Fertilización de la palma africana *(Elaeis Guineensis* Jacq.) en Colombia.

ERIC OWEN B.*

* I.A.M.S. Ph. D. Edafólogo Programa Nacional de Oleaginosas Perennes, ICA. C. I. La Libertad. A. A. 2011, Villavicencio, Meta.

INTRODUCCION

El cultivo de palma africana es de gran importancia en Colombia, ya que es el cultivo que más aceite y energía produce por hectárea. Aporta el 70% de la producción total en aceites vegetales.

Por su adaptación a zonas de altas precipitaciones y suelos de baja fertilidad, se siembra en zonas marginales. El establecimiento de las plantaciones en estas áreas, representa generación de empleo, implementación de obras de infraestructura, mejoramiento del nivel de vida.

Es necesario escoger los mejores suelos para el cultivo y así se reducen las inversiones. Uno de los costos más altos en el cultivo es la fertilización. Para reducir los costos de los fertilizantes es necesario hacer investigación en las plantaciones y así obtener las dosis óptimas para usarlos eficientemente.

Este trabajo sobre fertilización de la palma africana está basado en la revisión de literatura tanto nacional como de otros países tropicales; investigaciones llevadas a cabo por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y observaciones hechas a nivel de campo. Se hace énfasis en las características del suelo, el estado nutricional y el uso eficiente de fertilizantes. Se espera que este documento contribuya a aumentar la producción y la productividad de la industria palmera y sea un aporte a la consulta de los asistentes técnicos dedicados al cultivo de la palma africana.

ANALISIS DEL SUELO

El análisis químico de suelos es muy útil para escoger suelos fértiles para el establecimiento del cultivo; para determinar las necesidades nutricionales a largo plazo y ayuda a interpretar y diagnosticar los requerimientos de los fertilizantes. En cultivos perennes el análisis de suelos no es tan preciso para determinar los requerimientos de fertilizantes como en los cultivos anuales ya que: a) Por ser la palma africana un cultivo perenne, éste puede absorber nutrimentos no disponibles en el momento del análisis por absorción posterior de las arcillas y la materia orgánica; b) Existe un gran volumen de suelos donde las raíces extraen los nutrimentos y el muestreo de suelos no logra tomar una muestra representativa (parecido a la distribución de las raíces) para realizar un análisis representativo y c)

La disponibilidad de los nutrimentos varía con el clima especialmente por la precipitación y la temperatura. Sin embargo es necesario escoger los suelos que contengan el mayor contenido de nutrimentos para reducir la necesidad de los fertilizantes o saber con anterioridad las necesidades de ellos.

Nitrógeno

El contenido del nitrógeno depende del contenido de materia orgánica y éste depende de los antecedentes del suelo (vegetación o cultivo anterior). En suelos tropicales su reserva es muy baja (a excepción de los suelos orgánicos). El contenido de nitrógeno en el suelo debe ser entre 0.1%-0.4% y tener entre 0.5%-3.0% de carbono (14).

En cultivos perennes el análisis de suelos no es tan preciso para determinar los requerimientos de fertilizantes como en los cultivos anuales.

Tanque (23) encontró correlación positiva significativa entre los rendimientos y el contenido de N en el suelo. Contenidos altos de nitrógeno reduce la formación de inflorescencias femeninas y causa el disturbio fisiológico mal de juventud y hoja pequeña (28).

Fósforo

Ataga (1) basado en la respuesta absoluta de rendimiento, rendimiento relativo y absorción de fósforo encontró que el fósforo del suelo determinado por el método de Bray I[1] se pueden agrupar los suelos en tres rangos de respuesta al fósforo:

a) Suelos con contenido muy bajo de fósforo y una alta probabilidad de respuesta a la fertilización fosfórica: P<5 ppm.

b) Suelos con contenido moderado de P y con una mediana a baja probabilidad de respuesta a fertilización fosfórica: P 5-10 ppm.

c) Suelos con contenido relativamente alto y con una baja o no respuesta a la fertilización fosfórica: P>10 ppm.

El contenido de fósforo en el suelo es importante pero su relación con otros nutrientes también lo es (N/P;K/P) ya que en exceso puede producir deficiencia de boro (hoja pequeña) (28).

Potasio

La disponibilidad del potasio depende del material parental. Suelos derivados de areniscas y granito son pobres en potasio, en cambio los de origen volcánico y aluviales son ricos. También depende de la mineralización e intensidad de ella. Las arcillas de tipo 2:1 como illita, montmorillonita y vermiculita generalmente son más ricos en K que los de tipo 1:1 como la caolinita y ésta más que la gibsita y goethita. La precipitación influye entre más arcilla mineralizada, textura más gruesa y más precipitación, habrá más pérdida del potasio por lixiviación. Las cenizas y residuos de los bosques son ricos en potasio.

El potasio (15) influye en el número de racimos por palma y el peso medio del racimo. El nivel en el suelo debe ser mayor de 0.15-0.20 me/100g. Además del contenido alto de potasio es ventajoso que los suelos tengan una relación Mg/K<4 para palmas jóvenes y Mg/K<2 para palmas adultas (15).

Calcio

Hay correlación positiva y significativa entre el rendimiento y el contenido del calcio en el suelo (23).

Calcio y Magnesio

Al igual que el potasio, la disponibilidad del magnesio y calcio depende del material parental, la precipitación y la mineralización. La arcilla de tipo 2:1 generalmente contienen más bases que las de tipo 1:1 y éstas más que las arcillas amorfas.

1. Para convertir Bray I en Bray II es necesario multiplicar por dos: Bray II = Bray I x 2.

Además es esencial la relación de estas bases en el suelo:

Ca/K>2 Olivin (13) y Ollagnier (15)
Mg/K>2 (arcillas 2:1) y (arcilla 1:1) Ng (11)

Cloro

En regiones de alta precipitación y en suelos bien drenados son generalmente bajos en el anión cloro (Cl) ya que no es retenido por los coloides del suelo y es fácilmente lixiviable. Es uno de los elementos fácilmente removido en el proceso de lixiviación. La deficiencia de cloro es ampliamente difundida aún cerca del mar. Estas deficiencias se pueden corregir con aplicaciones de cloro (22).

PRODUCCION DE MATERIA SECA Y ABSORCION DE NUTRIMENTOS

En el cultivo de palma africana la concentración de los nutrimentos y la producción de materia seca en las diferentes partes es variado. Este valor también varía por clima y suelos pero sigue la misma tendencia. Chan (3) reporta estos valores para una plantación de 30 años. (Cuadro 1.).

Cuadro 1. Material seco producido y contenido de nutrimentos en varios desperdicios de la palma africana (Kg/Ha)

Partes	M.S.	N	P	K	Ca	Mg
Una vez en 30 años						
Estipe	74.480	368.2	35.5	527.4	146.4	88.3
Hoja	14.467					
Foliolo	4.780	114.0	7.5	109.4	7.1	8.4
Raquis	9.687	36.1	6.4	84.5	28.6	15.6
Subtotal	88.947	518.3	49.4	721.3	182.1	112.3
En 1 año producción anual:						
Hoja Podad.	10.400					
Foliolo	3.441	81.9	5.4	78.7	5.1	6.0
Raquis	6.959	26.0	4.6	60.7	20.5	11.2
Rac. Vac.	1.546	5.4	0.4	35.3	2.3	2.7
Fibra	1.626	5.2	1.3	7.6	1.8	2.0
Cuesco	938	3.0	0.1	0.8	0.2	0.2
Subtotal	14.510	121.5	11.8	183.1	29.9	22.1
Efluentes	673					
Crudos		12.9	2.1	26.6	5.4	4.7
Digeridos		4.4	0.9	20.7	3.1	3.9
Subtotal		17.3	3.0	47.3	8.5	8.6
Por año	18.147.9	156.1	16.5	254.4	44.5	34.4

Fuente: Chan, K.W. et al 1980 (3)
Elaboró: Owen, E.J.

Elemento	Requerimientos Nutricionales (Kg/Ha)	
	15(Ton/Ha)	30(Ton/Ha)
Nitrógeno	90	30
Fósforo	15	14
Potasio	90	152
Calcio	25	-
Magnesio	20	28
Azufre	-	28

Estos valores también varían con la edad. Ng (10) reporta lo siguientes pesos en Kg/palma/Ha. (Cuadro 2.).

Cuadro 2 Estimativos de absorción de nutrimentos para la producción anual de materia seca (gr/palma/año)

Años	gr/palma/año					
	N	K	P	Ca	Mg	S
0-1	68	95	5.6	13	17	12
1-2	509	965	59.5	151	140	79
2-3	586	1.383	67.3	145	139	120
3-5	771	1.533	92.2	150	131	204
5-7	805	1.213	89.7	118	91	181
7-15	809	1.086	93.0	136	90	205
Total	3.548	6.275	407.0	713	608	856

La palma incrementa la absorción de nutrimentos después del primer año de transplantada, esto lo demuestra la tabla 2 (Ng 10) y la figura 1 (Ng 11).

Ng (10) estima la siguiente absorción de 148 palmas adultas por hectárea año (Cuadro 3.).

