

III. NUTRICION POTASICA EN SUELOS FORMADOS SOBRE ESTRUCTURAS DE ORIGEN VOLCANICO EN SUMATRA

Los efectos del cloruro de potasio sobre la nutrición mineral y la producción de plantaciones de 2 a 23 años de edad se estudian en seis experimentos.

1. Costa Occidental

El experimento LB - CP 1 (Lae Butar), iniciado en 1980 en una plantación de 1974, se localiza en suelos arcillosos livianos (20 por ciento de arcilla) ricos en arenas de grano grueso (60 por ciento) hasta una profundidad de 50 cm. La capa superficial (0 - 20 cm.) es poco árida (pH 5), y tiene una buena cantidad de materia orgánica (2 por ciento de carbono), pero los contenidos en P total y en cationes intercambiables, en especial en K +, son bajos ($Ca^{2+} = 1,4$ meq; $Mg^{2+} = 0,22$ meq; $K+ = 0,10$ meq).

En este experimento se estudian los efectos de tres dosis anuales de urea, fosfato y cloruro de potasio (0, 1, 2 kg/árbol) y dos de kieserita. Aunque es un experimento reciente, ya ha revelado un efecto del fertilizante fosfatado en las dos cosechas de 1981/82 y 1982/83. Sin embargo, el KCl aumenta el contenido de potasio, que era muy bajo en 1983 en el testigo (0,65 por ciento), pero solo hasta 0,88 por ciento para el tratamiento K2. El efecto sobre la producción, aunque alcanzó un 14 por ciento en el tratamiento K2 para la cosecha 1982/83, todavía no era significativo. Sin embargo, parecería que el efecto del KCl es más pronunciado una vez que se ha corregido la deficiencia de fósforo (Tabla 14). lo que puede explicarse tanto por los requerimientos de potasio cada vez mayores como por la corrección de una deficiencia, y más acentuado por el efecto depresivo del fosfato.

TABLA 14

INDONESIA - LB-CP 1
 Efecto del fertilizante potásico en presencia de fosfato de roca (1,5 kg/árbol)

Dosis de KCl kg/árbol/año	Contenidos de K promedios 1982/83	Producción promedio kg de racimos/árbol promedio 81/82-82/83
0	0,720	191(100)
1	0,659	200(105)
2	0,847	221(116)

Director de Investigación, I. R. H. O.
 ** Agrónomo, Dpto. de Agronomía, I. R. H. O.

2. Costa Oriental

En cinco experimentos se estudia la nutrición potásica de la palma africana en "suelos liparíticos" en cinco plantaciones diferentes. De hecho, las características físico-químicas de estos suelos en estos seis experimentos son bastante diferentes (Tablas 15, 16) a pesar de sus orígenes relacionados.

La respuesta a la fertilización potásica no es sistemática ya que sólo se encuentra en dos de los seis experimentos.

En el experimento AL-CP 1 (plantación de 1959), el KCl no tuvo un efecto principal importante sobre la producción, a pesar del contenido bastante bajo (0,14 meq) del suelo en K^+ intercambiable. Sin embargo, interviene como factor complementario de la producción, aumentándola en un 15 por ciento (Tabla 17) a partir del momento en que se corrigen las principales deficiencias en N y P. Debe señalarse que la corrección de esta doble deficiencia produjo un aumento promedio en la producción del 80 por ciento-(70 kg de racimos/árbol/año) de los 14 a los 23 años.

El nivel foliar óptimo de potasio tendría entonces un valor relativamente bajo alrededor de 0,850 por ciento.

El experimento AK-CP 1 (plantación de 1978) tiene un contenido foliar natural en potasio bajo (0,750 por ciento a los 3 - 4 años). Pero también en este experimento el efecto del fertilizante potásico (0,700 g de KCl por árbol) sólo se produce después de que se han corregido las deficiencias en N y, sobre todo, en P.

El aumento de la producción fue de 17 kg de racimos/árbol/año (+ 19 por ciento) durante el período de 3 - 4 años.

Este es un ejemplo de comportamiento que no está totalmente de acuerdo con los análisis de suelos que indican que existe una riqueza bastante buena en K intercambiable, es decir 0,18 meq/100 g y, además, una relación poco elevada Mg/K, de 1,28.

