aporte de K que corrige los desequilibrios naturales del suelo.

Se realizaron 7 muestreos a lo largo de la etapa de vivero, con base al crecimiento observado en viveros anteriores de materiales De x AVROS y De x Ghana (82- 149 - 210 - 268 - 298 - 335 - 363 DDS). Durante estos muestreos se practicó una medida de crecimiento a todas las plantas: diámetro de bulbo, número total de hojas, número de hojas emitidas entre evaluaciones; en la hoja 1 se midió la sección transversal del pecíolo (PxS) y largo de raquis. Se digitó la información y se seleccionó el número de plantas necesarias (**Tabla 4**) para la determinación de peso seco y análisis químico. Las plantas seleccionadas tenían el número de hojas totales, el diámetro del bulbo y el PxS dentro del ámbito comprendido entre el cuartil¹ inferior (25%) y cuartil superior (75%) de la población medida; de ahí la importancia de identificar cada planta con un número único. Las plantas se lavaron

¹ Puntos que dividen un conjunto de datos numéricamente ordenados en cuatro partes iguales.

cuidadosamente (**Figura 3 b.**) y a partir del segundo muestreo se separaron en parte aérea y raíces. Las plantas deben de quedar libres de suelo, ya que este puede alterar la concentración de nutrimentos determinada (**Figura 3 c. y d.**), esto se evidencia como altas concentraciones de hierro.

Tabla 3. Fertilizante aplicado mensualmente en cada etapa de vivero (gramos de elemento puro por planta).

DDS	N	P	K	Mg	S	B
90	0,60	0,15	1,00	0,10	0,20	0,03
120	1,91	0,48	3,19	0,32	0,65	0,10
150	1,31	0,33	4,35	1,54	3,09	0,07
180	1,43	0,36	5,09	1,89	3,79	0,07
210	1,79	0,45	5,69	1,95	3,91	0,09
240	2,15	0,53	6,83	2,34	4,69	0,11
270	2,15	0,53	7,19	2,56	5,13	0,11
300	2,38	0,59	7,59	2,60	5,21	0,12
330	2,98	0,74	9,49	3,25	6,51	0,15
360	6,56	1,63	10,97	1,09	2,23	0,33
Total aplicado	23,24	5,79	61,40	17,61	35,40	1,17

Tabla 4. Número de plantas y secciones utilizadas por material para el análisis químico y determinación de peso seco.

Edad (DDS)	Submuestras (plantas/muestra)	Tejidos	Muestra para análisis químico
82	5	Planta completa	3
149	3	Raíz, parte aérea	6
210	2	Raíz, parte aérea	6
268	1	Raíz, parte aérea	6
298	1	Raíz, parte aérea	6
335	1	Raíz, parte aérea	6
363	1	Raíz, parte aérea	6

RESULTADOS Y DISCUSION

La acumulación de materia seca final fue diferente para los tres materiales: $De \times LaMé \geq De \times Ng \geq De \times Gha$ (**Figura 1**). Estas diferencias se evidencian también en las medidas de crecimiento promedio de la población estudiada (**Tabla 5**); donde $De \times LaMé$ presentó una tasa de emisión foliar mayor, por lo tanto, en todos los muestreos tuvo mayor número de hojas totales, y un P_xS y tamaño de bulbo mayor. $De \times Ng$ presentó un tamaño intermedio, con un número de hojas más similar a $De \times Gha$; y el largo de raquis más parecido al de $De \times LaMé$. No obstante, las diferencias observadas, los tres materiales tienen estadísticamente la misma curva de acumulación de materia seca (comparación de regresiones lineales, se utilizó la transformación de raíz cuadrada de la materia seca acumulada por muestreo).

