

INTRODUCCION

Durante la última reunión del Comité Asesor del Programa PORIM el Dr. Ng Siew Kee dictó un seminario sobre los "Avances en la nutrición, la agronomía y la productividad de la palma africana en Malasia".

En este trabajo se estudiarán los resultados de la investigación del I.R.H.O. sobre problemas de la misma naturaleza que se presentan en algunas regiones productoras de palma africana diferentes de Malasia: Africa Occidental, América del Sur, Indonesia.

Se estudiarán los problemas de nutrición y fertilización respecto a cada uno de los elementos y luego se analizarán los efectos de los fertilizantes y materiales de siembra sobre la calidad del aceite.

EFFECTOS DE LA NUTRICION MINERAL SOBRE LA PRODUCTIVIDAD

A. NUTRICION NITROGENADA

Los resultados de los experimentos de fertilización realizados en los suelos lateríticos de Africa Occidental (Costa de Marfil, Bénin, Nigeria, Camerún) son totalmente diferentes de los obtenidos, por ejemplo en Indonesia, en suelos de origen volcánico.

En Africa Occidental, la respuesta a los fertilizantes nitrogenados es nula, mientras que en Indonesia, sin embargo, se ha observado contenido de nitrógeno en plantas jóvenes de 7 ensayos realizados para estudiar el sulfato de amonio en el Centro de Investigación de Marihat (extremos: + 0,5 t para un contenido de nitrógeno de 2,46 del testigo, y 4 t para un contenido de nitrógeno de 2,25 del testigo).

La respuesta más fuerte se observó en un experimento realizado por P.T. Socfindo, en el cual se logró un promedio de 6,5 t de racimos/h durante un periodo de 8 años (entre 13 y 21 años de edad). Más adelante (entre 22 y 23 años), la respuesta disminuye y alcanza solamente 3 t de racimos/ha.

En Africa, el contenido de nitrógeno de las hojas disminuye poco con la edad. En Indonesia, sin embargo, el contenido de nitrógeno en las plantas jó-

venes varia de 2,7 a 2,9; por lo tanto, si no se aplica nitrógeno, dicho contenido puede disminuir a 2,10 en las plantaciones no fertilizadas. Puede estabilizarse en 2,50 aproximadamente con la aplicación de un fertilizante nitrogenado (Fig. 1). No se conoce cuál es la razón de esta diferencia de comportamientos.

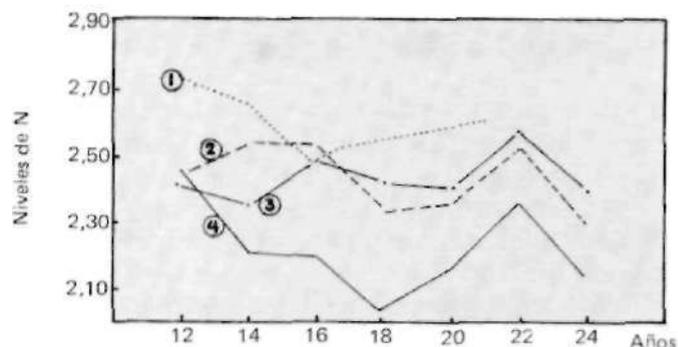


Fig. 1. Nutrición nitrogenada en Costa de Marfil e Indonesia.

- (1): Costa de Marfil sin nitrógeno
 - (2): 4 kg
 - (3): 2 kg y después 6 kg
 - (4): Testigo
- } Indonesia

Aún no se tiene una idea clara de lo que significa el equilibrio del nitrógeno en una plantación de palma africana, ya que el Dr. Ng Siew Kee indica que las exportaciones de nitrógeno en una plantación de palma africana que produzca 25 t de racimos/ha alcanzan los 192 kg de nitrógeno por hectárea, mientras que se obtienen sólo 180 kg con grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados (3 kg úrea/árbol).

B. NUTRICION FOSFORADA

Bajo la égida del Instituto Mundial del Fosfato (IMPHOS), los institutos GERDAT e I.R.H.O. iniciaron en 1976 un estudio sistemático del contenido de fósforo de los suelos tropicales.

Las muestras, tomadas durante experimentos de fertilización en los cuales se supervisaron bien los parámetros de rendimiento y análisis de follaje, se sometieron a una serie de análisis y pruebas biológicas (en cultivos en materas, según el método de Chaminade, utilizando la planta *Agrostis* como testigo). Se utilizaron varios métodos para la dosificación del fósforo:

— P total (ataque perclórico y nítrico)

Director de Investigación, I.R.H.O.

** Agrónomo, Departamento de Agronomía, I.R.H.O.

- P saunders (extracción utilizando soda caliente, 0,1 N)
- P Olsen (extracción utilizando un reactivo formado por NH_4F , 0,5 N y NaHCO_3 , 0,5 N con un pH de 8,5)
- P Bray, N°2 (extracción utilizando NH_4F , 0,03 N y HCl , 0,1 N)
- P extraído utilizando resinas
- P fijado, o capacidad del suelo para la fijación del fosfato.

La Tabla 1 muestra, para los diferentes tipos de suelos, clasificados como lateríticos, aluviales y volcánicos (que volveremos a encontrar en las secciones relativas al potasio y al magnesio), los niveles umbral de P del suelo correspondientes a los diferentes métodos de extracción; los niveles promedio de fósforo corresponden a los diferentes métodos y han sido tomados a partir de un cierto número de experimentos de fertilización. También muestra esta tabla las respuestas obtenidas en la aplicación del fosfato.

Las respuestas a la fertilización potásica son muy frecuentes en toda la red mundial de experimentación. El estudio del inventario de todos estos experimentos demuestra que el 70 por ciento de ellos responde al fertilizante potásico, aunque los grados de intensidad varían considerablemente. Dependiendo de la situación, una tonelada de KCl produce un incremento en la producción de 6-14 toneladas de racimos (1, 2-2, 8 toneladas de aceite).