Por el contrario, el suelo del experimento TG-CP 2 (plantación de 1971) tiene un complejo absorbente mucho menos favorable para la nutrición potásica (Tabla 16) y sin embargo los árboles tienen un contenido natural satisfactorio de potasio. Además, el fertilizante potásico no tiene ningún efecto sobre la producción.

TABLA 15 - SUMATRA - Costa Oriental

		Capa Superficial: 0 a 20 cm.					
		Aek Loba		Bangun Bandar	Sungei Liput	Aek Kwasan	Tana Gambus
		AL-CP 1	AL-CP 2	BB-CP 3	ST-CP 1	AK-CP 1	TG-CP2
Arcilla	p. 100	26	4	27	46	47	32
Limo	—	3	15	22	30	23	27
Arenas finas	—	7	19	11	21	18	13
Arenas gruesas	—	64	62	40	3	12	28
C	—	3,0	2,7	1,3	1,7	1,8	1,4
N	—	0,25	0,25	0,17	0,24	0,15	0,17
pH agua	—	5,2	5,6	4,9	4,4	4,9	5,1

TABLA 16 - INDONESIA

Características del complejo absorbente de los suelos por experimentos y respuestas a la fertilización

Capa superficial: 0 a 20 cm.													
Nomenclatura de los ensayos	Características de los suelos								Características de la nutrición de los árboles				
	Complejo absorbente								K		Mg		
	Ca ⁺⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Mg/K	K/S	K/C.I.C.	Mg/S	Mg/ C.I.C.	Deficiencia natural	Contenidos F - (L)	Respuestas a KCl	Contenidos naturales	Respuestas a Mg
Costa Occ. LB 1	1,4	0,10	0,22	2,20	0,06	0,01	0,12	0,02	sí	0,740 (7-8) (1)	sí, después de corregir deficiencias N, P	0,20	no
Costa Or. AL 1	1,4	0,14	0,12	0,85	0,08	0,02	0,07	0,02	no	0,900-0,800 (14-24)	Sí, después de corregir deficiencias N, P	0,22-0,20	no
AI 2	2,0	0,09	0,06	0,67	0,04	0,01	0,03	0,01	no	0,800 (24-27)	no	0,06	sí
BB 3	2,0	0,18	0,56	3,11	0,07	0,015	0,20	0,05	no	1,040 (7-8)	no	0,18	no - Mg no se absorbe no estudiado
ST 1	3,6	0,33	1,79	5,42	0,06	0,02	0,31	0,11	no	0980 (7-8)	no		
AK 1	1,1	0,18	0,23	1,28	0,11	0,04	0,14	0,05	sí	0,750 (3-4)	sí, después de corregir deficiencias N, P (2)	0,23	no
TG 2	2,3	0,15	0,67	4,47	0,05	0,01	0,21	0,05	no	0,950 (9-11)	no	0,20	no

(1) (x — y) — edad de los árboles

(2) Queda por determinar la parte respectiva, en las respuestas a KCl de los elementos K y Cl

S = suma de los cationes intercambiables

C.I.C. = capacidad de intercambio de los cationes

Cifras en negrilla: Valores que pueden explicar la deficiencia o la no deficiencia en K de los árboles

TABLA 17

INDONESIA- AL - CP 1
Efecto del KCl en presencia de una fertilización N P

Período: 1973/74 a 1981/82 (14 a 23 años)

Dosis anuales de KCl/árbol	0 kg	1 kg	2 kg
Contenidos en K (%)	0,775	0,861	0,832
Contenidos en Cl (promedio (%))	0,283	0,456	0,500
kg de racimos árbol/año	147(100)	169(115)	161(110)

TABLA 18

Efecto del fertilizante KCl sobre la producción

Experimentos	Edad de los árboles	Dosis de KCl kg/árbol/año	Cantidad de racimos adicionales por kg de fertilizante
LB-CP 1	7-8	1,0	15
AI-C1	14-23	1,0	22
AK-CP 1	3-4	0,7	24

Como conclusión, el examen de la composición del complejo absorbente de los suelos permite, en cierta medida, prever cómo será la nutrición potásica de los árboles. Sin embargo,

- No todas las situaciones pueden explicarse de esta manera, y
- la importancia de la deficiencia y el nivel de respuesta del fertilizante potásico sólo puede obtenerse a partir de resultados experimentales.