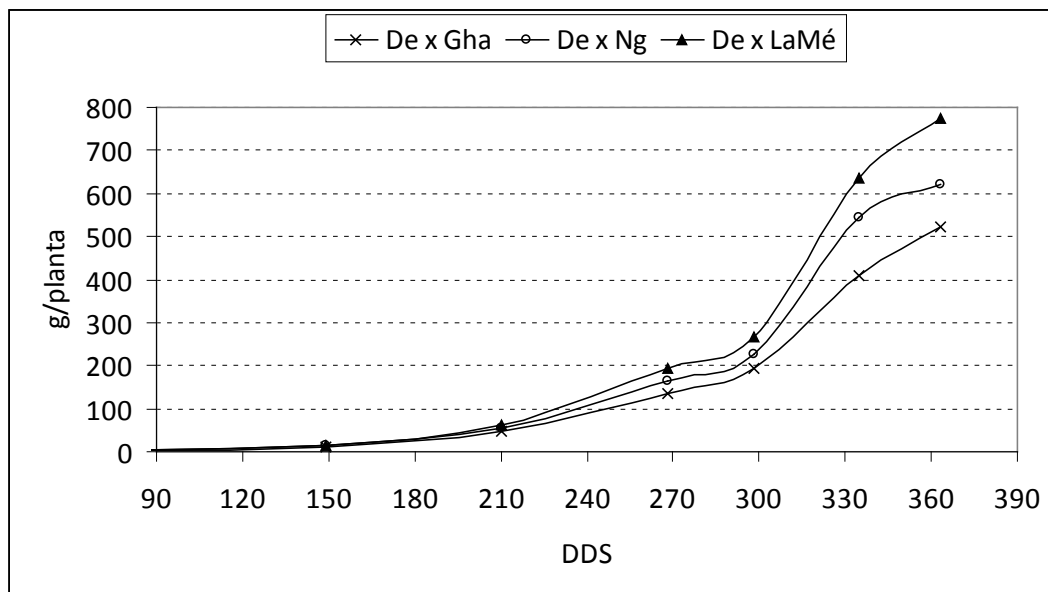


Figura 1. Acumulación de materia seca aérea y radical (g/planta) para tres materiales de palma durante la etapa de vivero.

El incremento en materia seca parece ser menor entre los 270 y 300 DDS, esto se puede deber a la entrada de la época de verano (enero-febrero 2010); momento a partir del cual se inició con el riego por goteo (1 l/bolsa/día). En enero 2009, la lluvia acumulada fue de 47 mm y en febrero de 156 mm; anterior y posterior a este verano la lluvia mensual fue superior a 290 mm, con un máximo de 792 mm en el mes de agosto del 2009 (**Figura 2**).

Un año después de la siembra los materiales acumularon entre 520 y 775 gramos de materia seca. En palmas de vivero la materia seca corresponde a un 24% del peso fresco total; las raíces tuvieron alrededor de un 20% de materia seca, mientras que el follaje tuvo un 28%. A partir de los 200 DDS la parte aérea representa alrededor de un 87% del la materia seca total, previamente corresponde a un 78%.

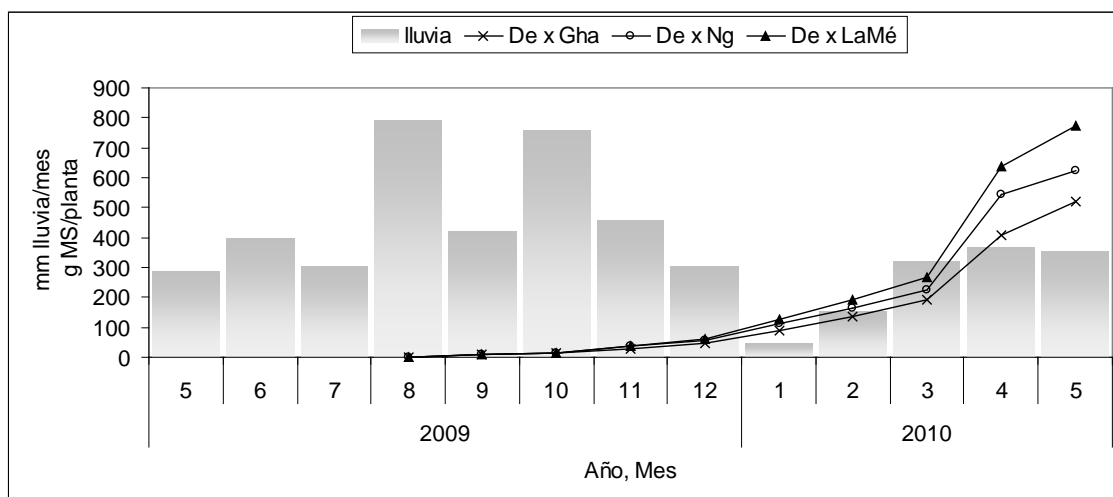


Figura 2. Precipitación mensual durante el período de vivero estudiado y acumulación de materia seca para tres materiales de palma aceitera.