Cuadro 3 Absorción estimada de 148 palmas adultas por hectárea y su distribución en las distintas partes

Partes	N		P		K		Ca		Mg	
Mat. Veg. Neto	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%
Acumulado	40.9	21.2	3.1	11.9	55.7	22.2	13.8	13.9	11.5	18.18
Hojas podadas 25T.	67.2	34.9	8.9	34.2	86.2	34.2	61.6	61.9	22.4	36.5
Racimo	73.2	38.0	11.6	44.6	93.4	37.1	19.5	19.6	20.8	33.9
Infloresc. Mascul.	11.2	5.9	2.4	9.3	16.1	6.4	4.4	4.6	6.6	10.8
Total	192.5	100	26.0	100	251.4	100	99.3	100	61.3	100

Fuente: Ng 1972

El Cuadro 4 presenta promedios de datos obtenidos en Nigeria y Congo (25, 28).

Cuadro 4. Nutrimentos inmovilizados en Kg/Ha en una plantación de 20 años con una producción de 1 T/Ha de racimos. Promedio de Ferrwerds 1962 y Timber Smilde 1963

Parte de la planta	Kg/Ha N	P	K	Ca	Mg
Tronco	434.5	77	201.0	190	164.5
Hojas	117.0	13	76.5	68.5	37.5
Raíces	67.0	7	88.0	7.5	17.0
Racimos	497.0	93.5	542.5	82.0	73.5
Total	1.125.5	190.5	909.0	348.0	292.5

Fuente: Ng 1972 (10)
Elaboró: Owen, E.J.

Werkhoven (28) reporta datos de nutrimentos extraídos en Kg/ha determinados por Rutger et al, George y Bunting, los cuales se encuentran en el Cuadro 5.

Parte de la planta	Kg/Ha N Rut 1/	N Geor 2/	N Bunt 3/	P Rut 1/	P Geor 2/	P Bunt 3/	K Rut 1/	K Geor 2/	K Bunt 3/
Hoja	69	65	43	5	4	3	53	44	29
Inf. Masc.	-	15	9	-	2	1	-	13	7
Racimo	62	21	21	15-26	4	3	103-145	47	48
Total	131	101	73	20-31	10	7	161-203	104	84
Kg/Ha/ racimo	14	8.2	8.2	14	8.2	8.2	14	8.2	8.2

1/Rutger et al 1992
2/George1931
3/Bunting 1934
Fuente: Werkhoven 1966 (28).

Según Hagstron (5) y Ollagnier (15), la producción de 30 toneladas y 15 toneladas por hectárea año requiere de las siguientes cantidades de nutrimentos:

Elemento	Producción	T/ha.
	30	15
Nitrógeno	Kg/ha. 30	90
Fósforo	Kg/ha. 14	15
Potasio	Kg/ha.152	90
Calcio	Kg/ha. -	25
Magnesio	Kg/ha. 28	20
Azufre	Kg/ha. 28	-

Ng (10) resume varios autores y reporta la cantidad de nutrimentos para la producción de una tonelada de aceite Ver cuadro 6.

Cuadro 6. Varios estimativos de nutrimentos extraídos por una tonelada de racimos de fruto fresco en Ka

Fuente	País	Tipo fruta	N	P	K	Ca	Mg
Wilbaux	Congo	Dura	4.5	0.68	4.2	0.54	0.40
Wilbaux	Congo	Tenera	4.5	0.76	4.5	0.70	0.65
Ferwerds	Congo	-	2.9	0.46	3.0	0.46	0.38
Tinker y Smilde	Nigeria	Dura	2.8	0.58	3.3	0.50	0.43
Ng y Thamboo	Malasia	Dura	2.9	0.46	3.7	0.77	0.82

Fuente: Ng 1972.

Microelementos

Datos sobre el contenido de elementos menores en la palma africana son muy escasos. En el cuadro 7 se presentan los datos de Ng (10).

Cuadro 7. Estimativo anual de absorción de microelementos por palma adulta (gr/palma)

Componente Mat. vegetal	Gramo/Palma B	Cu	Zn	Mn
Acumulativo	0.34	0.33	1.53	3.16
Hojas podadas	0.85	0.60	1.20	20.00
Racimos de fruto	0.36	0.79	0.82	2.52
Total	1.55	1.72	3.55	25.68

Fuente: Ng 1972(10)

Ng (10) estimó que el acumulativo promedio anual de elementos menores entre la edad de 14 a 160 meses es la relacionada en el Cuadro 8.

Cuadro 8 Contenido de microelementos en la paite aérea de la palma africana (gr/palma)

Edad en el campo (meses)	Gramo/Palma B	Cu	Zn	Mn	Fe
14	0.1	0.1	0.3	0.8	1.3
40	1.1	1.4	3.1	19.2	30.0
64	1.6	1.7	6.4	34.9	34.8
104	3.1	3.0	9.5	36.1	61.2
129	3.7	4.6	9.3	30.5	68.6
160	4.5	4.7	18.4	50.9	106.9

Fuente: Ng 1972(10).

La absorción de elementos menores incrementa significativamente a los 40 meses (10). El contenido de B y Cu son los menores, Zn es 2 a 3 veces más que los anteriores, manganeso es 11 a 12 veces más que el boro y el hierro es 21 a 22 veces mayor que el boro.

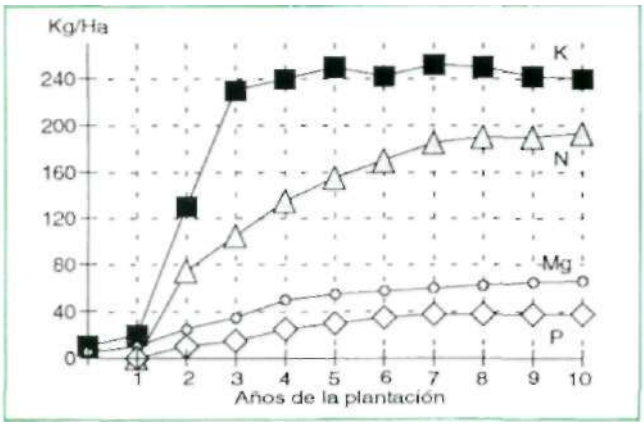

Fig 1. Absorción de nutrimentos de la palma africana desde el transplante hasta los 10 anos de edad (Ng. S.K. 11)

ANALISIS FOLIAR

El análisis foliar determina la composición química de las hojas. Además sirve para reconocer anticipadamente cualquier deficiencia o abundancia de los elementos. La composición óptima es aquella en que la palma está en máximo desarrollo y/o producción para determinada región. El análisis foliar detecta deficiencias nutricionales en su fase inicial, por lo tanto, es indispensable la estandarización del método de toma de las muestras (número de las hojas, el tejido, edad y número de palmas) y el análisis químico en sí.

El nivel crítico es el nivel de cualquier elemento en la hoja debajo de la cual existe gran posibilidad de lograr una respuesta positiva con la aplicación de un fertilizante.

Por lo general, los niveles críticos hallados independientemente en diferentes regiones del mundo son del mismo orden de magnitudes (15).

Chapman y Gray citado por Ng (10) descubrieron que la composición química de la porción media de los foliolos de la parte media de la hoja 17 mostró menos variación y fue más sensitiva a la aplicación de fertilizantes. Además encontraron una correlación positiva y significativa en el contenido del fósforo y el potasio de la hoja con el rendimiento de racimo.

Para evitar la reacción causada por la lluvia las muestras de tejidos deben tomarse al comienzo de la época seca o cuando el déficit hídrico es menor de 250 mm(19).

Nitrógeno

La concentración óptima (2) decrece con la edad asi:

1 - 6 años	2.68%
6 - 12 años	2.58%
>12 años	2.28%

Varios investigadores (4, 15 y 28) reportan como nivel crítico el valor de 2.5% nitrógeno en la hoja 17 pero Rosenquist citado por Ng (10) propone 2.8 - 3.0% y Ollagnier et al (15) reporta el valor de 2.7% para la hoja 9.

Fósforo

Ferrand (4) y Ollagnier (15) reportan como nivel crítico el valor de 0.15% pero Rosenquist citado por (10) propone 0.19 - 21%. Jacobs y Vonuvexkulk (7) considera el valor entre 0.21 - 0.23% y Ollagnier et. al. (15) reporta el valor de 0.16% para la hoja 9.

Potasio

El nivel crítico se incrementa con la edad (2). Varios autores reportan como nivel crítico el valor de 1.0% de potasio en la hoja 17 (4, 15 y 28), pero Rosenquist citado por (10) propone el valor entre 1.5 - 1.8%. Ollagnier et al (15) reporta el valor de 1.25 para la hoja 9. Vonuvexkulk (26) considera que cuando la hoja 17 tenga menos de 0.6% de potasio aparecen los síntomas de deficiencia de potasio: para valores menores de 1.2% hay respuesta a fertilizantes y para valores mayores de 1.5% no hay respuesta al potasio.