Cuando hay un efecto del fertilizante potásico sobre la producción, es suficiente aplicar dosis pequeñas de KCl para obtener el máximo efecto y asegurar una rentabilidad económica satisfactoria (Tabla 18).

3. Dinámica de los cationes en los suelos

También se realizó un ensayo de infiltración en columnas de tierra, idéntico al que se describió para el suelo de la Mé (Costa de Marfil), en el suelo de Aek Loba (experimento AL-CP1).

Los resultados revelan mecanismos de intercambio y de fijación más complejos que los que se observaron en los suelos de la Mé. Después del 24o día de lavado, el suelo tenía todavía un 43 por ciento del K^+ aplicado en la superficie de la columna, es decir 0,98 meq/100 g de suelo (17 por ciento en la Mé). Sin embargo, se observó que el complejo absorbente sólo había retenido 0.87 meq u 89 por ciento, de ese potasio mientras que la fracción retenida restante (0,11 meq) se había fijado "en forma no intercambiable". Además, la absorción de 0,87 meq de K^+ por el complejo absorbente sólo había provocado el desplazamiento de 0,50 meq/100 g de Ca^{2+} u de Mg^{2+} intercambiables. Por lo tanto, una parte del K^+ había podido fijarse en sitios de intercambio diferentes de los que inicialmente ocupaban el Ca^{2+} y el Mg^{2+} .

Otro hecho importante es que la cantidad total de Ca^{2+} infiltrada a partir de columnas a las cuales se ha aplicado KCl, es 4 veces más elevada que la cantidad de Ca^{2+} intercambiable desorbida.

Existe entonces una fuente de calcio fácilmente soluble (probablemente plagioclasas de la fracción arenosa) que mantendría los contenidos de Ca^{2+} intercambiables en un nivel elevado, así como la concentración de la solución de suelo, de donde se deduce la hipótesis actual del "suelo con una fuerte presión de calcio" para explicar la ausencia de res-

puesta del fertilizante potásico. Los estudios complementarios cuya realización está en curso permitirán probablemente dar una mejor explicación a los fenómenos observados.

D. Nutrición Magnésica

La palma africana requiere una cantidad de magnesio cinco veces inferior a la cantidad de potasio que requiere.

La respuesta a la fertilización magnésica está estrechamente ligada a la naturaleza de los suelos. Así, las palmas sembradas en suelos lateríticos absorben fácilmente el magnesio, mientras que en los suelos sobre materiales de origen aluvial o volcánico la absorción de magnesio es mucho más irregular, e incluso, inexistente.

I. Nutrición magnésica en suelos formados sobre suelos lateríticos

Suelos formados sobre sedimentos arenosos terciarios de la meseta del Continente Terminal Camerún

Un experimento realizado sobre "acid sands" (arenas acidas) del Camerún demostró, por una parte, la fragilidad de la nutrición magnésica en este tipo de suelos y, por otra, la facilidad con la cual puede corregirse.

El experimento LD-CP 6 (plantación de 1962) se instaló en una zona especialmente desaturada de las arenas terciarias. De 1967 a 1976, se estudiaron 3 dosis anuales de KCl (0, 1 y 2 kg/árbol) y 3 dosis de kieserita (0, 0,5 y 1 kg).

Pronto se demostró (a partir de 1979/70 y especialmente después de 1974) que los contenidos de Mg y de K disminuían considerablemente de un año a otro cuando no se aplicaba ningún fertilizante, pero también bajo el efecto antagónico del fertilizante utilizado para suministrar el otro elemento. Así, las aplicaciones de KCl y de kieserita, realizadas por separado, daban como resultado una nutrición mineral muy desequilibrada que no permitía que los fertilizantes produjeran algún efecto sobre la producción. Analizando la tabla de contingencias de la producción (Tabla 19) para el período 1972/76, se observa que las mejores producciones se obtuvieron con las combinaciones de 1 ó 2 kg de KCl con 1 kg de kieserita para contenidos foliares cercanos a los niveles óptimos habituales ($K = 1$ por ciento; $Mg = 0,240$ por ciento). El experimento LD-CP 6