Figura 3. Semillas sembradas en Jiffy® y proceso de lavado y preparación de plantas para la curva de absorción.



Tabla 5. Medidas de crecimiento promedio para los 7 muestreos realizados durante la etapa de vivero de los materiales De x Ghana, De x Nigeria y De x LaMé. Separación de medias para las medidas de crecimiento por diferencia mínima significativa (DMS, $\alpha=0,05$).

Días después de la siembra (DDS)	Material	Materia seca (g/planta)		Hojas totales	Diámetro de Bulbo (cm)	Hoja 1		Tasa de emisión foliar (hojas/mes)	Número de plantas muestreadas para medida de crecimiento
		Aérea	Raíces			PxS (cm ²)	Largo de Raquis (cm)		
82	De x Gha	1,67	0,58	2,0	0,85 ^a	0,09	-	-	150
	De x Ng	1,71	0,50	2,0	0,92 ^b	0,17	-	-	149
	De x LaMé	1,69	0,57	2,0	0,96 ^c	0,07	-	-	149
149	De x Gha	10,3	2,2	4,9 ^a	1,75 ^a	0,17 ^a	-	1,38 ^a	135
	De x Ng	12,4	2,3	5,2 ^b	1,93 ^b	0,22 ^c	-	1,51 ^b	134
	De x LaMé	11,1	3,8	5,1 ^b	1,89 ^b	0,20 ^b	-	1,45 ^b	134
210	De x Gha	44	4,5	8,0 ^a	3,38 ^a	0,41 ^a	-	2,09 ^a	126
	De x Ng	51	5,3	8,8 ^b	3,62 ^b	0,47 ^b	-	2,14 ^a	125
	De x LaMé	54	7,2	9,0 ^b	3,82 ^c	0,49 ^b	-	2,24 ^b	125
268	De x Gha	110	24	10,4 ^a	5,13 ^a	0,98 ^a	41 ^a	2,25 ^a	120
	De x Ng	139	26	10,9 ^b	5,44 ^b	1,02 ^{ab}	47 ^c	2,22 ^a	119
	De x LaMé	157	38	12,3 ^c	5,93 ^c	1,05 ^b	44 ^b	2,51 ^b	118
298	De x Gha	163	30	11,5 ^a	5,92 ^a	1,13 ^a	51 ^a	2,70 ^b	113
	De x Ng	194	33	11,7 ^a	6,16 ^b	1,20 ^b	59 ^b	2,47 ^a	112
	De x LaMé	223	45	13,7 ^b	6,75 ^c	1,42 ^c	58 ^b	2,70 ^b	111
335	De x Gha	362	48	13,0 ^a	7,35 ^a	1,52 ^a	66 ^a	2,77 ^a	99
	De x Ng	490	54	13,3 ^a	7,84 ^b	1,60 ^b	71 ^b	2,75 ^a	98
	De x LaMé	558	79	15,0 ^b	8,76 ^c	1,77 ^c	72 ^b	2,91 ^b	107
363	De x Gha	466	55	14,8 ^a	8,94 ^a	1,92 ^a	84 ^a	2,78 ^{ab}	96
	De x Ng	562	61	15,3 ^b	9,17 ^a	1,97 ^a	88 ^b	2,64 ^a	95
	De x LaMé	674	100	16,5 ^c	9,88 ^b	2,19 ^b	91 ^c	2,85 ^b	104

Tabla 6. Concentración de nutrimentos por tejido y material para cada muestreo (DDS). Separación de medias por diferencia mínima significativa ($\alpha=0,05$).