La intensidad de la respuesta depende en gran parte de las características físico-químicas del suelo y del clima. Por lo tanto, deben distinguirse las siguientes categorías de suelos en las zonas de cultivo de la palma africana:

- suelos lateríticos (ferralsuelos) más o menos desaturados formados sobre rocas madre de origen sedimentario, eruptivo y metamórfico;
- depósitos, generalmente poco evolucionados, formados sobre aluviones fluviales (fluvisuelos);

TABLA 1. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS Y RESPUESTAS A LOS FERTILIZANTES FOSFATADOS

Niveles de los umbrales de P del suelo para IC = 50	Suelos ferralíticos			Suelos aluviales			Suelos volcánicos				
	Costa de Marfil		Brasil	Colombia	Indonesia	Perú	Ecuador	Indonesia			
	Sedimentos terciarios	Zócalo terciarios					CP1	BB3	TG2	CP1	
Total 400 ppm	500	300	80	1.000	1.320	475	800	270	134	153	100
Saunders 130	283	84	22	440	510	92	200	16	40	18	18.5
Olsen 30	61	13	8		96	32	70	25	14.7	38.5	11
Bray 15	41	7.3	3.9		9.5	11	2.8	1.7	5.2	2	1.1
P extraído por resinas	26	5.4	1.6		79	17.5	14.3	4.5	8.6	3	1.9
Poder de fijación ppm	300	230	200	450	950	885	2.300	530	820	790	1.040
Respuesta a los fosfatos %/o	no	+ 10	100	0	0	0	0	50	0	0	30

De manera general, en suelos lateríticos y aluviales hubo una buena concordancia entre contenidos bajos y respuestas fuertes (y viceversa). En los suelos volcánicos se observaron algunas discrepancias en los experimentos realizados en Indonesia, y deben tenerse en cuenta bien sea el nivel de fósforo en el suelo, o su capacidad de fijación, para relacionar las características del suelo y las respuestas al fosfato.

C. NUTRICION POTASICA

El potasio es, lo mismo que el nitrógeno, uno de los elementos que más necesita la palma africana para asegurar su crecimiento vegetativo (inmovilización) y para la producción de racimos (exportación). Para una producción anual modesta de 15 t de racimos/ha, se requieren aproximadamente 100 kg de potasio.

- suelos inmaduros, o suelos que evolucionan hacia la lateritización, formados sobre material de origen volcánico.

A través de una red experimental muy variada y en múltiples sitios, el I.R.H.O. ha podido estudiar el nivel de la nutrición potásica y los elementos fertilizantes que requieren las palmas africanas sembradas en cada uno de los tres grupos principales de suelos. Los resultados experimentales revelan que existen importantes diferencias de comportamiento de acuerdo con las características físico-químicas de los suelos.

I. NUTRICION POTASICA EN SUELOS LATERITICOS

A esta gran categoría pertenecen muchos tipos de suelos sembrados con palma africana. Son predo-

minantes en Africa Occidental, frecuentes en América Latina (por ejemplo, en la cuenca amazónica) y existen en Malasia e Indonesia.

Se describirán principalmente los resultados obtenidos en Costa de Marfil, que son lo suficientemente representativos para caracterizar la nutrición potásica en todas las plantaciones de palma africana sembradas en suelos lateríticos, cuyo común denominador es la presencia de una proporción dominante de kaolinita en la fracción arcillosa. Esta arcilla tiene un bajo poder de fijación, tanto desde el punto de vista de la calidad como de la energía de retención, para el potasio natural y para el potasio aplicado. Por lo tanto, la palma absorbe muy fácilmente las cantidades de potasio inicialmente disponibles y se asegura así una nutrición potásica satisfactoria durante los primeros años, por lo menos durante la primera generación en suelo forestal despejado. Sin embargo, no puede evitarse una deficiencia potásica a largo plazo, como lo muestran los siguientes ejemplos:

1. Suelos formados en sedimentos arenosos terciarios de la meseta Continental Terminal de Costa de Marfil.

Estos son suelos lateríticos altamente desaturados, generalmente de color amarillo (ferralsuelos xanthic). Su textura es arenosa en la superficie y areno-arcillosa a arcillo-arenosa en profundidad (100 cm). La capa superficial (0-20 cm) tiene un contenido de carbono y nitrógeno de 1 y 0,1 por ciento, respectivamente. El pH es ácido: 4,5-5,5. La suma de los cationes intercambiables está comprendida entre 1 y 2 meq/100 g; es inferior a 1 meq/100 g en las series más desaturadas (zonas de sabana). El contenido de potasio intercambiable es bajo o muy bajo, ya que habitualmente está comprendido entre 0,05 y 0,15 meq/100 g. Los niveles de fósforo total y asimilable son generalmente elevados.

Fig. 2. Costa de Marfil (LM-CP19). Evolución de los niveles de potasio y de la producción.

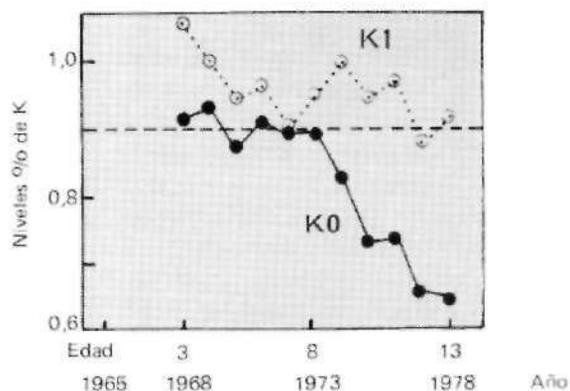
a. Zona forestal

El experimento LM-CP 19 de La Mé (plantación de 1965) ilustra muy bien la situación de la nutrición potásica. El objetivo de este experimento, que se terminó en 1978, era determinar de la manera más precisa posible las condiciones de la nutrición mineral en el momento en que las palmas comienzan a presentar deficiencia potásica. El protocolo, muy simple, estaba compuesto por dos tratamientos: K0 y K1, sin fertilizante potásico y con fertilizante potásico, respectivamente (Fig. 2).

El contenido foliar en el tratamiento K1 se mantuvo entre 0,9 y 1 por ciento mediante aplicaciones anuales de cloruro y luego de sulfato de potasio de 3 kg/árbol, tal vez un poco excesivas.

Por el contrario, en el tratamiento K0, sin fertilizante potásico, el contenido foliar se mantuvo alrededor de 0,9 por ciento hasta la edad de 8 años y luego bajó hasta 0,6 por ciento en cinco años. Se deduce por lo tanto que las palmas africanas sembradas en suelos arenosos terciarios pueden absorber el potasio del fertilizante, evitando así una baja del contenido foliar.