TABLA 19

Camerún - LD-CP 6
 Contenidos foliares y producción

KCl (kg)	kg de kieserita/árbol/año			Promedio		
	0	0,5	1	0	0,5	1
0	0,826 0,195	0,670 0,299	0,657 0,318	62	69	61 64
1	1,207 0,126	1,003 0,199	0,988 0,247	71	82	84 79*
2	1,318 0,129	1,178 0,188	1,082 0,238	68	71	97 79*
Contenidos promedio de K y Mg de 1974 a 1976				67	74	80*
				kg de racimos/árbol Promedio 1972/76		

es uno de los pocos que confirman el nivel óptimo de 0,240 para el Mg, que se contradice en muchos otros ensayos (Indonesia, Colombia, Ecuador). Estos resultados llevan a recomendar un fertilizante anual compuesto por 1,5 kg de KCl y 1 kg de kieserita por árbol para corregir las 2 deficiencias que aparecen simultáneamente a partir de cierta edad sobre este tipo de suelo.

II. Nutrición magnésica en suelos de origen aluvial.

I. Suelos aluviales de Colombia

En varios experimentos se ha estudiado la nutrición magnésica en San Alberto (Colombia). Son muy pocos o inexistentes los efectos del fertilizante magnésico sobre los contenidos. En el experimento SA-CP 1, en el cual los contenidos naturales son cercanos a 0,240, es necesario esperar unos diez años para obtener un incremento que sólo es significativo de manera intermitente y que no tiene ningún efecto sobre la producción. De la misma manera, en el experimento SA-CP 2, en el que el contenido del testigo es de 0,240, no se observa ningún efecto de la kieserita sobre la nutrición mineral. Incluso en los experimentos SA-CP 3 y SA-ES 53, en el que los contenidos naturales son inferiores a 0,200, no se observa ningún efecto del fertilizante magnésico. Esta "inercia" de la nutrición magnésica, así como la de nutrición potásica (ver Sección C-II-1, a), se debe probablemente a la "fuerte presión de calcio" de la solución de suelo, causada por contenidos muy elevados de Ca^{2+} del complejo absorbente.

2. Suelos aluviales del Perú

Las aplicaciones de fertilizante magnésico no tuvieron prácticamente ningún efecto sobre la producción en el experimento PE-CP 1 (plantación de 1963), en el que el contenido natural de magnesio de las hojas (promedio 1980/81) es de 0,230. Por el contrario, en el experimento PE-CP2 (plantación de 1976) los contenidos (promedio 1980/82) de los tratamientos 0, 1 y 2 kg/árbol/año de dolomita fueron respectivamente de 0,217, 0,231 y 0,239*. Sin embargo, el aumento significativo de los contenidos de magnesio inducido por la dosis más alta de dolomita no produjo ningún aumento en la producción durante el período 1980/82.

Los contenidos de magnesio de las hojas son más elevados cuando el fertilizante magnésico se aplica con "cloruros" que cuando se aplica con "sulfatos". Así, en el experimento PE-CP 2, los contenidos de magnesio (promedio 1979/82) fueron respectivamente de 0,240 y 0,219**, de acuerdo con la naturaleza del respectivo fertilizante.

III. Nutrición magnésica en suelos formados sobre materiales de origen volcánico

1. Suelos volcánicos de Sumatra

De los siete experimentos ya mencionados en lo referente a la nutrición potásica (Tabla 16), seis analizan también la nutrición magnésica y sus efectos sobre la producción en árboles de 3 a 23 años de edad. La Tabla 16 indica que los experimentos pueden agruparse en función de los contenidos de Mg^{2+} del complejo absorbente del suelo (Figura 6).

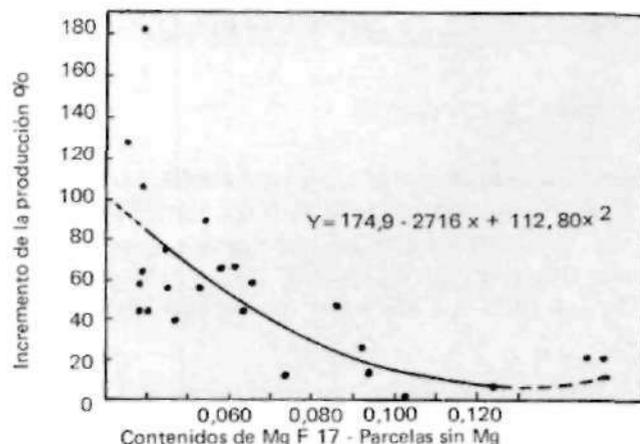


Figura 6. Indonesia (AL-CP 2). Aumento de la producción después de haber corregido el contenido de Mg.