DDS	MATERIAL	%						mg/kg				
		N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Planta completa												
82	De x Gha	1,20 ^a	0,25	0,57 ^b	0,79 ^b	0,89	0,13	1133	10 ^b	33	50	19 ^a
	De x Ng	1,29 ^b	0,27	0,49 ^a	0,65 ^a	0,86	0,14	1253	10 ^c	33	53	35 ^b
	De x LaMé	1,18 ^a	0,24	0,45 ^a	0,64 ^a	0,79	0,14	939	8 ^a	36	45	29 ^b
Parte aérea												
149	De x Gha	4,38	0,35	0,97 ^b	0,49 ^b	1,20	0,20	733	9	25	144	14
	De x Ng	4,32	0,35	0,88 ^{ab}	0,43 ^{ab}	1,29	0,20	803	9	31	166	14
	De x LaMé	4,35	0,34	0,74 ^a	0,39 ^a	1,17	0,20	991	9	34	182	14
210	De x Gha	3,00	0,23	0,88	0,36	1,14	0,16	445	12	19	134	11
	De x Ng	2,99	0,23	0,87	0,34	1,18	0,17	571	12	20	143	12
	De x LaMé	3,08	0,25	0,82	0,33	1,35	0,18	662	15	23	182	12
268	De x Gha	2,57	0,23	0,94 ^b	0,35 ^b	1,23 ^a	0,17	2141	13	25	174	17
	De x Ng	2,77	0,27	0,86 ^{ab}	0,29 ^{ab}	1,42 ^{ab}	0,17	328	10	20	133	16
	De x LaMé	2,42	0,24	0,75 ^a	0,27 ^a	1,51 ^b	0,17	418	11	24	146	14
298	De x Gha	2,42	0,22	0,88 ^b	0,30	1,34	0,16	526	9	23	108	12
	De x Ng	2,36	0,25	0,87 ^b	0,29	1,54	0,15	490	10	20	110	13
	De x LaMé	2,47	0,22	0,77 ^a	0,26	1,45	0,16	441	11	21	142	12
335	De x Gha	2,08	0,20	0,80	0,27	1,15 ^a	0,14 ^a	706	13	23	108	10
	De x Ng	2,14	0,23	0,82	0,26	1,48 ^b	0,19 ^b	602	13	26	98	12
	De x LaMé	1,99	0,22	0,69	0,24	1,34 ^{ab}	0,13 ^a	843	15	25	126	11
363	De x Gha	2,30 ^a	0,23	0,91	0,31	1,26 ^a	0,18 ^a	1286	14	32	132	12
	De x Ng	2,59 ^b	0,26	1,10	0,32	1,61 ^b	0,22 ^b	1306	13	35	162	16
	De x LaMé	2,38 ^a	0,25	0,95	0,32	1,39 ^{ab}	0,18 ^a	2702	16	39	172	17
Raíces												
149	De x Gha	2,46	0,30	0,43	0,36	1,41	0,20	2733	28	54	119	13
	De x Ng	2,24	0,27	0,40	0,35	1,56	0,23	2572	31	43	129	13
	De x LaMé	2,64	0,29	0,49	0,38	1,61	0,26	5345	51	57	271	22
210	De x Gha	1,78	0,17	0,33	0,24	1,33	0,14	1783	28	29	82	9
	De x Ng	1,81	0,19	0,34	0,25	1,40	0,15	2087	38	31	78	10
	De x LaMé	1,85	0,21	0,30	0,23	1,50	0,15	2465	36	34	91	11
268	De x Gha	1,67	0,22	0,41	0,31	1,49	0,18	7027	65	43	182	22
	De x Ng	1,63	0,19	0,32	0,24	1,46	0,17	3990	49	29	118	14
	De x LaMé	1,45	0,21	0,48	0,37	1,29	0,21	10744	83	65	301	31
298	De x Gha	1,60	0,19	0,39	0,29 ^{ab}	1,49	0,18 ^b	6210	65	41	151	19
	De x Ng	1,61	0,19	0,38	0,26 ^a	1,56	0,14 ^a	4088	57	33	129	13
	De x LaMé	1,56	0,20	0,40	0,32 ^b	1,44	0,21 ^c	8383	81	59	228	22
335	De x Gha	1,46	0,16	0,31	0,23	1,54	0,14	2631	69	40	97	8
	De x Ng	1,44	0,16	0,33	0,24	1,49	0,17	3723	77	37	118	11
	De x LaMé	1,32	0,20	0,37	0,32	1,50	0,15	9874	90	52	260	24
363	De x Gha	1,28 ^b	0,18	0,30 ^b	0,25	1,46 ^a	0,19 ^b	3465	97	49	104	11
	De x Ng	1,22 ^b	0,15	0,27 ^{ab}	0,21	1,74 ^b	0,18 ^b	2272	60	26	75	8
	De x LaMé	1,06 ^a	0,15	0,23 ^a	0,22	1,41 ^a	0,14 ^a	5850	173	61	130	16