Calcio

El nivel crítico para el calcio se ha estimado en 0.6% para la hoja 17 (4, 15). Rosenquest citado por (10) propone el valor entre 0.30 - 0.50%. Hasgstron (5) considera lo siguiente: cuando en la hoja 17 el contenido de calcio es menor de 0.40% se considera deficiente; entre 0.40 - 0.50% es bajo; entre 0.50 - 0.60% es suficiente; entre 0.60 - 0.70% es óptimo y alto cuando es mayor de 0.70%. Ollagnier et. al. (15) reporta el valor de 0.23% para la hoja 9.

Magnesio

Para Corrado (2) y Ollagnier et. al. (15) la óptima concentración de magnesio en la hoja 17 es 0.24%. Rosenquest citado por (10) reporta el valor de 0.30 - 0.35%. Hagstron (5) considera lo siguiente: cuando en la hoja 17 el contenido de magnesio es menor de 0.225% se considera muy baja, ya que concentraciones menores de 0.2% en el tejido reducen el contenido de clorofila y por ende la producción es deficiente; entre 0.225 - 0.250% es bajo; entre 0.250 - 0.275% es suficiente; entre 0.270 - 0.300% es óptimo y alto cuando el valor es mayor de 0.30%.

Azufre

Hangstrong (5) reporta como bajo el contenido de 0.20 - 23% en la hoja 17.

Cloro

Parece necesario en la palma africana (2). Los miembros de la familia de las *palmaceae* dependen de la presencia de cloro para el movimiento estomatal. El nivel crítico en la hoja es 0.50% de la materia seca (27).

Boro

Ferrand (4) reporta 25 - 30 ppm como nivel crítico para la hoja 17; en cambio Ollagnier et. al (15) reportan 8 ppm para Colombia y para Malasia 15-20 ppm - Rosenquest citado por (10) considera el valor del 0 - 20 ppm.

Cobre

Ferrand (4) reporta como nivel crítico el valor de 25 - 35 ppm para la hoja 17, pero Ollagnier et. al. (15) reportan el valor de 10, en cambio Rosenquest citado por (10) considera el valor de 5 - 8 ppm.

Manganeso

Ferrand (4) y Ollagnier et. al. (15) reportan como nivel crítico el valor de 200 ppm para la hoja 17; Rosenquest citado por (10) considera el valor entre 150 - 200 ppm. Para el caso del manganeso existe una correlación significativa y positiva entre el contenido de la hoja con el rendimiento (23).

Zinc

Rosenquest citado por (10) reporta como nivel crítico el valor de 15 - 20 ppm para la hoja 17. Existe una correlación significativa y positiva entre el contenido de zinc de la hoja con el rendimiento (23).

Molibdeno

Para Rosenquest citado por (10), el valor de 0.5-1.0 ppm para la hoja 17 como nivel crítico.

Aluminio

Tanque (23) encontró una correlación significativa y negativa entre el contenido de aluminio en la hoja con el rendimiento.

INTERACCIONES DE LOS NUTRIMENTOS Y ANTAGONISMOS

Nitrógeno

A mayor concentración de nitrógeno en la hoja habrá menor concentración de calcio (5). Aplicaciones de nitrógeno aumentan el contenido de nitrógeno y potasio de las hojas, no afecta el contenido de fósforo y baja el contenido de calcio y magnesio (24). Aplicaciones altas de nitrógeno inducen a una baja concentración de azufre en la hoja (5).

Fósforo

El contenido de fósforo influye positivamente sobre el contenido de nitrógeno y viceversa, o sea a mayor concentración de fósforo habrá mayor concentración de nitrógeno (2 y 15). Ollagnier et. al. (15) proponen la relación N/P + 16 y el nivel crítico de fósforo está en función del nitrógeno. P. crítico = 0.07 N - 0.02.

Potasio

El incremento de potasio aumenta la absorción de cationes (7). Las principales bases en la hoja están interrelacionadas, la sumatoria de ellas es igual al 2% de la materia seca de la hoja 17 (K + Ca + Mg = 2%).

Broesharts citado por Jacobs y Vonuvexkulk (17) consideran que existe la siguiente relación entre ellos:

El contenido de potasio es entre 1.7 - 1.9% y corresponde al 67 - 70% de la suma de K + Ca + Mg.

El contenido de calcio es entre 0.55 - 0.65% y corresponde al 19 - 24% de la suma de K + Ca + Mg.

El contenido de Mg es 0.25 - 0.35% y corresponde al 10 - 13% de la suma de K + Ca + Mg.

Se puede presentar antagonismo del potasio con el calcio y el magnesio, o sea una deficiencia de potasio se refleja en un exceso de calcio o magnesio y un exceso de potasio en una deficiencia de calcio o magnesio. Prevot y Ollagnier (17) han trazado las curvas de variación calcio y de magnesio en función de potasio en el diagnóstico foliar (figura 2.).

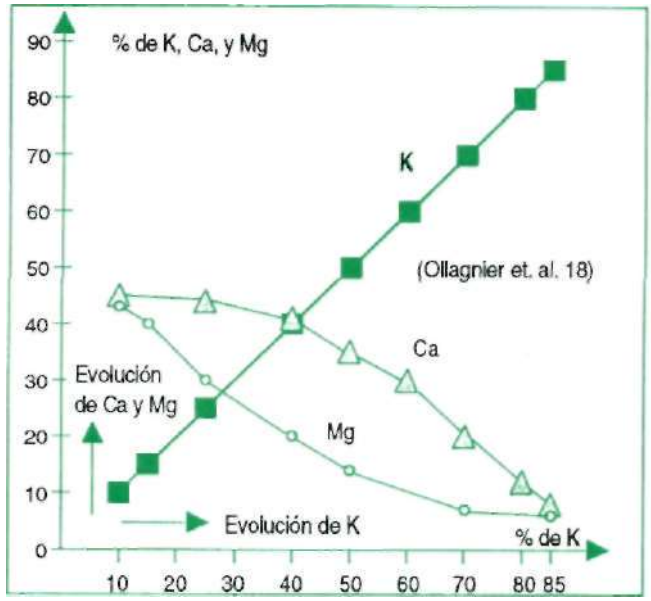

Fig. 2. Variaciones del magnesio y del calcio en función del potasio.

Chapman y Gray citados por Jacobs y Vonuvexkulk (7) consideran que la relación K_20/P_20_5 debe ser entre 2.5 y 3.5.

Cuando la relación K_20/P_20_5 es menor de dos, aplicaciones de fósforo son perjudiciales.

Cuando la relación K_20/P_2O_5 es entre 2.5 - 3.5 se espera respuesta positiva al potasio y fósforo.

Cuando la relación K_20/P_20_5 es mayor de 3.5 se espera respuesta positiva al fósforo.

Concentraciones altas de potasio en el suelo pueden producir concentraciones bajas de manganeso en la hoja (19). También existe antagonismo con el cloro, o sea a mayor concentración de cloro hay menor concentración de potasio en la hoja (2).

Calcio

Suelos con alto contenido de calcio intercambiable (>3-4 me/100 gr) y deficientes en cloro, aplicaciones de KCl produce únicamente asimilación de cloro en grandes cantidades y el incremento del cloro va acompañado con el aumento de uno o varios cationes (K, Ca, Mg) o la suma de ellos; en suelos de bajo contenido de calcio (<0.4 me/100 gr) tanto el potasio como el cloro son absorbidos y hay una depresión en la absorción de calcio y magnesio (22).

FERTILIZACION

Los nutrimentos más requeridos para la producción de masa y para la exportación son el nitrógeno y el potasio (19). El precio de los fertilizantes es muy alto, se mantendrá alto y no bajará. El precio del aceite ha bajado con relación al de los fertilizantes. Para mantener la productividad en la industria palmera es necesario una nutrición adecuada. Esto se logra con la reducción de los costos de los fertilizantes y obtención de máxima producción por unidad del nutrimento aplicado.

El diagnóstico visual, análisis foliar, análisis de suelo y sus combinaciones son valiosos medios para el diagnóstico de deficiencia, sin embargo la dosis de nutrimentos por aplicar tiene que ser determinada sobre la base de experimentos con fertilizantes en el campo y hacer las correlaciones con los distintos métodos de diagnóstico. Además, es necesario realizar apreciaciones de la situación económica teniendo en cuenta el estado financiero de la plantación y el precio de los fertilizantes.

Después de aplicar la fertilización correcta y si aparecen deficiencias nutricionales se corrigen estas deficiencias con la aplicación foliar del fertilizante requerido.

El costo de la investigación y la recomendación es bajo en comparación con el valor del programa de fertilización y se recuperan con la economía del uso eficiente de fertilizantes.

Localización de los fertilizantes

Los fertilizantes deben localizarse donde se encuentra la mayor superficie posible de raíces absorbentes ya que son absorbidos por el proceso de difusión y acción de masa, así hay más eficiencia en la absorción de los elementos requeridos.

La mayoría de las raíces se encuentran entre los 1.20 m. de la base del estipe y entre 0 - 0.30 m. de profundidad. Pero las raíces cuaternarias, o sea las absorbentes varían de acuerdo con la edad. En palmas de menos de 2.5 años la mayoría de las raíces se encuentran entre los 2.5 m. de la base de la palma; entre los 4.5 - 8.5 años las raíces están igualmente repartidas entre 0 - 2.4 m. y 2.4 - 4.8 m. de la base y en palmas adultas 10.5 - 17.5 años, la mayoría de las raíces están entre 2.4 y 4.8 m..