- 3 cosechas: 1974/75 - 1976/77 [n - (n + 1)]
- Contenidos promedio (n - 1) n correspondientes a cada cosecha
- Producción promedio (kg de racimos/árbol/año)
- sin kieserita: 103
- con kieserita: 153

a) AL-CP 1 y AL-CP 2

Los contenidos de Mg^{2+} del complejo absorbente son muy bajos (0,12 y 0,06 meq, respectivamente), pero el comportamiento de las palmas es muy diferente:

— en el experimento AL-CP 2, el contenido natural de magnesio de las palmas de 17 a 23 años de edad es de apenas 0,06 por ciento y las respuestas al fertilizante magnésico son muy fuertes e incluso espectaculares;

— en el experimento AL-CP 1, el contenido natural de magnesio de los árboles de 14 a 23 años de edad alcanzan niveles de 0,22 a 0,20 (según la edad), y los fertilizantes no producen ningún efecto sobre los contenidos ni sobre la producción.

Es necesario preguntarse si las diferencias entre los contenidos de Mg^{2+} del suelo y las diferencias entre las razones Mg^{2+}/K^2 por ciento o $Mg^{2+}/(K^+ + Ca^{2+})$ por ciento (8 para AL-CP 1 y sólo 3 para AL-CP 2), aunque existen para valores bajos, son suficientes para explicar estas diferencias de comportamiento.

b) LB-CP 1 y AK-CP 1

Siendo relativamente bajos los contenidos de Mg^{2+} del complejo absorbente, de 0,22 meq, y siendo de 15 y 18 las razones de $Mg^{2+} / (K^+ + Ca^{2+})$ por ciento, en estos ensayos no se observó ninguna respuesta al fertilizante magnésico.

c) BB-CP 3 y TG-CP 2

En estos experimentos, en los cuales tampoco se observó respuesta alguna al fertilizante magnésico, los contenidos de Mg^{2+} de complejo absorbente son altos, cercanos a 0,60 meq y las razones de $Mg^{2+} / (K^+ + Ca^{2+})$ por ciento son iguales a 26/27.

En ninguno de los casos, a excepción del experimento AL-CP 2, se encuentran contenidos altos de magnesio natural en las hojas, los cuales están comprendidos entre 0,200 y 0,230. En el caso del experimento BB-CP 3, alcanza apenas 0,180, a pesar de que el contenido de Mg del complejo absorbente del suelo en que se realiza este experimento es bastante elevado.

2. Suelos volcánicos del Ecuador

El experimento TT-CP 1 se inició en 1974 en una plantación del mismo año sobre suelos de tipo andino formados sobre sedimentos volcánicos profundos (Tabla 20).

TABLA 20
Ecuador - TT - CP 1 • Suelo

Capa Superficial: 0 a 20 Cm.		
Arcilla	p. 100	4
Limo	p. 100	59
Arenas finas	p. 100	36
Arenas gruesas	p. 100	1
Carbono	p. 100	3,0
Nitrógeno total	p. 100	0,3
P. total	ppm	1.060
P asimilable (Olsen)	ppm	87
C.I.C.	meq/100 g	23,2
K^+	meq/100 g	1,9
Ca^{2+}	meq/100 g	12,2
Mg^{2+}	meq/100 g	3,2
pH agua		6,3

El suelo se caracteriza por una C.I.C. y un contenido de cationes excepcionalmente altos, incluyendo el Mg^{2+} intercambiable. La razón $Mg^{2+} / (K^+ + Ca^{2+})$ por ciento es de 23 por ciento, comparable con los valores encontrados en los experimentos BB-CP 3 y TG-CP 2 realizados en Sumatra.