En la **Tabla 6** se presenta la concentración promedio de las 3 muestras analizadas por tejido, material y muestreo. Se observan algunas diferencias estadísticas entre materiales para algunos elementos (Mg, K, S, Ca). Cuando se analiza la concentración promedio de la parte aérea, sin separar por fecha de muestreo: De x LaMé presentó la menor concentración de Ca ($P=0,0000$); y De x Gha tiene la mayor concentración de Mg ($P=0,0005$) pero la menor concentración de K ($P=0,0010$). En general las

diferencias en concentración entre materiales son menores que la variabilidad esperada para la determinación del elemento en laboratorio; todos los elementos mayores tienen $\leq 10\%$ de variación y todos los menores tienen menos de un 15% de variación (Corrales y colaboradores 2005). La concentración de elementos menores en las raíces reportada se debe considerar como preliminar, ya que hay repeticiones con Fe y Mn muy alto que evidencian contaminación de la muestra de raíz con suelo.

El consumo de nutrimentos se detalla en la **Tabla 7**. El orden de consumo de macronutrimentos es el siguiente: $N > K > Ca > Mg > P > S$. Si bien los números absolutos muestran el consumo de nutrimentos presentó el siguiente orden: De x LaMé $>$ De x Ng $>$ De x Gha; la comparación de las curvas de absorción de N, P, K, Mg, S y B no presenta diferencias estadísticas en pendiente ni intercepto. Con base en este análisis se podría asumir que el consumo general entre materiales es muy similar, aún cuando en forma relativa se encuentran diferencias como la siguiente: De x Gha absorbió un 66% del K que absorbió De x Ng, mientras que De x LaMé consumió solo un 7% más.

Tabla 7. Consumo de nutrimentos durante la etapa de vivero para tres materiales de palma aceitera.

Material	DDS	g/planta						mg/planta		
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu
De x Gha	82	0,027	0,006	0,020	0,013	0,018	0,003	0,043	0,073	0,022
	149	0,505	0,044	0,158	0,112	0,058	0,025	0,168	0,392	0,148
	210	1,603	0,124	0,641	0,462	0,192	0,088	0,600	1,114	0,719
	268	2,983	0,283	1,584	1,043	0,431	0,210	2,234	3,554	2,817
	298	4,407	0,419	2,632	1,543	0,569	0,307	2,453	4,934	3,386
	335	8,157	0,794	4,868	3,021	1,087	0,569	4,020	10,254	7,804
	363	11,411	1,152	6,626	4,377	1,576	0,927	6,297	17,803	11,845
De x Ng	82	0,028	0,006	0,019	0,011	0,014	0,003	0,078	0,072	0,023
	149	0,590	0,051	0,200	0,120	0,061	0,031	0,200	0,511	0,178
	210	1,617	0,129	0,673	0,459	0,185	0,095	0,645	1,190	0,808
	268	3,893	0,395	2,142	1,168	0,428	0,256	2,319	3,201	2,417
	298	5,070	0,542	3,475	1,811	0,638	0,331	2,930	5,025	3,836
	335	11,343	1,218	8,026	4,231	1,386	1,042	6,639	14,966	10,235
	363	15,387	1,542	10,060	6,281	1,932	1,367	9,279	21,436	10,938
De x LaMé	82	0,027	0,005	0,018	0,010	0,014	0,003	0,067	0,082	0,019
	149	0,584	0,047	0,192	0,101	0,057	0,033	0,242	0,617	0,300
	210	1,807	0,151	0,842	0,468	0,196	0,107	0,710	1,488	1,057
	268	3,808	0,402	2,522	1,200	0,495	0,305	2,952	5,679	4,509
	298	6,202	0,587	3,888	1,897	0,721	0,457	3,592	7,320	6,236
	335	11,960	1,357	8,699	4,123	1,588	0,846	7,873	18,479	15,381
	363	17,125	1,813	10,799	6,617	2,363	1,382	12,889	31,992	26,696

Al comparar el consumo determinado para los materiales De x Gha, De x Ng y De x LaMé, con el consumo reportado en la literatura, se encontró que a los 12 meses las plantas estudiadas tienen más materia seca y nutrimentos absorbidos que las plantas de 14 meses de Hew y Toh (1973). El consumo de N para los 8 y 10 meses reportado (Hew y Toh 1973, Hong 1992) es bastante consistente con el consumo encontrado en este trabajo (**Figura 4**); la literatura reporta un mayor consumo de Mg a los 10 meses y de P a los 8 meses; y un menor consumo de Ca a los 8 meses.