Los dos tratamientos se distinguieron por una diferencia significativa en el peso promedio de racimos a partir del año 9 (1974), es decir a partir del momento en que el contenido foliar en el tratamiento K0 pasó el umbral de 0,9 por ciento. La producción en kg de racimos fue igual hasta dos



Peso promedio del racimo (kg)	K0	4,0	5,4	6,8	10,1	11,0	12,8	13,9	13,4	13,3	11,8
	K1	4,2	5,7	7,2	10,3	11,5	13,4	15,2**	15,3**	15,4**	14,7**
kg de racimos/palma/año	K0	43	77	67	125	112	120	128	136	99	46
	K1	52	75	73	127	127	127	135	144	118**	63**
kg de racimos/palma/año promedio de los últimos 4 años	K0	—	—	—	80	96	106	121	124	121	102
	K1	—	—	—	82	99	112*	128*	132*	131*	115*
% de K0	—	—	—	103	103	106	105	106	109	113	

años después, cuando fue respectivamente de 99 y 118 kg de racimos/árbol/año para los tratamientos K0 y K1. Sin embargo, durante un periodo de cuatro años consecutivos se observó que la diferencia en la producción fue significativa aún antes de que el contenido foliar pasara el umbral de 0,9 por ciento (promedios de las cosechas de 1970/71, 1973/74, con una producción de 106 y 112 kg/árbol/año en los experimentos K0 y K1, respectivamente).

Para contenidos entre 1,0 y 0,9 por ciento, el fertilizante potásico permite que la producción se aumente en un 5 por ciento, lo que representa un margen suficientemente amplio para que las dosis pequeñas sean rentables; por debajo de 0,9 por ciento, el incremento sobrepasa rápidamente el 10 por ciento, haciendo así que las dosis altas sean rentables (aproximadamente 3 kg de fertilizante potásico/árbol/año).

El experimento LM-CP 23 de La Mé (plantación de 1965) estudia el efecto de tres dosis anuales diferentes de cloruro de potasio (0, 1 y 2 kg por árbol). El contenido foliar en potasio del testigo pasó el umbral de 0,9 por ciento de 1975, a la edad de 10 años y luego, en 1981, bajó hasta por debajo de 0,6 por ciento. Sin embargo, los contenidos foliares de la dosis intermedia de KCl se mantuvieron por encima de 0,8 por ciento y los de la dosis más alta, por encima de 0,9 por ciento.

La Tabla 2 muestra las primeras etapas de la nutrición mineral y de la producción que se observaron en este experimento.

Los estudios anteriores muestran que, después de su aparición, la deficiencia potásica rápidamente se vuelve severa, y pueden diferenciarse dos periodos. El primero, de 1969 a 1973, durante el cual los contenidos foliares de potasio y la producción fueron idénticos en los tres tratamientos y luego, a partir de 1975, la deficiencia de potasio aumentó de un año a otro en el testigo mientras que los contenidos de potasio en los otros dos tratamientos sólo se diferenciaron significativamente durante los dos últimos años. Durante el segundo periodo, una dosis anual disminuida de 1 kg de KCl produjo un incremento de 10 kg/árbol en la producción anual en comparación con los testigos, aumento casi tan alto como el que se obtuvo con la dosis de 2 kg.

Durante un periodo promedio de 10 años, una dosis anual moderada de 1 kg de KCl/árbol permitió mantener el contenido foliar de potasio por en-

cima o muy cerca del umbral de 0,9 por ciento, y el aumento de la producción rentabilizó el fertilizante.

TABLA 2. COSTA DE MARFIL -LM - CP 23- EVOLUCION DE LOS NIVELES FOLIARES DE POTASIO Y DE LA PRODUCCION A PARTIR DE 1970 -5 AÑOS- (1)

Dosis anuales de KCl/palma	0	1	2		
1969	1.08	1.22**	1.26**		
1972	0.96	1.08**	1.10**		
Promedio 1969 - 1972	1.02	1.12	1.16		
Producción anual promedio (4 años) en kg de racimos/palma 1969/70 - 1972/73					
	65	68	67		
1974	0.92	1.07**	1.13**		
1975	0.82	0.98**	1.01**		
1979	0.66	0.88**	0.96**		
1983	0.58	0.87**	0.97**		
Promedio 1974-1983	0.71	0.92**	0.99**		
Producción anual promedio (8 años) en kg de racimos/palma 1974/75 - 1981/82					
	85	95**	97**		
	(100)	(112)	(114)		
(1) Aplicaciones anteriores (kg/palma)					
	<u>1965</u>	<u>1966</u>	<u>1967</u>	<u>1968</u>	<u>1969</u>
K0	0	0	0	0	0
K1	0	0	0.35	0.50	0.75
K2	0	0	0.70	1.00	1.50

Los dos experimentos arriba mencionados demostraron que era inevitable la aparición de una deficiencia de potasio cuando no se aplicaba fertilizante, la cual se manifestaba en la disminución rápida de los contenidos foliares y de la producción. También demostraron que esta evolución puede evitarse fácil y económicamente mediante la aplicación de un fertilizante potásico. El experimento CI-CP 1 de Eloka (plantación de 1974) nos proporciona mayor información sobre la persistencia del fertilizante potásico y sobre los efectos de una fertilización iniciada después de que han comenzado a bajar los contenidos foliares en el momento en que aparece la deficiencia potásica.

La interrupción de la aplicación del fertilizante potásico a los 8 años de edad (1972), cuando el contenido foliar era de 0,907 por ciento, desencadenó dos años más tarde una rápida disminución del contenido foliar (0,7 por ciento a los 13 años de edad). Se demostró entonces que el efecto del fertilizante potásico sobre la nutrición mineral sólo persiste durante dos años aproximadamente.

En los casos en que los fertilizantes potásicos se aplicaron por primera vez a los 8 años de edad (1972), cuando los contenidos foliares apenas ha-

bían alcanzado el umbral de 0,9 por ciento, fue posible evitar una ligera disminución del contenido de potasio en 1973, el cual se mantuvo después en un nivel casi igual al del tratamiento que había recibido fertilizante desde el principio del ensayo. La producción en los dos tratamientos fue similar y en los dos fue superior a la del testigo que no había sido fertilizado (Tabla 3).