El experimento TT-CP1 estudia, entre otras cosas, los efectos de tres dosis de sulfato de magnesio, una de ellas al nivel 0. Las dosis de los niveles 1 y 2 aumentaron desde 1974 y alcanzaron los 2 y 4 kg de $MgSO_4$ /árbol, respectivamente, en 1980. A pesar de estas dosis altas y de un contenido natural de Mg en las hojas muy bajo (0,124, promedio 1978/83, 4 a 9 años), las aplicaciones de $MgSO_4$ nunca tuvieron un efecto continuo e importante sobre los contenidos de los demás tratamientos. Obviamente, nunca ha habido un efecto sobre la producción y a pesar de los contenidos muy bajos de Mg en las hojas, el testigo produjo 167 kg de racimos/árbol/año, o un promedio de 22,5 toneladas/ha entre 1978 y 1983.

Estos resultados pueden compararse con los que se obtuvieron en el experimento vecino, TT-CP 2, sembrando en 1977 sobre suelos cuyo perfil se caracteriza esencialmente por un manto de materiales volcánicos a una profundidad de apenas 40-60 cms, que descansa sobre aluviones de arena fina con una capa freática. El complejo absorbente (capa de 0-20 cm.) tiene un contenido de cationes intercambia-

bles más bajo que el del suelo del experimento TT-CP 1 ($Ca^{2+} = 2,4$ meq; $Mg^{2+} = 1,75$ meq; $K^+ = 1,12$ meq; $Mg^{2+} / (K^+ + Ca^{2+} p. 100 = 39)$ (Tabla 21).

TABLA 21

Ecuador - Respuesta de las plantas jóvenes al fertilizante magnésico

Niveles de fertilizante magnésico	0	1	2
TT-CP 1 - Mg p.100 (promedio 4/5 años)	0,138	0,141	0,145
TT-CP 2 - Mg p.100 años)	0,174	0,195**	0,201**
kg de racimos/árbol - promedio	210(100)	227(108)	227(108)

En esta área, los contenidos naturales del testigo son superiores a los del testigo en el experimento TT-CP 1 y se observa especialmente una respuesta de los contenidos foliares y de la producción al fertilizante magnésico (principalmente cloruro de magnesio: 0,750 y 1.500 g/árbol/año), desde los primeros años. Aún con la dosis intermedia se obtienen la producción y los contenidos máximos.

La diferencia en el comportamiento de los árboles entre los dos sitios puede explicarse tal vez por un mejor suministro de agua en el experimento TT-CP 2.

Todavía no es posible dar un valor del contenido óptimo de Mg en las hojas con base en los resultados del experimento TT-CP 2, puesto que en este experimento, todavía bastante reciente, aún no se han estabilizado los contenidos (Mg = 0,192 p 100 a los 2 años de edad, y 0,174 p. 100 a los 5 años, para la dosis 1).

EFFECTOS DE LA NUTRICION Y EL PROGRESO GENETICO SOBRE LA CALIDAD DEL ACEITE DE PALMA

La última parte de este trabajo tratará sobre los efectos de la nutrición y del progreso genético sobre la calidad del aceite de palma.

A. Efectos de la nutrición mineral

Existen muy pocos resultados experimentales convincentes, o que se hayan aplicado prácticamente, sobre el efecto de la fertilización sobre la composición del aceite. Sin embargo, debe mencionarse el

trabajo de N'Guyen Siew Kee (1973) realizado en Malasia, en el cual se demostró que el potasio y el calcio, que aumentan la producción sobre turba, también tienden a aumentar la proporción de ácido oléico, mejorando así la calidad del aceite.

Ochs (1977) demostró, en Costa de Marfil, que bajo la influencia de los fertilizantes se produce una disminución del índice de yodo, que es una indicación del grado de no saturación. Esta disminución se produce sobre el ácido oléico con la kiese-rita, y sobre el ácido linoleico, con el KCI.

Sin embargo, estos cambios no tienen el mismo alcance que las variaciones genéticas.

B. Efectos del material Vegetal

1. Variaciones de los ácidos en *Elaeis guineensis* y en *Elaeis melanococca*.

Aún no se ha realizado sistemáticamente el estudio de los datos individuales de los análisis para la selección de los árboles. Sin embargo, pueden citarse algunos ejemplos que darán una idea sobre la variación de los diferentes ácidos grasos en *E. guineensis* y en *E. melanococca* (oleífera).