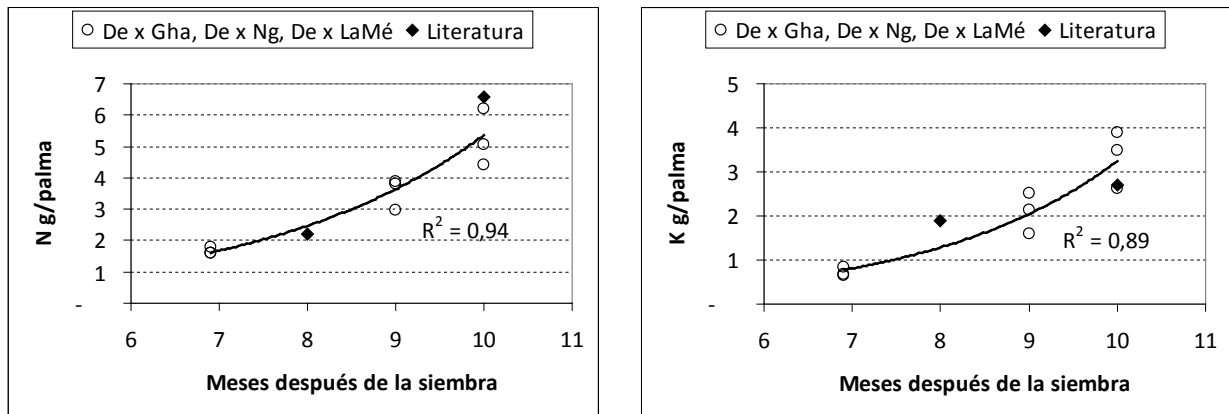


Figura 4. Acumulación de N y K (g/planta) para 3 materiales de palma y las referencias de literatura entre los 7 y 10 meses después de la siembra. *Coefficiente de regresión (R^2) para el conjunto de datos generados más las 2 referencias de literatura.*

Considerando que no hay diferencia estadística en consumo de nutrientes para los tres materiales estudiados, se tomaron los consumos más altos por muestreo (dominado por el material De x LaMé) y con estos se estimó la eficiencia de fertilización (consumo/aplicado) que se logra con el programa de fertilización actual (**Tabla 8**).

Tabla 8. Consumo máximo de nutrientes durante la etapa de vivero y eficiencias de fertilización actual y propuesta. * *Promedio de eficiencia mensual.*

	N	P	K	Mg	S	B
Consumo máximo (360 DDS)	17,1	1,8	10,8	2,4	1,4	0,01
Eficiencia de fertilización actual*	64%	27%	14%	15%	4%	1%
Eficiencia de fertilización estimada	70%	50%	60%	80%	50%	10%
Eficiencia de fertilización propuesta*	64%	24%	44%	51%	15%	8%
Fórmula calculada	16,2	9,7 (P_2O_5)	16,2 (K_2O)	4 (MgO)	5	0,08

Sólo el N y P tienen una eficiencia razonable para un Inceptisol (50-70% N; 40-50% P; 60-80% K) (Bertsch 1998), mientras que los otros elementos tienen una eficiencia muy baja (se aplica mucho más de lo necesario). Además, el coeficiente de variación que se obtiene entre las eficiencias individuales calculadas a lo largo del periodo de vivero (**Tabla 9**) es muy grande, lo que muestra que el aporte de fertilizante no está acorde con la tasa de consumo; en los primeros meses se aplica más fertilizante del requerido, por lo que la eficiencia es muy baja, mientras que en los últimos meses la eficiencia es mayor, al punto en el que en el caso del N y P, se aplica menos de lo requerido a los 300 DDS (**Tabla 9**).

Con el consumo obtenido y una eficiencia estimada (Bertsch 1998) se calculó una fórmula completa que se acopla mejor al requisito; con la dosis requerida de esta fórmula se calculó una nueva eficiencia de fertilización denominada “propuesta” (**Tabla 8**). La principal diferencia con la fórmula anterior es la relación N: K_2O , la cual pasa de 1:2 a 1:1; tal cual algunas de las fórmulas para vivero que se encuentran en la literatura (Gillbanks 2003). Con esta nueva fórmula y siguiendo la curva de absorción, se logra teóricamente un coeficiente de variación (CV%) menor en eficiencia promedio mensual (**Tabla 9**). La comparación entre fertilizante actual aplicado por mes, el consumo de la planta y el fertilizante que se propone aplicar se puede apreciar en la Figura 5 para el N, P y K.