Con el fin de mantener el potencial productivo, basta con aplicar el fertilizante justo en el momento en que los contenidos foliares indican una deficiencia insipiente. La corrección de la nutrición mineral es casi inmediata.

b. Zona de Sabanas

Los suelos de sabana pertenecen al grupo de las arenas terciarias que presentan la mayor deficiencia natural de K⁺. Además, durante los primeros años de siembra las palmas no se benefician con las restituciones al suelo que provienen de la descomposición de las hileras de hierba segada.

El experimento DA-CP 13 realizado en Dabou (plantación de 1964) estudió tres dosis de fertilizante potásico. Al testigo mismo (K1) se aplicó una pequeña cantidad de fertilizante (500 g y luego 750 g de KCl/árbol/año para compensar la pobreza de los suelos). Sin embargo, la deficiencia de potasio fue muy severa desde el principio puesto que el

contenido foliar del testigo estaba por debajo de 0,6 por ciento con 500 g de KCl. En los demás tratamientos los contenidos foliares se mejoraron considerablemente con un efecto progresivo de las dosis cada vez mayores de KCl. Sin embargo, ni siquiera la dosis más elevada permitió alcanzar un contenido foliar de 1 por ciento a la edad de quince años.

Las dosis K2 y K3 produjeron incrementos sustanciales en la producción respecto al testigo. Variaron de 20 a 25 por ciento según las dosis y los periodos considerados (Tabla 4).

El factor de rentabilidad R (1) de la fertilización varía considerablemente de acuerdo con las dosis consideradas (Tabla 5).

TABLA 5. COSTA DE MARFIL -DA-CP13- FACTOR "R" DE RENTABILIDAD DE LA FERTILIZACION

	1967/73	1973/79	1967/79
K1 a K2	2.9	4.9	3.6
K1 a K3	1.9	2.4	2.1
K2 a K3	0.9	1.1	1.0

$$R = \frac{\text{Ingreso neto adicional}}{\text{Inversión adicional por fertilizantes}} = \frac{R}{I}$$

R = Valor de la venta de aceite adicional - su costo de producción.
I = Valor del fertilizante aplicado en el campo.

TABLA 3. COSTA DE MARFIL -CI - CP1- EVOLUCION DE LOS NIVELES FOLIARES DE POTASIO Y DE LA PRODUCCION

Aplicación de KCl	Desde la siembra	De 8 años en adelante	Testigo sin aplicación
K % promedio 1968/72	1.05	1.02	1.02
1974/80	0.91**	0.87**	0.71
Producción promedio 1977/78 - 1980/81 (4 años) kg de racimos/palma	72** (118)	75** (123)	61 (100)

TABLA 4. COSTA DE MARFIL DA-CP13- EVOLUCION DE LOS NIVELES DE K Y DE LA PRODUCCION

	Años	Edad	K1	K2	K3
Niveles promedio de K (%o)	1968-73	4-9	0.497	0.824	0.896
kg KCl/palma	1964-72	0-8	3.5	11.5	19.5
kg de racimos/palma	1967-73	4-9	418 (100)	498 (119)	524 (125)
Niveles promedio de K (%o)	1974-79	10-15	0.599	0.813	0.947
kg KCl/palma	1973-78	9-14	4.5	9	18
kg de racimos/palma	1973-79	10-15	554 (100)	630 (114)	664 (120)
kg de racimos/palma	1967-79	4-15	972 (100)	1.128 (116)	1.188 (122)
kg KCl/palma	1964-78	0-14	0.5	0.5	2.5

Durante el primer periodo (1967/73), el incremento en la producción como consecuencia de la dosis K2 fue muy rentable ($R = 2,9$), y lo fue mucho más durante el segundo periodo ($R = 4,9$). Por el contrario la dosis suplementaria que separó a los tratamientos K2 y K3 apenas se compensó con el incremento de la producción; esta es una operación no rentable que no presenta ningún interés evidente, a menos que las circunstancias estén en favor de una producción máxima.

2. Suelos formados sobre los "granitos" de la región de Soubré (Costa de Marfil - Experimento CI-CP 5).

Estos son suelos altamente desaturados. El contenido de carbono y de nitrógeno total de la capa superficial (0-20 cm) es de cerca de 2,5 y 0,2 por ciento, respectivamente. El pH es ácido: 5. La suma de los cationes intercambiables siempre es baja: 3,6 meq/100 g, y tiene un contenido de K^+ intercambiable de 0,10 meq por 100 g, que es bajo. También son bajos los contenidos de fósforo total y asimilable.

El experimento CI-CP 5 de Soubré (Plantación de 1969 sobre suelos forestales), estudió cuatro dosis de KCl y dos dosis de superfosfato (ausencia-presencia). Desde el comienzo, los análisis foliares revelaron una deficiencia de fósforo respecto a la nutrición nitrogenada (equilibrio N/P), que se corrigió fácilmente con las aplicaciones de superfosfato que se habían hecho desde la siembra (2kg/árbol a partir del segundo año). Este fertilizante fosfatado produjo un incremento considerable del 11 por ciento en la producción total (4t de racimos/ha) durante el período 1975/78 (6 a 9 años).

El fertilizante potásico no produjo ningún efecto sobre el contenido de potasio antes de 1980 (11 años), año durante el cual el contenido de potasio del testigo K0 al cual no se había aplicado KCl disminuyó a 0,8 por ciento, mientras que el de los niveles K2 y K3 se mantuvo en 0,9 por ciento. En el mismo año apareció por primera vez una interacción de los fertilizantes fosfatados y potásicos. Esta interacción no fue significativa para la producción acumulada de las cinco cosechas (1978/79-1982/83) (10-14 años), pero la producción total más alta 65,2 t de racimos, se obtuvo con el tratamiento P1K1, mientras que el testigo .POK sólo produjo 57,7 t (-11,5 por ciento).