Elaeis guineensis

En la figura 7 se ilustra la distribución de la suma de los ácidos grasos no saturados para los árboles obtenidos mediante la autofecundación de dos árboles, y para aquellos obtenidos mediante el cruce de los mismos dos árboles. Se observa que pueden encontrarse valores superiores a 60 de la suma de ácidos grasos no saturados en algunos cruces Deli x la Mé, cuyo promedio es de 56, 57 o incluso 58.

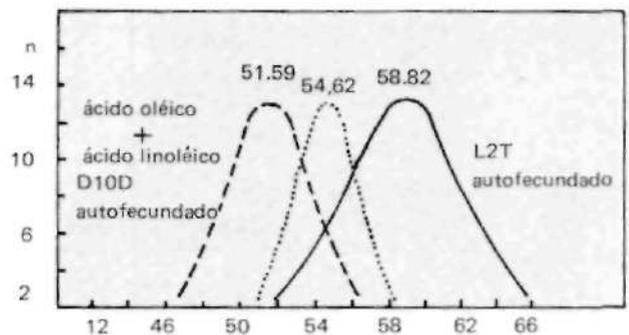


Figura 7
Suma de los ácidos grasos no saturados

Los análisis individuales dan una indicación de los intervalos existentes para los diferentes ácidos grasos:

Acidos grasos	Mínimo	Máximo
Dura Deli		
C16 palmítico	33,9	53,7
C18 esteárico	2,1	10,1
C18: 1 oléico	31,5	43,8
C18: 2 linoléico	7,0	16,4
Tenera de la Mé (Costa de Marfil)		
C16 palmítico	27,6	42,4
C18 esteárico	4,7	10,1
C18: 1 oléico	38,2	56,1
C18: 2 linoléico	5,8	12,9

Elaeis melanococca

En *Elaeis melanococca*, la suma de los ácidos grasos no saturados siempre es superior a 60, como se indica en la Tabla 22, que da los valores externos de los diferentes ácidos para varias poblaciones.

2. Mejora de la composición del aceite

Una vez se ha planteado el objetivo de la mejora genética (mejora de ácidos grasos saturados o no saturados), se dispone de varios métodos para alcanzarlo, así como de varios enfoques.

Es evidente que la reproducción de cruces que tienen una buena composición del aceite es un medio

TABLA 22
Variaciones en *Elaeis melanococca*

	Palmítico C16		Esteárico C18		Oléico C18:1		Linoléico C18:2		No saturados		Índice de Yodo		
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
Surinam	22,8	28,4	1,9	3,7	60,7	67,2	4,0	10,4	67,4	74,0	63,5	74,5	16
Brasil	18,4	30,5	1,0	5,9	41,6	62,6	8,0	23,0	62,8	79,1	60,5	80,2	52
Colombia	14,8	27,4	0,2	1,4	55,3	72,8	6,4	21,6	71,2	84,3	71,4	90,5	50
Panamá	17,1	24,8	0,3	0,8	49,8	60,2	16,8	23,0	73,1	80,4	82,3	88,1	26
Costa Rica	18,6	23,4	0,3	1,0	50,0	61,5	16,9	23,0	73,7	81,0	81,6	87,9	24