La fertilización en palmas de 1 a 2 años debe ser al voleo no formando parches o bandas aplicadas en un radio de 1.5 - 2.5 m. y en palmas entre 3 - 5 años debe hacerse en un radio 1.5-4.0 m. y palmas adultas en las interlíneas (10). Ng (11) reporta que no hay diferencias significativas entre la aplicación al voleo en la interlínea y la aplicación en el círculo en palmas de más de 4.5 años de edad.

Para evitar la compactación por el uso de maquinaria se puede fertilizar cada otra interlínea y cambiar de interlínea cada año. En suelos muy pobres, además se debe fertilizar la cobertura (interlíneas) (12).

Epoca de aplicación

La palma africana es un cultivo exigente en nutrimentos y hay un incremento exagerado de la absorción a partir del segundo año de transplante. Para lograr altas producciones tempranas y una temprana iniciación de la producción es necesaria una fertilización adecuada y temprana, Ng (12).

En Costa de Marfil y en Malasia no encontraron diferencias significativas con el fraccionamiento de fertilizantes ni con la época de aplicación (15, 24).

Para evitar la lixiviación de los nutrimentos se recomienda el fraccionamiento de los elementos fácilmente lixiviables como el N y el K. Además se debe aplicar en el plateo y/o interlínea, en los meses que tienen una precipitación diaria menor de 20 mm.

Las enmiendas cal agrícola o dolomítica, se deben aplicar al voleo. El 50% antes de arar y el 50% antes de

la última rastrillada posteriormente al voleo en las interlíneas.

El fósforo debe aplicarse el 50% al hoyo y 50% al plateo cuando se transplante. Posteriormente al voleo en el plateo y/o interlíneas. En suelos altamente fijadores de fósforo se debe fraccionar en dos aplicaciones.

El Ca y Mg se aplican en el plateo y/o interlíneas. En suelos de texturas gruesas es conveniente fraccionarla en dos aplicaciones.

Fuentes

Para determinar la fuente es necesario considerar varios factores, tales como la disponibilidad en el mercado, el valor de la unidad del elemento aplicado (transporte, manipuleo, almacenaje y aplicación), pérdidas (volatilización y/o lixiviación) y facilidad de manipulación (Cuadro 9.)

Cuadro 9. Principales fuentes de elementos y su concentración

Fuente	N	P_2O_5	K_2O	Mg	B	S	Cl
Urea	46	-	-	-	-	-	-
Nitron 26	26	-	-	-	-	-	-
Sul. Amonio	18	-	-	-	-	24	-
Abono Fosf.	-	15	-	1-2	-	-	-
Roca Fosfór.	-	20	-	-	-	-	-
Sup. Fosf. Trip.	-	45	-	-	-	-	-
DAP	18	45	-	-	-	-	-
Clo. Potasio	-	-	60	-	-	-	45
Sulf. Potasio	-	-	40	-	-	15	-
Sulpomag	-	-	23	12	-	23	-
Cal Dolomiti	-	-	-	10	-	-	-
Carb. Magnes	-	-	-	22	-	-	-
Sulf. Magn.	-	-	-	12	-	18	-
Borax	-	-	-	-	10	-	-
Solubor	-	-	-	-	20	-	-

Elaboró: Owen, E.J 1989

SINTOMAS DE DEFICIENCIA

Nitrógeno

Es el elemento que controla en gran parte el crecimiento y la producción de la palma. Forma parte de la clorofila, los aminoácidos, las amidas y los alcaloides. Con concentraciones inferiores de 2.5% pueden observarse deficiencias de nitrógeno, especialmente cuando el contenido de la hoja 17 es inferior a 2.2% (15).

La primera sintomatología de la deficiencia de nitrógeno es una reducción del tamaño de la hoja o los foliolos, son más angostos y rígidos con los márgenes enrollados dando la apariencia de mayor distancia entre foliolos. En este estado hay poco cambio de color de ellos. A medida que la deficiencia alcanza el limbo de los foliolos se vuelven opacos y toma un color verde pálido a verde amarillo mientras que las nervaduras se vuelven amarillo brillante. Posteriormente el limbo se vuelve amarillo opaco a amarilloso-anaranjado y la nervadura anaranjada. Finalmente el tejido clorótico se convierte en color morado o marrón y los foliolos tienen una muerte ascendente desde las puntas.

Cuando la deficiencia es leve la clorosis se mantiene en las hojas adultas. En cambio cuando la deficiencia se desarrolla rápidamente la clorosis se observa en las hojas jóvenes. Además hay un afinamiento de los peciólos, una disminución significativa en el número de las hojas y una reducción de la altura de la palma.

En condiciones de deficiencias severas la clorosis se encuentra en todos los foliolos con muerte de las hojas más viejas. Los síntomas aparecen con mayor frecuencia en plantaciones jóvenes especialmente en suelos arenosos, bajos en materia orgánica o cuando hay malezas en vez de las coberturas de leguminosas. Los síntomas se muestran en las figuras 3 y 4.

Fósforo

Es un elemento indispensable para las reacciones que controlan la síntesis de las proteínas, controla el crecimiento, buena formación de raíces y tallos, la floración (formación de inflorescencias) y la fructificación (reducir el aborto de las frutas) (15).

Los primeros síntomas de deficiencia son una reducción general del vigor acompañado de una leve clorosis, luego la clorosis se acentúa y a las hojas más viejas les aparece una necrosis en la parte terminal. Pueden observarse manchas necróticas generalmente oscuras (15).

Potasio

El potasio realiza un papel fundamental en el metabolismo de las plantas, pese a que no tiene una función específica. Este elemento es necesario para casi todas las funciones de la palma tales como fotosíntesis,

equilibrio de la respiración, síntesis de las proteínas, metabolismo del nitrógeno y translocación de los hidratos de carbono. Existe como ión (K+) en relaciones con los líquidos celulares y se encuentra en todos los tejidos de la planta pero no ocupa un lugar definido de la célula. A concentración de K en la hoja 17 de 0.70% empiezan los síntomas de deficiencias y a 0.50% son características (15).

Las deficiencias de potasio se pueden manifestar de tres maneras, las cuales pueden ir asociadas en la misma palma y hasta en la misma hoja (10). La primera consiste en una decoloración marginal de color verde difusa en las hojas más viejas. El área afectada se vuelve color verde amarillento y luego amarilla pálida pero no llega al amarillento vivo que es característico de la deficiencia de magnesio.

Los primeros síntomas de deficiencia son una reducción general del vigor acompañado de una leve clorosis que luego se acentúa.

La decoloración se acentúa más en los bordes y disminuye progresivamente hacia la nervadura central, solamente quedando una angosta faja a lo largo de la nervadura central y algunos centímetros de la base todavía verde. Los síntomas se observan en la figura 5.

La segunda deficiencia se caracteriza por la aparición de pequeñas manchas amarillas o anaranjadas de unos milímetros de ancho en el limbo de las hojas más viejas. Al unirse pueden formarse agrupaciones más o menos extensas. Los síntomas se observan en la figura 6.

Se observa una desecación acelerada de las hojas más viejas y se reduce la longitud de la palma y va acompañado de una disminución en el número de las hojas. La palma tiene un porte erguido que le da aspecto de un plumero. Los síntomas se observan en la figura 7.

La tercera se caracteriza por un color marrón opaco o clorosis color ocre uniforme en los foliolos jóvenes en la parte superior de la corona. La clorosis primero aparece en un lugar de la hoja, se extiende hasta toda la hoja, es uniforme de color amarillo. Posteriormente una banda bien definida de tejido clorótico se desarrolla alrededor del margen de la hoja amarilla (10).

Calcio

El calcio forma parte de la pared celular para formar tamices protectores que permiten el paso de nutrientes a la célula. Además, funciona como sustancia pegante entre las paredes de las células (15).

Síntomas de la deficiencia no se han presentado en plantaciones ya que suelos pobres aportan la calidad necesaria para el desarrollo. En cultivos hidropónicos se reporta así: hojas anormales, cortas, limbos estrechos y las raíces no salientes. En hojas más viejas una parte del limbo es esférica con una división de la parte apical y necrótica (15).

Magnesio

Es un componente esencial de la clorofila y acompaña a los fosfatos, se combina con éstos para trasladarse a los sitios precisos como compuestos de fosfato de magnesio (15).

Lo que más caracteriza la deficiencia de magnesio es una coloración uniforme de amarillo a amarillo anaranjado que aparece sobre los foliolos de las hojas viejas. Los síntomas se observan en las figuras 8 y 9. La parte del limbo que rodea a la nervadura central de los foliolos permanece verde. La necrosis empieza por las extremidades de los foliolos tomando un color rojo parduzco y luego adquiere un color pardo. Los síntomas se observan en las figuras 10, 11 y 12. La decoloración se presenta en las partes más expuestas al sol. El efecto de sombra es un signo característico de la deficiencia de magnesio. Las decoloraciones aparecen más en la estación seca y generalmente aparecen en palmas jóvenes y raras veces en hojas jóvenes.