3. Conclusiones

Los resultados experimentales obtenidos en los suelos lateríticos desaturados de Costa de Marfil permiten formular reglas generales para el manejo de la fertilización potásica en función de los contenidos foliares.

a) Las reservas potásicas iniciales de los suelos, reforzadas en las zonas forestales por las reservas de la **masa** de vegetación cortada durante la preparación de la tierra, proporcionan una excelente nutrición potásica sin aplicación de fertilizantes hasta la edad de 8 - 10 años (salvo algunas raras excepciones).

b) Los contenidos foliares de potasio, que inicialmente son superiores al 1 por ciento, disminuyen progresivamente a medida que se utilizan las reservas naturales. Cuando tales contenidos se acercan al nivel del 1 por ciento, dejan de producirse incrementos en la producción que justifiquen la aplicación del fertilizante (salvo algunas excepciones). Sin embargo, no se desperdiciaría una aplicación moderada de fertilizante potásico ya que éste retarda el proceso de empobrecimiento de los suelos y permite que más adelante se aplique cantidades más pequeñas.

c) Si no se aplica fertilizante potásico, los contenidos foliares siguen disminuyendo y pasan el umbral del 1 por ciento. En el intervalo de 1 a 0,9 por ciento, la aplicación de una dosis de 1.500g/árbol/año detiene la disminución de los contenidos foliares pero no siempre se traduce en un incremento rentable de la producción.

d) Cuando los contenidos foliares disminuyen por debajo de 0,9 por ciento sin aplicación de fertilizante, el incremento que se obtiene en la producción manteniendo los contenidos en 0,9 por ciento varía progresivamente de una a tres toneladas de racimos/hectárea, y valoriza las dosis cada vez mayores de KCl comprendidas entre 1.500 y 3.000 g, inclusive.

e) Una interrupción prolongada, y probablemente permanente en la fertilización potásica lleva a una disminución rápida de los contenidos de potasio, que disminuyen a 0,85 por ciento en menos de tres años, junto con pérdidas sensibles de la producción.

4. Dinámica de los cationes en suelos lateríticos.

Los ensayos de campo realizados en arenas terciarias en Costa de Marfil han demostrado la gran movilidad del potasio aplicado a través de los fertilizantes en este tipo de suelo. Esta movilidad, que corresponde al paso rápido del potasio a través de la "solución de suelo", constituye a la vez una ventaja y un inconveniente:

- Una ventaja, ya que el K así solubilizado es fácilmente accesible para las raíces, a menos que haya un fuerte desequilibrio catiónico en esta solución de suelo;
- Una desventaja, ya que es muy sensible al fenómeno de lixiviación (Fig. 3), lo que conduce a una pérdida de los elementos fertilizantes. Esta pérdida puede limitarse aplicando el fertilizante sobre el área más extensa posible (en círculo completo para árboles jóvenes o, más tarde, entre las hileras).

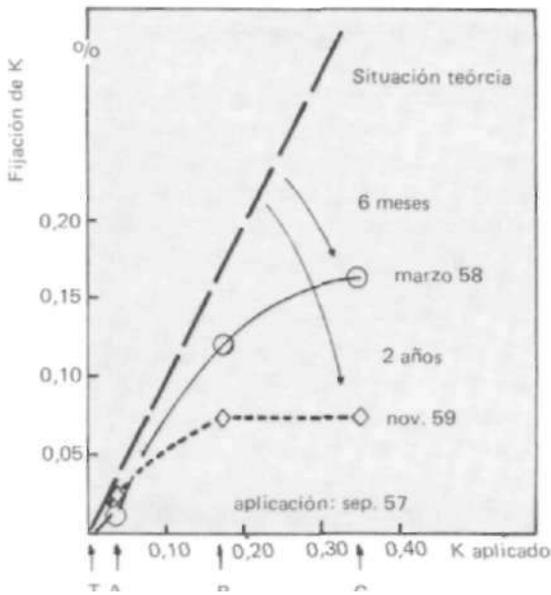


Fig. 3. Costa de Marfil. Evolución de los fertilizantes potásicos en el suelo.

Recientemente se realizó un ensayo de infiltración en columnas de tierra para estudiar la dinámica del potasio (K^+) y de los demás cationes en el horizonte superficial (0-20 cm) del suelo del experimento de nutrición mineral (LM-CP 23) del Centro de Investigación de La Mé, en el cual se obtuvo una buena respuesta al fertilizante potásico (Ver sección I,1.a).

Se estudiaron dos objetos: el testigo con el suelo sin tratar y un objeto experimental al cual se había aplicado, en la superficie de la columna, el equiva-

LM-CP 23 La Mé, Costa de Marfil, plantación de 1965
Principales características físico-químicas del suelo superficial (0-20 cm de profundidad).

P.100			
Arcilla	14	Capacidad de intercambio de cationes (1)	0,90 mq/100 g
Limo	3	K^+ intercambiable	0,05 mq/100 g
Arenas finas	26	Ca^{2+} intercambiable	0,31 mq/100 g
Arenas gruesas	57	Mg^{2+} intercambiable	0,12 mq/100 g
Carbono	0,68	pH (agua)	5,0 mq/100 g
Nitrógeno total	0,67 p.1000		

(1) Método de dosificación con cobaltihexamina.

lente a 300 g/m^2 de KCl, es decir 3,2 meq de K por 100 g de suelo en la columna. De hecho, esta concentración era superior a las que se estaban utilizando realmente en el campo, que era de 2 kg de KCl por cada círculo de 3 m de diámetro, correspondientes a una dosis de 70 g/m^2 . Todas las columnas se lavaron con agua destilada durante 24 días lo cual, al final de la operación, representaba el equivalente de una precipitación pluvial de 840 mm.

Los resultados confirman la gran movilidad de K^+ y la baja capacidad de retención del suelo de la Mé para este catión (arenas terciarias). Después del 24º día de lavado, sólo permaneció en el suelo un 17 por ciento del K^+ aplicado a la superficie de la columna, es decir 0,40 meq/100 g de suelo. Esta baja cantidad de K^+ la retuvo sólo el complejo absorbente, después del desplazamiento de una cantidad total equivalente de Ca^{2+} y Mg^{2+} (0,35 meq/100 g). Como resultado, el potasio intercambiable, al final del ensayo representa el 90 por ciento de la suma $K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$ intercambiables. Por lo tanto, existe una fuerte presión potásica en el suelo.

5. Evolución de los suelos formados sobre sedimentos arenosos terciarios en plantaciones de palma africana.

Desde 1930 se establecieron en la sabana de Dabou (sur de Costa de Marfil) plantaciones de palma africana. Se hizo una nueva siembra en 1972. Después de algunos años se observó que la producción obtenida estaba por debajo de la que hubiera podido esperarse según la calidad del material vegetal y el potencial climático. La producción fue inferior en un 20-30 por ciento a la obtenida en las extensiones (plantaciones de primera generación).