TABLA 23
Ácidos grasos del aceite y de la hoja de diferentes cruces

Tipo de cruce	Deli x La Mé								Deli x Yangambi		Melanococca Brasil x La Mé			
	LM 246 L10T x D8D		D115D x L2T		Vivero 8 meses		12 años		Vivero 8 meses		22 años		12 años	
Edad	24 años		22 años		Vivero 8 meses		12 años		Vivero 8 meses		22 años		12 años	
Acidos grasos	Tipo de lípido		Tipo de lípido		Tipo de lípido		Tipo de lípido		Tipo de lípido		Tipo de lípido		Tipo de lípido	
	Aceite de palma	tri (hojas)	Aceite de Palma	tri (hojas)	Tri (hojas)	Aceite de palma	Tri (hojas)	Tri (hojas)	Aceite de palma	Tri (hojas)	Aceite de Palma	Tri (hojas)	Aceite de Palma	Tri (hojas)
C16:0	34,2	32,4	39,5	38,6	33,4	39,6	36,0	34,4	49,9	46,0	31,4	30,1		
C18:0	8,0	9,6	6,8	12,1	12,8	6,9	11,1	12,9	5,6	7,8	3,8	11,0		
C18:1	47,2	24,7	43,3	20,0	19,0	42,1	26,4	20,6	31,2	36,4	51,8	50,5		
C18:2	10,5	33,3	10,4	29,2	34,7	11,4	26,5	32,1	13,2	9,7	13,0	8,3		
P. 100 ácidos grasos saturados	42,2	42,0	46,3	50,7	46,2	46,5	47,1	47,3	55,5	53,8	35,2	41,1		
P. 100 ácidos grasos no saturados (I)	57,7	58,0	53,7	49,2	53,7	53,5	52,9	52,7	44,4	46,1	64,8	58,8		
I/S	1,37	1,38	1,16	0,97	1,16	1,15	1,12	1,11	0,80	0,86	1,84	1,43		
análisis número	Hexano 6 x 6		Hexano 6 x 6		Hexano 6 x 6		Hexano 6 x 6		ME OH 6 x 2		ME OH 6 x 2			

6 muestras analizadas 6 veces, ó 2 veces.

seguro para lograr mejoras. Estas mejoras se acentuarán seleccionando los progenitores para estas reproducciones. Esto puede preverse con base en las heredabilidades **que** se encontraron en (1) y (2) para el índice de yodo y para la suma de los ácidos grasos no saturados. Las siguientes son las heredabilidades encontradas:

Hereditabilidad de la composición del aceite				
Cruce Parental	La Mé x Deli		Yangambi x Deli	
	Dura	Tenera	Dura	Tenera
1. Índice de yodo	0.90	—	0.82	—
2. Ácidos grasos no saturados	1.20	—	0.96	—
3. Ácido oléico	—	0.64	0.83	—

Recientemente, los primeros resultados obtenidos por J. Graille y E. Biang N'Zie (Tabla 23) han permitido considerar una prueba precoz para la composición del aceite. Se reveló la existencia de una analogía entre la proporción de ácidos grasos saturados y no saturados en los lípidos del fruto y en los de la hoja adulta o joven (vivero).

El examen de los valores extremos obtenidos tanto para *Elaeis guineensis* como para *E. melanococca* revela diferencias enormes:

	Mínimo	Máximo
Palmítico	14,8	53,7
Estearico	0,2	10,1
Oléico	31,5	72,8
Linoléico	4,0	23,0

Para explotar estas diferencias, puede desde ya considerarse la combinación de los modos de propagación sexual y vegetativo.

Sin embargo, debido a la duración de una generación, es necesario ver las cosas de manera realista establecer una diversidad de programas.

Corno una medida a corto plazo, una primera forma de mejora consiste en escoger los cruces de acuerdo con la composición del aceite y en escoger los progenitores para su reproducción.

Como un proyecto a mediano plazo, un método seguro de mejora consiste en clonar los mejores árboles, teniendo en cuenta la composición de sus aceites. Este método puede considerarse para *E. guineensis* y los individuos fértiles interesantes encontrados en los retrocruces y para los F2 de *Elaeis melanococca* x *Elaeis guineensis*. Si se confirman los re-

sultados, la prueba precoz podría permitir la selección de los cruces desde el vivero.

La estrategia a largo plazo es sencilla, aunque su puesta en práctica es compleja. Se garantiza la concentración de genes interesantes, mediante su recombinación dentro de grupos, con un enriquecimiento exterior siempre que sea posible. Luego se buscan los individuos interesantes para la clonación haciéndose combinaciones, algunas de las cuales se programan para la creación de una gran variabilidad.

CONCLUSION GENERAL

Las dos partes del este artículo examinaron los resultados de las investigaciones del I.R.H.O. (Instituto para la Investigación de Aceites y Oleaginosas) realizadas sobre la nutrición mineral y la calidad del aceite de palma. Realizando experimentos en múltiples lugares, fue posible comparar los resultados obtenidos en Africa Occidental, América del Sur e Indonesia y tener un mejor conocimiento de la relación suelo/planta. La hereditabilidad de la composición en ácidos grasos del aceite ofrece buenas perspectivas de mejora.