Microelementos

Se denominan así porque su requerimiento en las plantas es de muy pequeñas cantidades (trazas) pero

Fig 3. Síntomas de deficiencia de nitrógeno desarrolladas rápidamente en palma joven Observe el color verde amarillento de las hojas nuevas.

Fig. 6. Síntomas de deficiencia de potasio en hojas adultas. Observe las pequeñas manchas amarillas en el limbo.

Fig 7. Síntomas de deficiencia severas de potasio en palma adulta Observe los síntomas que empiezan de las hojas más viejas hacia las más jóvenes.

Fig. 4. Síntomas de deficiencia severas de nitrógeno en palma joven. Observe el cambio de color de las hojas viejas hacia las jóvenes y la muerte de las más viejas.

Fig. 8. Síntomas de deficiencia intermedia de magnesio en palma adulta. Observe que los síntomas empiezan de las hojas más viejas hacia las más jóvenes.

Fig 5 Síntomas de deficiencia severas de potasio en hoja adulta Observe el secamiento de los bordes hacia la nervadura central

Fig 9. Síntomas de deficiencia severa de magnesio en palma joven. Observe el color amarillo intenso de las hojas intermedias. Las hojas viejas se cortaron por estar secas

esto significa que no son vitales para el buen desarrollo de las plantas. Los elementos menores tienen varias funciones, entre ellas se anotan las siguientes: facilitan la entrada de otros elementos a las células y ayudan a orientarlos en su respectiva posición donde ellos pueden llevar a cabo su función en la célula; funcionan como catalizadores y actúan en los procesos de oxidación y reducción.

Entre los microelementos menores, el que desempeña un papel de más importancia en el crecimiento de la palma, es el boro porque su deficiencia provoca anomalías en el desarrollo que se traduce en perjuicios para el árbol y la producción.

Por ser de baja movilidad los síntomas de deficiencia se presentan en las hojas jóvenes. Se presentan varios síntomas de las distintas fases del síndrome. El más común es el foliolo en forma de gancho pero existen otros síntomas como el arrugamiento transversal del foliolo, bandas blancas, el doblamiento abrupto de la hoja, punta de cerdas, hoja pequeña y hasta la muerte.

Las bandas blancas: aparecen cuando el contenido de boro en la materia seca de los foliolos es menor de 8 ppm (10). Los síntomas se observan en la figura 13.

Hoja en forma de gancho: tiene un aspecto redondeado de la hoja más jóven. Los foliolos en la sección terminal son acortados, anormalmente rígidos y más cerca, compactados. Aparece un gancho en el ápice de uno o más foliolos. El gancho también puede estar corrugado y es anormalmente frágil. Además pueden tener uno o más dobleces que le dan una forma de zigzag. Los síntomas se observan en las figuras 14 y 15.

Fig. 10. Síntomas de deficiencia iniciales de magnesio en hojas bajeras de palma adulta.

Fig. 11. Síntomas de deficiencia intermedias de magnesio en hojas bajeras de palma adulta.

Fig. 12. Síntomas de deficiencia severas de magnesio en hojas bajeras de palma adulta.

Fig. 13. Síntomas de deficiencia de boro. Observe la bandas blancas en la hoja joven de palma adulta.

Fig. 14. Síntomas de deficiencia de boro. Observe los ganchos formados en hojas bajeras de palmas adultas.

Fig. 15. Síntomas de deficiencia de boro. Observe los ganchos formados en la punta de los foliolos jóvenes de palmas adultas.

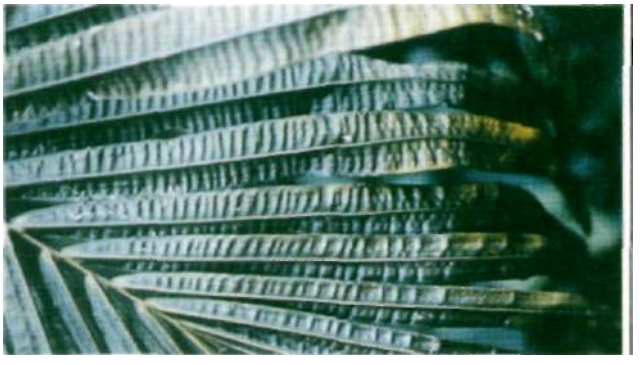

Fig. 16. Síntomas de deficiencia de boro. Observe la corrugación del limbo en los foliolos de las hojas bajeras de palma adulta.

Fig . Síntomas de deficiencia de boro. Estado inicial de formación de hoja pequeña. Observe la deformación de la hoja en palmas adultas,

Lámina corrugada: El limbo del foliolo muestra corrugaciones a lo largo de ella. Los síntomas se observan en la figura 16.

Doblamiento abrupto de la hoja: las hojas afectadas se doblan abruptamente generalmente más a un lado que el otro hasta llegar a quebrarse en el lugar del doblamiento.

Puntas de cerdas: en el ápice de la hoja el foliolo normal es reemplazado por un manojo de cerdas largas y fibrosas saliendo de la punta del ráquis.

Hoja pequeña: las nuevas hojas son reducidas en tamaño y muestran extensa deformación de los foliolos, normalmente muestran gancho y/o arrugamiento. Las foliolos apicales permanecen fundidos para producir una gran masa de tejido laminar. Los síntomas se observan en la figura 17.

La sintomatología típica aparece cuando el contenido de boro es menor de 2 ppm de la materia seca del foliolo (13).

DOSIS

Para evaluar el beneficio de los fertilizantes es necesario compensar los gastos de adquisición de ellos, su aplicación, recolección, transporte y molida de los frutos adicionales cosechados frente al valor del incremento en rendimiento.

Las palmas con elevado potencial de producción cultivados en suelos pobres responden bien a fertilizantes, por lo tanto abonar es altamente rentable. Entre más bajo sea el rendimiento más alto tiene que ser el aumento en producción para que resulte económico.

Una vez que las deficiencias de los elementos mayores se corrijan aparecerán las de los elementos menores. Los nutrimentos son usados primero para el sostenimiento, seguido por el desarrollo vegetal y posteriormente para la producción de fruto y aceite.

Para obtener el máximo efecto de los fertilizantes es necesario mejorar todas las prácticas agronómicas (plateo, drenaje, control de malezas, enfermedades, plagas, cosecha).

Por la variabilidad de suelos, clima y prácticas agronómicas se requiere de diferentes programas de fertilización para el óptimo uso de ello. Las recomendaciones de fertilización deben referirse a condiciones específicas y nunca podría justificar una generalización. Por lo tanto es indispensable instalar experimentos de fertilidad que permitan analizar e interpretar los resultados del diagnóstico foliar para hacer las recomendaciones precisas.

Esta investigación la debe realizar una persona idónea, ya que implica grandes esfuerzos en tiempo (más de 3 años), físicos (parcelas de 30 ó más palmas), humanos (mantenimiento, evaluación y cosecha continua) y financieros (todo lo anterior requiere de presupuesto). Si se diseña mal, no se obtiene lo esperado y se pierde todo el anterior esfuerzo.

En vivero

Trabajando en el Brasil, Rodríguez et. al. (21) con un suelo lotosal amarillo, cuyo análisis químico es el siguiente:

		ppm		me/1OOg				
PH	%MO	PBII	Al	Ca	Mg	K	CICe	%Satur Al
4.4	3.10	28	1.29	3.35	3.22	0.27	8.13	15.9

Encontró que el mejor tratamiento es:

Urea	45 gr/palma
Superfosfato triple (SFT)	50 gr/palma
Cloruro de potasio (KCl)	15 gr/palma

Además, las siguientes relaciones entre el contenido de elementos en el suelo con el de tejido:

Fertilizantes	Elementos en el follaje										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cl	Mn	Mo
Urea	0	0	-	0	-	-	-	-	0	0	-
SFT	0	+	0	+	+	+	0	0	0	0	0
KCL	0	0	+	0	-	-	-	-	+	0	0
Cal Dolom.	0	0	0	+	+	0	+	0	0	-	+
$MgSO_4$	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0

O = Sin efecto; - Efecto negativo; + Efecto positivo

Para el Ecuador Rivadeneira (20) recomienda los siguientes niveles críticos:

Análisis de suelo	gr/palma			
	Urea	SFT	KCL	MgSO4
Bajo	130	66	67	167
Medio	87	33	34	111
Alto	55	22	0	84

La cantidad total se fracciona en tres aplicaciones; a los 3 meses el 10%; a los 6 meses el 30% y a los 9 meses el 60%. Los fertilizantes se deben aplicar al rededor de la palma lo más cerca del borde de la bolsa y en épocas de baja precipitación.

De varios trabajos realizados por el ICA, Jiménez (8) y Owen et. al. (16), se ha llegado a una primera aproximación en el manejo de fertilizantes para vivero:

El suelo para llenar las bolsas de previvero y vivero debe ser fértil, si no se consigue suelo fértil se debe aplicar abono para corregir las deficiencias. Es preferible traer suelo de otra parte y no usar el horizonte A (superficie) de su plantación.

Por ser el nitrógeno de alta lixiviación en el suelo y en altas dosis puede traer problemas de patógenos, se recomienda hacer fertilizaciones de bajos niveles durante la etapa del vivero. La fertilización nitrogenada se encuentra en el cuadro 10.