Estos rendimientos bajos se deben a algunos fenómenos característicos:

- Mal desarrollo de la cobertura de **Pueraria**, e invasión de los pastos;
- Amarillamiento de las hojas de las palmas y reducción del número de hojas verdes;
- Fuerte aumento de los ataques de **Cercospora**, ácaros y hormiga blanca (en las raíces);
- Deficiencia del sistema radicular, que se desarrolla y se ramifica mucho menos en la resiembra que en la extensión.

Estos fenómenos no son propios de las áreas resembradas, ya que se ha observado que el potencial de la extensión también se deteriora lentamente y se disminuye aproximadamente a los 15 años de edad.

Se han enunciado varias hipótesis para explicar esta pérdida de la fertilidad del suelo. Se observa que su causa es compleja y está relacionada con todos los fenómenos de degradación de los suelos que acompañan a la alteración estructural y al desequilibrio catiónico del complejo absorbente, especialmente la pérdida de iones floculantes de Ca^{2+} y de Mg^{2+} .

- a) Alteración de la estructura del suelo
- Compresión del suelo

Las medidas de densidad aparente muestran que los horizontes superficiales se compactan en las plantaciones viejas. En las sabanas hay un horizonte orgánico blando a una profundidad de 30-40 cm. Por el contrario, en las extensiones, después de 15 años, hay un horizonte impenetrable y taponado que se forma a una profundidad de aproximadamente 5 cm en las interlíneas utilizadas para la circulación de maquinaria y la aplicación de fertilizantes.

Este piso se encuentra en las resiembras, ya que los métodos superficiales para la preparación de la tierra no pueden destruirlo. Por el contrario los numerosos movimientos de los pulverizadores en el momento de la preparación del terreno pueden ser en parte la causa de que se cree un piso compacto aproximadamente a 10 cm de profundidad.

— Reducción del suministro de agua disponible

La retención de agua de los horizontes superficiales, medida durante la estación seca y corta, es de aproximadamente 20 por ciento menos en la resiembra que en la extensión.

— Daños causados al suelo por la lluvia

En las áreas resembradas la maleza se despeja progresivamente por la influencia del mantenimiento y las quemaduras causadas por el fertilizante; las leguminosas se reemplazan por plantas herbáceas. Es más probable que la superficie del suelo, que está menos protegida, se deteriore por los efectos de la lluvia y los desagües.

- b) Mecanismos de alteración (efectos de los fertilizantes potásicos)

Lo mismo que la compresión mecánica del suelo realizada por las maquinarias y la menor protección de la superficie del suelo por la escasa vegetación, los estudios han demostrado que la aplicación continua de cloruro de potasio (300 kg/ha/año en promedio), esencial para la corrección de la fuerte deficiencia natural de potasio (ver DA-CP 13, sección I,1-b), también es a largo plazo una de las causas de la degradación de la estructura.

— Observaciones en el campo

Las medidas de pH y los análisis de suelo confirman que, con la edad, el complejo absorbente de los suelos se desatura de iones de Ca^{2+} y Mg^{2+} . Por el contrario, el contenido total de potasio es mucho más elevado en la resiembra debido a la fertilización continua realizada durante la primera generación de palmas.

Por otra parte, en muchos de los ensayos de resiembra se han observado enlaces positivos entre la producción y el contenido de calcio de las hojas, lo que probablemente no revela una deficiencia nutricional de Ca sino un efecto secundario del enlace entre un exceso de K en el suelo y la estabilidad estructural. El efecto desestructurante de la potasa sobre el suelo se ha demostrado especialmente en el ensayo DA-CP 13, en donde los horizontes superficiales de los "círculos" a los que se aplicó el fertilizante K1Mg0 son más densos que los de los círculos a los que se aplicó KOMg1.

Profundidad	K1Mg0	KOMg1
0 - 3 cm	1,46	1,39
5 - 8 cm	1,45	1,42
8 - 11 cm	1,45	1,46/1,44

La resistencia a la penetración medida con un penetrómetro es en realidad mucho más elevada en el tratamiento K1Mg0 que en el tratamiento KOMg1 de lo que podría suponerse teniendo en cuenta las escasas diferencias de densidad medidas.

— **Ensayo de confirmación y explicación en columnas de tierra en laboratorio**

Cada una de las columnas contenía 3 kg de tierra. En la superficie de ellas se aplicaron cantidades de fertilizante equivalentes a concentraciones muy altas por unidad de superficie con el fin de simular los efectos acumulados de los fertilizantes aplicados en el campo durante varias décadas.

La aplicación de todos los fertilizantes potásicos y de amoníaco tuvo como resultado una fuerte coloración de los percolatos debida a compuestos orgánicos y la mayoría del tiempo a una obstrucción de las columnas. Esta obstrucción pudo revertirse y, agregando magnesio o sulfato de calcio, el percolato se aclaró y la columna comenzó a drenar nuevamente.

Los ensayos en columnas confirman que un fertilizante potásico aplicado en dosis excesivas induce la inestabilidad estructural degradando el complejo arcillo-húmico.

c) **Métodos de corrección**

Para suprimir el efecto destructor de los fertilizantes potásicos utilizados para el mantenimiento de las resiembras en producción, puede contemplarse la aplicación de un complemento de Ca/Mg. Los estudios en columnas han demostrado que el efecto negativo de la potasa se neutraliza completando el fertilizante potásico con un 20 por ciento del peso de KCl en forma de super simple de yeso o kesarita.

Varios ensayos han demostrado que es posible mejorar el crecimiento de las palmas jóvenes en las áreas resemebradas utilizando un fertilizante con base de calcio.

— DA ES 120 Circunferencia (cm) - 3 kg de fertilizante corrector, incluyendo 2 en el orificio de siembra.

Edad	Testigo	Dolomita	Tricalcio	Super Simple
1 año	67	68	68	70*
2 años	115	115	120*	123**

— DA ES 140 - Longitud de la hoja 4 (cm) - 1 kg de fertilizante corrector en el círculo.