Tabla 9. Eficiencia de fertilización lograda con el programa de fertilización actual y el programa de fertilización propuesto.

DDS	Eficiencia del programa actual						Eficiencia del programa propuesto					
	N	P	K	Mg	S	B	N	P	K	Mg	S	B
90	15%	5%	3%	7%	2%	0%	58%	18%	22%	29%	10%	3%
120	21%	7%	2%	1%	0%	0%	58%	18%	22%	29%	10%	3%
150	43%	14%	6%	4%	1%	0%	63%	20%	40%	46%	13%	5%
180	34%	11%	6%	3%	1%	0%	63%	20%	40%	46%	13%	5%
210	49%	23%	12%	6%	2%	1%	64%	30%	62%	61%	20%	14%
240	49%	23%	12%	6%	2%	1%	64%	30%	62%	61%	20%	14%
270	97%	31%	18%	9%	3%	1%	68%	21%	48%	44%	15%	4%
300	193%	104%	51%	27%	9%	3%	70%	36%	70%	70%	23%	10%
330	79%	28%	19%	71%	15%	2%	69%	23%	34%	69%	15%	14%
Promedio	64%	27%	14%	15%	4%	1%	64%	24%	44%	51%	15%	8%
CV%	85%	110%	105%	150%	124%	103%	4%	6%	17%	15%	5%	5%