Cuadro 10 Fertilización nitrogenada según el contenido de materia orgánica del suelo y la edad de la palma

Mes	% Materia orgánica		
	0<2	2 - 4	>4
		gr. N/palma	
1	0	0	0
		Foliar 46 gr en 20 litros de agua para 60 palmas	
3	3	2.0	1.0
5	4.5	3.0	1.5
6	4.5	3.0	1.5
7	6.0	4.0	2.0
8	6.0	4.0	2.0
9	9.0	6.0	3.0
10	9.0	6.0	3.0
11	12.0	8.0	4.0
12	12.0	8.0	4.0

Fuente: Owen, E.J. et al 1978 (16)
Jiménez, 0. 1988(8)

La tabla 11 muestra los niveles críticos y la cantidad de nutrientes requeridos para conseguirlo. En suelos de baja fertilidad es más fácil aplicar las altas dosis de enmiendas y fertilizantes al suelo y posteriormente llenar las bolsas.

Cuadro 11 Niveles críticos de los suelos para previvero y vivero de palma africana

Cal 1/ ppm PB II	Kg/Ha P_2O_5 2/			
<15	150 - 200			
15 - 30	75 - 100			
>30	50			
me/100 gr K	Kg/Ha K_2O 3/	me/100 gr Mg	Kg/Ha MgO 2/	
<0.15	150 - 200	>0.30	120 - 180	
0.15 - 0.30	100 - 150	0.30 - 0.60	60 - 120	
<0.30	50	>0.60	60	

1 / Aplicar 1.5 toneladas de cal dolomítica por cada meq/100 gr del suelo de Aluminio Intercambiable (Al) hasta reducir el porcentaje de saturación de Al (% sat. Al) a 35. La cal se aplica al voleo el 50% antes de arar y el 50% después de la rastrillada.
2/ Aplicar al suelo el 100% antes de la última rastrillada, si el suelo tiene menos de 3 ppm de boro, se debe aplicar 5 Kg/Ha de boro mezclado con fósforo.
3/ Aplicar el 50% antes de la última rastrillada y cada 3 meses el 10%. 15% y 25% restante después de sembrada la palma.

Después de aplicar la fertilización correcta y si aparecen deficiencias nutricionales se corrigen estas deficiencias con la aplicación foliar del fertilizante requerido. Las mejores fuentes son:

Para nitrógeno, urea.
Para fósforo, superfosfato triple.
Para potasio, cloruro de potasio.
Para magnesio, sulfato de magnesio.
Para boro, solubor.

La concentración de la solución no debe ser mayor del 5%. Después de la aplicación foliar para que no vuelva a aparecer se debe aplicar al suelo cada dos meses el nutrimento requerido así: nitrógeno 3 gr., fósforo 3 gr., potasio 8 gr., magnesio 2 gr. y boro 0.25 gr.

Las fuentes simples de los fertilizantes son más económicas que los compuestos. Si se desea usar compuestos se debe hacer la conversión. Las principales fuentes y su concentración aproximada se reportaron en el Cuadro 9.

En sitio definitivo

Nitrógeno

Es el segundo elemento más absorbido por la palma africana y es el más importante por su mayor costo por unidad de elementos. Se reduce significativamente la dosis de nitrógeno aplicado al suelo cuando se usa cobertura de leguminosas rastreras debidamente inoculadas con las bacterias nitrificantes en asociación con palma africana. Ng (11) ha mostrado más rápido desarrollo y mayor producción 6-8% en los cuatro primeros años de cosecha y han presentado casos donde no hay respuesta significativa a aplicaciones de 12.8 y 225.6 Kg/palma de nitrato de amonio durante 3-6 años que representan una economía entre 1.200 a 1,800 Kg/ha en un período de 3 a 6 años.

Las coberturas, además de fijar nitrógeno, mejoran la disponibilidad de nutrientes, la actividad radicular y la acumulación de materia orgánica que es el mayor contribuyente a la capacidad de intercambio catiónico en suelos tropicales. Por el gran servicio que presta la cobertura es necesario mantenerla bien y en suelos pobres se debe pensar en su fertilización.

El síntoma de deficiencia de nitrógeno no aparece en palmas adultas y en cultivos jóvenes cuando hay síntomas de deficiencia la reacción es rápida (semanas) a la aplicación de nitrógeno. Este cambio no se refleja en el contenido de nitrógeno en la hoja pero sí aumenta el vigor vegetativo que muchas veces no se traduce en mayor producción y precocidad (15).

Las principales fuentes son: úrea, difosfato de amonio (DAP), sulfato de amonio y nitrato de amonio. En Malasia Sivana-Dyan citado por Ng (10) reporta que hay una pérdida de nitrógeno de 12-28% por lixiviación y según la fuente el orden de pérdida es la siguiente:

úrea < sulfato < nitrato de amonio

Además, el sulfato de amonio y el nitrato de amonio inducen mayor lixiviación del potasio que la urea.

En Costa de Marfil y en Malasia no encontraron diferencias significativas entre úrea, nitrato de amonio ni sulfato de amonio (15,24). En suelos ácidos no se recomienda el uso de sulfato de amonio por ser sumamente acidificante.

En suelos alcalinos se recomienda el uso de sulfato de amonio. En suelos de textura gruesa o en regiones de alta precipitación se debe fraccionar la aplicación de nitrógeno en dos o sea aplicadas cada seis meses al voleo en el plato y en palmas adultas al voleo en todo el lote.

Fósforo

Es el elemento mayor de menos absorción por la palma africana. Solamente hay respuesta al fósforo en suelos con contenido muy bajo de fósforo.

En Nigeria en tres años no encontró diferencias significativas entre el difosfato de amonio (DAP), roca fosfórica y superfosfato triple (1).

En suelos ácidos se deben usar las fuentes de baja solubilidad como las Escorias Thomas o abono fosfórico y rocas fosfóricas. En suelos neutros y alcalinos usar el superfosfato triple y el difosfato de amonio.

En suelos de afta fijación de fósforo (muy fuertemente ácidos o alcalinos) el fósforo se debe fraccionar y aplicar al 50% de la dosis cada 6 meses. Los fertilizantes de baja solubilidad se deben aplicar al voleo en el plateo y en palmas adultas por todo el lote. Los fertilizantes fosfatados de alta solubilidad se deben aplicar en banda en suelos de alta fijación de fósforo.

Potasio

Es el elemento que más absorbe la palma africana y para corregir la sintomatología de una deficiencia se requiere de 2 a 8 meses y para la producción de 1 a 2 años, ya que la insolación útil del año no actúa sobre el contenido de potasio en el año n+1 y estos dos factores sobre la producción en los años n+2 y n+3 (15).

En suelos ácidos se debe usar el cloruro de potasio y/o sulfato doble de potasio y magnesio, ya que también se presentan deficiencias de magnesio. En suelos alcalinos se debe usar el sulfato de potasio.

En suelos de texturas gruesas y en regiones de alta precipitación se debe fraccionar la aplicación de potasio en dos aplicaciones de 50% cada una.

Los fertilizantes se deben aplicar al voleo en el plateo y en palmas adultas en todo el lote.

Existe una interacción con el magnesio. Hagstron (5) reportó las siguientes dosis de potasio y magnesio de acuerdo con el contenido de ellos en la hoja. (Cuadro 12).

Cuadro 12 Interacción de potasio y magnesio en el tejido para recomendar la fertilización

% Mg	%K				
	>0.80	0.80 - 0.90	0.91 - 1.00	1.01 - 1.11	>1.10
> 0.22	3.0 1/	2.25	1.50	0.75	0
	0.0 2/	0	0	0	0
0.22 - 0.20	2.75 1/	2.0	1.25	0.50	0
	0.75 2/	0.75	0.75	0.75	0.75
0.18 - 0.20	2.50 1/	1.75	1.00	0.25	0
	1.50 2/	1.50	1.50	1.50	1.50
<0.18	2.25 1/	1.50	0.75	0	0
	2.25 2/	2.25	2.25	2.25	2.25

1/ Kg de KCL/palma
2/ Kg de MgS04/palma
Fuente: Hagstron, 1983 (5)

Aplicaciones de potasio (1-3) Kg KCLpalma) en suelos pobres en magnesio reducen el contenido de magnesio en la hoja de 0.300 a 0.280% y los rendimientos (10).

Calcio

De los elementos secundarios es el menos importante ya que generalmente el suelo contiene lo suficiente para el desarrollo y producción de la palma africana. En suelos muy fuertemente ácidos bajos en calcio se requiere calcio como fertilizante y no como correctivo, ya que la palma es tolerante al aluminio intercambiable y a la acidez. Es más importante la aplicación de calcio para la cobertura que para la palma.

Las fuentes de calcio son: cal agrícola ($CaCo_3$), cal apagada ($Ca(OH)_2$), cal viva (CaO), cal dolomítica y sulfato de calcio ($CaSO_4$). La cal se debe aplicar al voleo a todo el lote.

Aplicaciones de calcio de 0 a 2.78 Kg/palma incrementa el contenido de calcio en la hoja 17 de 0.537 a 0.589% y la producción de racimos de 153 a 168 Kg/palma (6).