Edad	Testigo	Cemento	Yeso
1 año	132	136**	139**

Sin embargo, la aplicación de un corrector químico debe completarse con técnicas agrícolas que restablezcan la estructura. Un ensayo realizado en el subsuelo antes de la resiembra demostró un incremento del 6 por ciento en el crecimiento después de 5 meses. Se observó una interacción positiva significativa entre el subsuelo y la aplicación de super simple a la banda de siembra. El subsuelo restaura la estructura y el super simple la estabiliza mejorando el equilibrio K/Ca.

— DA ES 143 - Circunferencia (cm) - Super simple aplicado a la banda de siembra.

	0 kg/ha	1.000 kg/ha	2.000 kg/ha	Promedio
Testigo	34,0	32,6	32,3	33,0
Subsuelo 5 meses	34,1	35,0	36,0	35,0
Promedio	34,0	33,8	34,2	

El método de resiembra que se propone actualmente es el siguiente:

- Talar y poner en hileras las palmas viejas cortadas;
- Aplicación en toda la superficie de un fertilizante de calcio poco costoso;
- Subsuelo;
- Pseudo-arado;
- Apertura de orificios y aplicación de fertilizante con base de calcio.

6. **Caso específico de las regiones secas**

Estas regiones se caracterizan por déficits hídricos anuales elevados cuyo promedio es bastante superior a los 400 mm. Los resultados experimentales muestran en estos casos (por ejemplo, Benin del Sur, la región de Sassandra de Costa de Marfil) que el nivel crítico de potasio es bastante inferior al que se ha escogido para las regiones con una mayor precipitación. El valor depende entonces del déficit hídrico de los 6 o 12 meses anteriores y generalmente está entre 0,7 y 0,8 por ciento, aunque en años de sequía excepcional puede ser mucho más bajo.

II. NUTRICION POTASICA EN SUELOS ALUVIALES.

Generalmente los suelos aluviales (fluvisuelos) son muy cotizados puesto que tienen varias ventajas más o menos marcadas según las circunstancias:

- Topografía plana;
- Buenas características físicas (textura y estructura) excepto en el caso de aluviones de arenas puras o con capas densas de concreciones;
- Suministro de agua casi permanente gracias a la presencia de un nivel freático poco profundo (salvo en el caso de terrazas altas), que con frecuencia hace que el drenaje sea indispensable; y
- Contenido de elementos minerales con frecuencia más alto que el de los suelos lateríticos.

Se han hecho siembras en formaciones pedológicas de este tipo, especialmente en Colombia, Perú e Indonesia (Sumatra).

1. Suelos aluviales de Colombia (Río Magdalena)

a) Nutrición potásica y clorada (efectos sobre la producción.)

Los aluviones se han formado por depósitos superpuestos de varias clases. Por lo tanto, los primeros 30-80 cm. de suelo tienen una textura "ligera libre" en la cual es predominante la fracción limonosa (el contenido de arcilla varía de 10 a 30 por ciento; el de limo, de 30 a 60 por ciento, y el de arena, especialmente de arena fina, de 20 a 50 por ciento). Las capas más profundas están compuestas por arenas finas.

Las principales características físico-químicas de la capa superficial del suelo del experimento SA - CP 1 de la plantación de San Alberto (Indupalma) se presenta en la tabla 6.

La fracción arcillosa está compuesta esencialmente por montmorillonita y también por vermiculita, que son arcillas "hinchables" que fijan los cationes. También hay algo de illita.

Utilizando los resultados de los experimentos SA - CP. 1 (plantación de 1963), Ollagnier et al. revelaron por primera vez el papel del cloro en la producción de la palma africana. En este sitio (valle interno de los Andes alejado del mar) la aplicación

anual de 1 kg de KCl/árbol aumentó la producción anual en 16 kg/árbol, es decir 2.200 kg/ha (+ 11 por ciento frente al testigo, que ya había producido 20 toneladas de racimos/ha.), durante el período 1966/67 a 1970/71 (4 a 8 años).

TABLA 6 - Colombia - SA-CP 1 - SUELOS

Capa superficial : 0 - 20 cm.	
Arcilla	27%
Limo	31%
Arenas finas	37%
Arenas gruesas	5%
Carbono	2.2%
Nitrógeno total	0.24%
P total	1.120ppm
P asimilable (Olsen)	365ppm
C.I.C. (meq/100 g)	27
K ⁺	0.32
Ca ²⁺	4.12
Mg ²⁺	0.40
pH agua = 7,9	

b) Efecto de la nutrición clorada sobre la composición de los racimos.

Un análisis de la nutrición mineral demostró que el incremento en la producción era la consecuencia únicamente del aumento del contenido de cloro de las hojas. En el periodo considerado, el contenido promedio en el testigo pasó de 0,227 a 0,506.

Al mismo tiempo, el contenido de potasio, que había disminuido de 0,997 a 0,935, mostró que la nutrición potásica no intervenía en este aumento de la producción.

La disminución del contenido de potasio se produjo como consecuencia del sinergismo Cl-Ca y del antagonismo K-Ca al nivel de la absorción radicular, y este efecto dual se acentuó por el alto contenido de Ca²⁺ intercambiable del suelo, como se puede ver por la muy alta proporción Ca/K en la solución de suelo, lo cual revela una alta presión de calcio.

En el siguiente período, de 1971 a 1981, se confirmaron los anteriores resultados y el incremento

promedio anual de la producción llegó a alcanzar los 20 kg. de racimos/árbol ó 2.700 kg/ha .(más 13 por ciento) para contenidos de cloro que, de 0,164 por ciento en el testigo, pasaron a 0,463 por ciento con 1 kg de KCl/árbol/año.

El experimento SA - CP 2, que comenzó en 1969 en una plantación de 1965, confirma el papel del cloro, con un aumento en la producción del 10 por ciento, de 12 a 18 años (tabla 7). Sin embargo, un análisis de los resultados obtenidos durante los períodos 1969/70 a 1976/77, por una parte, y 1977/78 a 1982/83, por la otra, muestra que los incrementos máximos en la producción se obtuvieron con contenidos de cloro más altos que los del experimento SA CP 1, y que el nivel óptimo se sitúa probablemente alrededor de 0,650 por ciento.