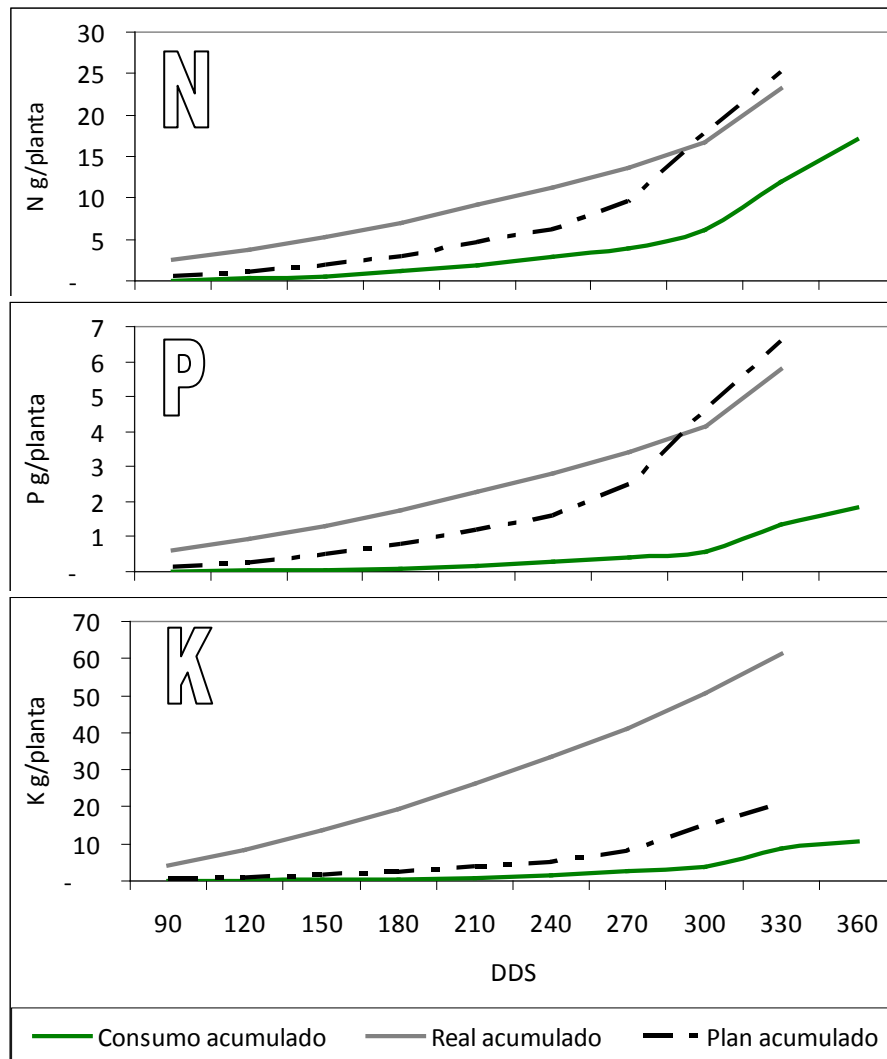


Figura 5. Comparación entre curva de absorción de N, P y K (Consumo acumulado), fertilizante Real acumulado y fertilizante Plan acumulado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El material De x LaMé, en la etapa de vivero tendió a ser más vigoroso, esto se observó como una mayor acumulación de materia seca y nutrimentos, sumado a mayores dimensiones morfológicas. El material De x Gha tuvo un porte más pequeño, mientras que De x Ng alcanzó un tamaño intermedio. No obstante, las curvas de absorción de nutrimentos y acumulación de materia seca no fueron estadísticamente diferentes. La materia seca de las palmas de vivero fue de aproximadamente un 28% para la parte aérea y un 20% para las raíces. El consumo de N fue mayor que el de K, seguido por el Ca > Mg > P > S. La curva de absorción generada se acopló a los reportes de literatura para los 8 y 10 meses; por lo que se puede suponer que la absorción de nutrimentos por diferentes materiales de palma aceitera es similar, al menos para materiales guineensis de semilla. Se encontró que con el programa de fertilización de vivero actual se alcanza una eficiencia total de fertilización de N y P razonable, pero los otros elementos aplicados (K, Mg, S y B) presentaron una eficiencia de fertilización muy baja (se aplica mucho más de lo requerido). Se debe validar el programa de fertilización propuesto con base en la curva de absorción de nutrimentos.

BIBLIOGRAFIA

- BERTSCH, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. 1ª ed. 1ª reimpresión. ACCS. San José, C.R. 157 p.
- BERTSCH, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia de Suelo. San José, Costa Rica. 307 p.
- BERTSCH F., RAMIREZ F. 1997. Metodologías para afinar los programas de fertilización de los cultivos por medio del uso de curvas de absorción de nutrimentos. *In: Memoria Jornadas de Investigación*. San José, Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. p. 183.
- BOMERS, GF. 1973. Fertilization, weed control and irrigation of United Brands Company oil palm plantation in Central America. Tropical Agriculture research services (SIATSA), La Lima Honduras, C.A. Bulletin N° 3. 176 p.
- CORRALES, M; BERTSCH, F; BEJARANO, J. 2005. Los laboratorios de análisis de suelos y foliares en Costa Rica: Informe del comité de laboratorios de análisis de suelos, plantas y aguas. *Agronomía Costarricense* 29 (3): 125-135.
- CHINCHILLA, C; RICHARDSON, DL. 1991. Manual de viveros de palma aceitera: Material de desarrollo avanzado. Programa de Investigaciones en Palma Aceitera. Compañía Palma Tica, Coto, Costa Rica.
- CORLEY, RHV; TINKER, PB. 2003. The oil palm. World Agricultural Series. Fourth edition. Blackwell Publishing, Great Britain. 562 p.
- DUCKETT, J. 1989. A guide to oil palm nurseries. The Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur. 109 p.
- GILAN, S. 2002. Oil Palm Nursery Under drill fertigation technology. *In: 2002 International Oil Palm Conference and Exhibition: Agriculture*. IOPRI. 8-12 July, Nusa Dua, Bali.
- GILLBANKS, RA. 2003. Standard agronomic procedures and practices. *In: Oil Palm: Management for large and sustainable yields*. Ed. T. Fairhurst, R. Härdter. Potash and Phosphate Institute, Potash and Phosphate Institute of Canada and International Potash Institute. 381 p.
- HEW, CK; TOH, PY. 1973. The effects of nursery manuring on the growth and nutrition of oil palm seedlings. *In: Advances in Oil Palm Cultivation*. Ed RL Weastie and DA Earp. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, 16-18 November 1972.
- HONG, LA. 1992. Some aspects of large-scale nursery management in Sabah. *The Planter* 68 (790): 1-9.

- QUENCEZ, P. 1982. Semilleros de palma Africana en bolsas de plástico sin sombrero. *Oleagineux*, 37(8-9): 397-407.
- RANKINE, I; FARIHURST, T. 1998. Guía de campo. Serie en palma aceitera. Volumen I: Viveros. Potash & Phosphate Institute; Potash & Phosphate Institute of Canada; 4 T Consultants. 112 p.
- STROHBUSCH, DF. 1968. Use and abuse of fertilizers in oil palm nurseries. In: Oil Palm developments in Malaysia. Proceedings of the First Malaysian Oil Palm Conference. Ed. PD Turner. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, 16-18 November, 1967. p 50-55.