Magnesio

Es menos absorbido que el calcio pero es más importante porque generalmente los suelos tropicales tienen menor cantidad de magnesio que de Ca. Se presentan deficiencias serias de Mg especialmente en suelos ácidos con alto contenido de aluminio. Las fuentes de Mg son la cal dolomítica, el sulfato doble de potasio y magnesio, carbonato de magnesio, sulfato de magnesio y óxido de magnesio. En suelos muy fuertemente ácidos se pueden usar dosis bajas de cal dolomítica. En suelos de texturas gruesas y en regiones de alta precipitación se debe fraccionar la aplicación de magnesio en dos de 50% cada uno.

Para reducir los costos de los fertilizantes es necesario hacer investigación en las plantaciones .

Se debe aplicar al voleo en el plateo en plantaciones jóvenes y en palmas adultas en todo el lote. En suelos bajos en magnesio se debe aplicar en todo el lote para la persistencia de la cobertura. Al incrementar el contenido de magnesio en el suelo de 0.06 me/meq aumenta el contenido en el tejido de 0.06% a 0.22% y una respuesta del 180% (5).

Boro

Es el elemento menor más importante ya que presenta deficiencias en todas las regiones palmeras de Colombia. Estas deficiencias en algunas regiones son tan serias que hasta producen la muerte de la palma.

Las principales fuentes de boro son el borax ($Na_2B_4O_7H_2O$) y los quelatos de boro. El borax se aplica al plateo y el quelato al follaje.

La deficiencia se acentúa al comienzo de la producción de fruto entre 24-30 meses cuando el desarrollo de los racimos requieren de altos niveles de carbohidratos. Aplicaciones de 100-150 gm/palma en 2 a 3 aplicaciones al comienzo del segundo año, corrige el problema (10).

Palmas con 6-8 ppm en las hojas al aplicar boro al suelo aumenta en dos meses a 15 ppm y cuando se aplica a las axilas llega a 38 ppm (15).

Azufre

La absorción del azufre es el doble que la del fósforo. Por ser el azufre parte de la proteína, y ser esencial en la formación de grasas y el uso de fertilizantes de alto grado que no tiene azufre se puede presentar la deficiencia de este elemento en suelos ácidos. Además es requerido por las coberturas.

Las fuentes más comunes son la flor del azufre y el sulfato de calcio. Se debe aplicar al voleo por todo el lote. Aplicación de azufre incrementa la longitud de la hoja 4 del 196% al 355% en 2 a 4 años, respectivamente, y el círculo basal del 103% al 205% en el mismo tiempo (5).

Cloro

Aplicaciones de cloro aumentan el contenido de cloro en el tejido, aumentan la producción (mayor aceite/racimo, almendra/racimo, peso de almendra,

peso de fruto y mayor número de racimos) y reducen contenido de potasio (2).

Cobre

Aplicaciones de 15 gr de sulfato de cobre al hueco a la siembra, 30 gr un año después, 60 gr dos años después y posteriormente 85 gr cada año después no permitió el "Peat yellowing" en suelos orgánicos y mantuvo el contenido de cobre en la hoja entre 5.58 y 6.18 ppm (9).

Otros elementos menores

Zinc, cobre, magnesio y molibdeno. Las principales fuentes son los sulfatos o quelatos y el molibdato de sodio (Na_2M0_4) que contiene el 46% de molibdeno. Los sulfatos y el molibdato se pueden aplicar al plateo o al follaje y los quelatos al follaje.

Hartley (6), resume el comportamiento o interacción de los diferentes elementos en el suelo con el contenido en la hoja (ver Cuadro 13).

Cuadro 13 Interacción entre los diferentes elementos del suelo con los del tejido

Elemento	% Hoja 17					
en suelo	N	P	K	Ca	Mg	S
N	+	0+	-	-	-	-
P	0+	+	-	+	0	?
K	0++	0	+	-	-	?
Ca	0	0	-	+	0	?
Mg	0	-	-	-	+	?
S	-	?	?	?	?	+

+ Incremento; - Descenso. 0 Sin efecto; 0+ Reportan incremento y descenso, 0++ Pequeños incrementos.
Fuente: Hartley 1967(6)

Los resultados experimentales de fertilización en sitio definitivo en Colombia son muy pocos. Se han realizado experimentos en el Cl la Libertad en suelos de la Clase III en el piedemonte llanero y en el Cl El Mira, en suelos aluviales en la llanura pacífica.

En suelos de la Clase III (18) cuyo análisis de caracterización es:

Cm. Prof.	Text.	pH	% M.O.	S.AL.	ppm P(BLL)	B
0-20	FA	4.4	4.9	73.4	7	0.14
20-40	FA	4.5	3.8	81.9	3	0.14

Cm Prof.	me/100 gr AL	Ca	Mg	K	Na	CLC
0-20	4.36	0.96	0.50	0.06	0.06	5.94
20-40	4.30	0.46	0.43	0.03	0.03	5.26

Se recomienda la siguiente fertilización según la edad. (Ver cuadro 14).

Cuadro 14 Fertilización para la palma africana cultivada en suelos de la Clase III en el piedemonte llanero según su edad.

Años Edad	gr/palma/año N	P_2O_5	K20	Mg0	B_2O_3
1	300	50	300	150	25
2	500	75	650	225	35
3	750	100	1.000	300	45
4	1.200	150	1.500	450	55
5	1.500	200	2.000	600	65
6	2.000	200	2.500	750	75
7	2.000	200	2.500	750	75

Fuente Prieto. E. y Owen, E.J. 1989

Para suelos aluviales cuyo análisis de caracterización es:

Cm Prof.	Text.	pH	% M.O.	S.AL.	ppm P(Bll)
0-20	ArA	5.5	9.7	1.34	19
20-40	ArA	5.5	2.5	0.98	7

Cm Prof.	me/100 gr Al	Ca	Mg	K	Na	ClC
0.20	0.10	5.53	1.40	0.23	0.19	7.45
20-40	0.10	6.40	3.10	0.28	0.35	10.23

Se recomienda la siguiente fertilización según la edad. Ver cuadro 15.

Cuadro 15 Fertilización para la palma africana cultivada en suelos aluviales en la llanura pacífica según su edad.

Años Edad	gr/palma/año N	P_2O_5	K2O	MgO	B_2O_3
1	300	0	150	0	0
2	500	0	250	0	0
3	750	0	500	0	0
4	1.200	0	750	0	0
5	1.500	50	..000	100	25
6	2.000	100	1.500	200	35
7	2.000	100	1.500	200	35

Fuente Jiménez, O.D. 1965(8).

En muchas de las plantaciones usan los niveles críticos de los nutrimentos en los tejidos para recomendaciones y muy pocos tienen una investigación organizada y sistemática para calibrar sus niveles críticos con la fertilización al suelo y la producción.

CONCLUSIONES

a) La palma africana se adapta a una gran variabilidad de condiciones de suelos. Entre mejores sean las condiciones menos inversión se requiere para obtener óptimas producciones.

b) Los distintos métodos de diagnóstico de los requerimientos de fertilización (visual, análisis del suelo y tejido) deben complementarse y correlacionarse con experimentación de fertilidad de suelos hechas en las plantaciones.

c) Existen varios niveles críticos del análisis de tejido de acuerdo con el país o investigadores. Es necesario obtener niveles críticos para Colombia usando laboratorios propios.

d) Existe poca experimentación en la respuesta a los fertilizantes en Colombia; es necesario incrementar esta investigación en suelos representativos en las cinco regiones palmeras.

e) El orden de importancia de la investigación de fertilizantes en suelos ácidos es K = Mg > N = S > P y B > Cal > fuentes de Mg.

BIBLIOGRAFÍA

1. ATAGA, D.O., 1978. *Soil Phosphorus status and responses of the Oil Palm to Phosphorus on some acid soil.* Jour. Nigerian Inst. For Oil Palm Research. 5:25-36 Benincity.

2. CORRADO, F., 1988. *La nutrición y fertilización de la palma de aceite en Latinoamérica.* V. Mesa Latinoamericana Palma Aceitera. Santo Domingo de los Colorados, Ecuador.

3. CHAN, K.W., WATSON, J. y K.C.L.M., 1980. *Use of Oil Palm waste material for increased Production.* Proceding conference on Soil Science and Agricultural Development in Malaysian Society of Soil Science. Kuala Lumpur 213-241.

4. FERRAND, M., 1960. *Informe al Gobierno de Colombia sobre plantas oleaginosas y especialmente sobre la palma de aceite.* FAO. No. 1257, Roma.

5. HAGSTRON, G.R., 1988. *La fertilización de la palma de aceite con nutrientes secundarios.* V Mesa Latinoamericana Palma Aceitera. Santo Domingo de los Colorados, Ecuador.

6. HARTLEY, C.W.S., 1977. *The Oil Palm.* Longmans, London, 958 p.

7. JACOBS, A. y VONUVEXKULK, H., 1961. *Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales,* 626 p.

8. JIMENEZ, O.D., 1985. *Informe anual de programa nacional de oleaginosas perennes.* CRI El Mira, Tumaco, 21 p.

9. KANAPATHY, K., 1980. *Progress in Research and Utilisation of Peat Soils in Malaysia.* Procedings, Soils Science and Agricultura Development in Malaysia. Malaysian Society of Soil Science. Kuala Lumpur, 109-118.p.

10. NG, S.K., 1972. *The Oil Palm, its Culture, Manuring and Utilisation.* International Potash Institute, Berne, pp. 1-145.

11. ———1977. *Review of Soil Palm Nutrition and Manuring scope for greater Economy in Fertilizer usage. Oleagineux.* 32:5:197-206.

12. ———1980. *Oil Palm Development in Malaysia. Proceeding of the fist.* Malaysian Oil Palm. Conference.

13. OLIVIN, J., 1968. *Etude pour la localisation D'un bluc industriel de palmiers al'Huile.* Oleagineux. 23:8-9:49-504, París.

14. OLLAGNIER, M., LAUZERAL, A.; OLIVIN, J. y OCHS, R., 1978. *Evolution des sols souls palmeraie aprés défrichement de la foret.* Oleagineux. 33:11:537-543.

15. OLLAGNIER, M.; OCHS, R. y MARTIN, G., 1970. *El abonamiento de la palma de aceite en el mundo.* Fertilite. 36:30-61.

16. OWEN, E.J.; SANCHEZ, L.F. e HINCAPIE, M.A., 1978. *Fertilización de la palma africana* (Elaeis quineensis Jacq) en vivero de los Llanos Orientales.

17. PREVOT, P. y OLLAGNIER, M., 1957. *Método de utilización del diagnóstico foliar.* Fertilite. 2:3-12.

18. PRIETO, E. y OWEN, E.J., 1989. *Respuesta de la palma africana (Elaeis quineensis Jacq) a la fertilización de N, P, K, Mg y B en suelos de la clase III de los Llanos Orientales.*

19. QUENDEZ, P. y G. DETAFFIN. 1981. *Relation entre la nutrition potassique et. al. pluviométrie en culture de palmiers a'Huile et de cocotiers.* 36:1:1-5 Oleagineux.

20. RIVADENEIRA, J., 1983. *Fertilización mineral de la palma africana en la etapa de vivero.* Bol. Div. No. 136. E.E., Santo Domingo de los Colorados. INIAP. Ecuador,

21. RODRIGUEZ, P., B.; JAILLIEZ, J.; VIEGAS, I.J.M., 1987. *Repostas de N-P-K-Ca e Mg no desenvolvimiento de mudas de dende na regiao de Manaus* - AM. Bol. de Pesquisa No. 4. Embrapa. Uepae. Belém. Brasil, 19 p.

22. TAFFIN, G. DE P. QUENCEZ, 1980. *An aspect of amionic nutrition in the oil palm and coconut. Problem of chlorine.* Oleagineux 35:12:539-546.

23. TANQUE, M., 1982. *Studies of the characteristics of some soils under oil palm in Sahah.* Technical Bulletin No. 5. Depat. of Agri. Sabah, Malaysia, 99 p.

24. TEOH.K.C.yCHEW, P.S., 1980. *Fertiliser responses of oil palm on coastal clay soils in peninsular Malaysia IV Malasian Soil Conferente.* Soil Science and Agriculture Development in Malaysia. Malaysian Society of soil Science. Kuala Lumpur, pp. 192-212.

25. TINKER, P.B.H. y SMILDE, K.W., 1963. *DryMatterProduction and Nutrient contení of plantation Oil Palms in Nigeria.* Plant and soil. 19:3:350-363.

26. VONUVEXKULK, H.R., 1968. *Potassium nutrition of Tropical Crops. The rol of Potassium in Agriculture American Society Agronomy.* Madison, 509 p.

27. VONUVEXKULK, H.R., 1985. *Chlorine in the nutrition of Palm trees.* Oleagineux. 40:2:67-71

28. WERKHOVEN, J., 1966. *Fertilización de la palmera de aceite.* Boletín verde 18 Verlagsgesellschaft fur Ackerbau Hannover, 60 p.

RESUMEN

Los análisis de suelos sirven para seleccionar lotes para el cultivo de palma africana; pronosticar el uso de las enmiendas y fertilizantes con el análisis foliar. Estos tienen que estandarizarse con experimentos de fertilización.

La palma africana incrementa la extracción de nutrimentos después del primer año de transplantado y requiere:

K>N>S>Ca>Mg>P
Fe>Mn>Zn>Cu>B

Los niveles críticos de los elementos en la hoja 17, varían de acuerdo con la edad, clima y método de determinación; pero existe similitud entre ellas. Los niveles son:

%					
N	P	K	Mg	Ca	S
2.68-2.28	0.15	1.0-1.25	0.27-0.30	0.6-0.7	0.20-0.23

ppm				
B	Cu	Mn	Zn	Mo
15-20	3-10	200	15-20	0.5-1.0

Los fertilizantes deben localizarse donde se encuentran las raíces absorbentes. Se debe aplicar al voleo en el círculo o en la interlínea de acuerdo con la edad.

Edad	Metros de la palma
1 a 2	1.5 - 2.5 (circulo)
3 a 5	1.5 a 4.0 (circulo)
Adultas	Interlíneas

Para evitar pérdidas y reducir inversiones se debe aplicar la mitad cada seis meses en época de menos lluvia (precipitación menor de 20 mm/día).

Las fuentes más comunes de fertilizante son:

Nitrógeno: Urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio y difosfato de amonio (DAP).

Fósforo: Escorias thomas, rocas fosfóricas, superfosfato triple y DAP.

Potasio: Cloruro de potasio, sulfato de potasio y sulpomag.

Calcio: Cal agrícola, cal dolomítica y sulfato de calcio.

Magnesio: Cal dolomítica, carbonato de magnesio, sulpomag y sulfato de magnesio.

Azufre: Flor de azufre, sulfato de calcio.

Boro: Borax y solubor.

Zinc, cobre, manganeso: Sus respectivos sulfatos o quelatos.

Molibdeno: Molibdato de amonio.

Las recomendaciones de fertilizantes deben referirse a condiciones específicas y nunca podría justificar una generalización. Por lo tanto, es indispensable instalar experimentos de fertilidad que permite analizar e interpretar los resultados del diagnóstico foliar para hacer las recomendaciones precisas.

Para hacer los viveros es mejor usar suelos fértiles traídos de otras partes. Si no es posible se debe corregir el suelo pobre de acuerdo con los siguientes niveles críticos.

Edad Meses	%M.O. <2	2-4 grN/Palma	>4
1	0	0	0
2	Foliar 46 gr en 20 Lt de agua para 60 palmas		
3	3.0	2.0	1.0
4	3.0	2.0	1.0
5	4.5	3.0	1.5
6	4.5	3.0	1.5
7	6.0	4.0	2.0

Edad Meses	%M.O. <2	2-4 gr N/Palma	>4
8	6.0	4.0	2.0
9	9.0	6.0	3.0
10	9.0	6.0	3.0
11	12.0	8.0	4.0
12	12.0	8.0	4.0

Niveles críticos de los suelos para vivero de palma africana:

Cal 1/	ppm P Bray II	kg/ha P_2O_5 2/	
	<15	150 - 200	
	15 - 30	75 - 100	
	>30	<50	
me/100 gr K	kg/ha K20 3/	me/100 gr Mg	kg/ha
<0.15	150 - 200	<0.30	120 - 180
0.15 - 0.30	100 - 150	0.30 - 0.60	60 - 120
>0.30	<50	>60	<60

1/ Aplicar 1.5 toneladas de cal dolomítica por cada me/100 gr de suelo de aluminio intercambiable (Al) hasta reducir el porcentaje de saturación de aluminio (% sat. Al) a 35. La cal se aplica al voleo al 50% antes de arar y el 50% después de la rastrillada.

2/ Aplicar al suelo el 100% antes de la última rastrillada, si el suelo tiene menos de 3 ppm de boro, se debe aplicar 5 kg/ha de boro mezclada con el fósforo.

3/ Aplicar el 50% antes de la última rastrillada y cada 3 meses el 10%, 15% y 25% restante después de sembrada la palma.

Se recomiendan los siguientes niveles de fertilizantes para suelos de la Clase III en los Llanos y para suelos aluviales de la costa pacífica:

Años Edad	gr/palma/año N		P_2O_5		K2O		MgO		B_2O_3	
	LI.O	C.Pac	LI.O	C.Pac	LI.O	C.Pac	LI. O.	C.P.	LI.O	C.P
1	300	300	50	0	300	150	150	0	255	0
2	500	500	75	0	650	250	225	0	35	0
3	750	750	100	0	1.000	500	300	0	45	0
4	1.200	1.200	150	0	1.500	750	450	0	55	0
5	1.500	1.500	200	50	2.000	1.000	600	100	65	25
6	2.000	2.000	200	100	2.500	1.500	750	200	75	35
7	2.000	2.000	200	100	2.500	1.500	750	200	75	35

Para obtener el máximo efecto de los fertilizantes es necesario mejorar todas las prácticas agronómicas (plateo, drenaje, control de malezas, enfermedades, plagas, cosecha, etc.).