El aumento en la producción obtenido mediante un mejoramiento en la nutrición clorada se debe esencialmente a un aumento del peso promedio de racimos que compensa ampliamente un efecto de-

presivo sobre su cantidad (tabla 8) . El ensayo SA - ES 49, también realizado en San Alberto, permitió determinar la influencia de este aumento en peso sobre las características de la composición del racimo.

En este ensayo, sembrado en 1970 (cruce Deli-Yangambi), la aplicación del cloro se inició en 1971 a través del fertilizante KCl y también con cloruro de sodio.

Durante 6 cosechas, de cinco a 10 años, los dos tipos de fertilizantes aplicados contribuyeron a un aumento significativo de la producción y especialmente del peso promedio (tabla 8) todos los años.

En la tabla 8 se presenta un resumen de los resultados de las observaciones de la composición del racimo y el fruto (2 cosechas completas de observaciones, árboles de 9 y 10 años de edad, cerca de 900 racimos analizados).

TABLA 7 - COLOMBIA - SA-CP 2 -

Evolución de los contenidos foliares
(F 17) de K, Ca, Cl
Evolución de la producción

Períodos	Tratamientos	KCl 0	KCl 1	KCl 2
	kg KCl/árbol - total desde el comienzo del ensayo 1969 - 82	0	11	20.5
1969/70	K ‰ promedio	0.945	0.876**	0.823**
a	Ca ‰ promedio	0.679	0.722*	0.760 **
1976/77	Cl ‰ promedio	0.145	0.409**	0.526**
	kg racimos/árbol/año	174(100)	173(100)	181(105)
(4 a 12 años)	No. de racimos/árbol	16.5	15.3	15.8
	Peso promedio de los racimos	11.3	12.5 **	12.6 **
	kg KCl/árbol total 1977/82	0	9.5	15
1977/78	K ‰ promedio	0.920	0.822**	0.798 **
a	Ca ‰ promedio	0.613	0.687**	0.718**
1982/83	Cl ‰ promedio	0.151	0.571**	0.649**
	kg racimos/árbol/año	175(100)	181(103)	192**(110)
(12 a 18 años)	No. de racimos/árbol	11.3	10.0**	10.4**
	Peso promedio de los racimos	15.6	18.3**	18.7**

TABLA 8 - COLOMBIA - SA-ES 49 -

Composición de los racimos y de los frutos

Características analizadas	Unidad	Arboles sin Cloro	Arboles con Cloro 2 kg KCl/ y significado árbol/año	Efecto de KCl P.100
No. de racimos analizados		443	445	—
Contenido de cloro		0.085	0.464	—
Composición de los racimos				
Peso promedio	kg	16.5	19.1	+ 16**
No. de frutos por racimo		1.065	1.234	+ 16**
P. 100 de frutos/racimo		55.4	57.7	+ 4**
Peso de frutos/racimo	kg	9.2	11.1	+ 21**
Peso de tallos/racimo	kg	7.3	8.0	+ 10
proporción de tallos/racimo	%	44	42	- 5
Composición de los frutos				
Peso promedio de 1 fruto	g	8.72	9.19	+ 5**
Peso de pulpa/fruto	g	7.50	7.32	- 2ns
Proporción de pulpa/fruto	%	86.0	79.4	- 8**
Proporción de aceite de pulpa	%	57.3	58.0	+ 1**
Peso de 1 palmiste	g	0.44	0.88	+ 100**
Proporción palmiste/fruto	%	5.0	9.7	+ 94**
Proporción palmiste/nuez	%	36	47	+ 31
Peso cáscara/fruto	g	0.78	0.98	+ 26**
Proporción cáscara/fruto	%	8.9	10.8	+ 21**
Peso de una nuez	g	1.22	1.86	+ 52
Tasa de extracción				
Peso pulpa/racimo	kg	7.9	8.8	+ 11**
Proporción pulpa/racimo	%	47.6	45.8	- 4**
Peso palmiste/racimo	kg	0.47	1.08	+ 133**
Proporción palmiste/racimo	%	2.8	5.6	+ 100**
Proporción aceite/racimo	%	25.4	24.3	- 5

La corrección de la deficiencia en cloro:

- Aumenta el peso del racimo, aumentando tanto el número de frutos como su peso individual;
- Aumenta el peso de la nuez en un 52 por ciento, conservando el mismo pesos de la pulpa por cada fruto (ligera disminución del 2 por ciento, no significativa);
- Duplica el peso de cada palmiste, con un aumento de sólo 26 por ciento en el peso de la cascara;

- Duplica la tasa de extracción de los palmistes;
- Preserva el contenido de aceite de la pulpa; y
- Aumenta el tamaño de las nueces (fig. 4).

En lo que se refiere al racimo, la aplicación de KCl aumenta el peso de la pulpa por racimo en un 11 por ciento, mientras que se reduce considerablemente la proporción de tallos de los racimos (- 5 por ciento) y se multiplica por 1,3 el peso de palmiste de cada racimo.

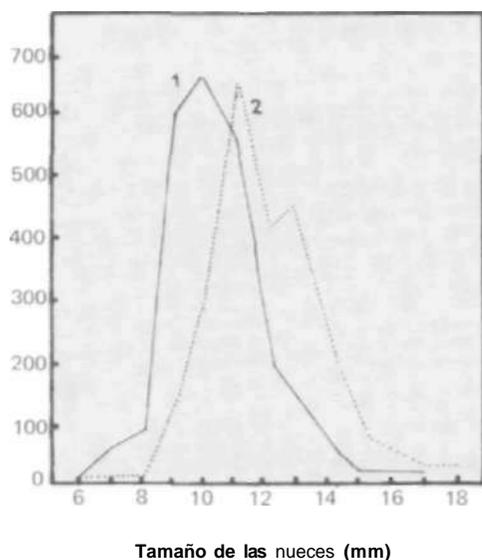


Fig. 4 Distribución de las nueces por clases de tamaños

1 = Testigo sin Cl
2 = Tratamiento 2 kg KCl/árbol/año

En este ensayo, la aplicación de kg. de cloruro de sodio aumentó la producción anual en promedio, en:

- +3,7 kg de aceite de palma/árbol
- +4,9 kg de palmiste, es decir un suplemento de producción de 500 kg de aceite de palma y de 660 kg de palmiste por hectárea.

La corrección de la deficiencia de cloro permite obtener una tasa de extracción del palmiste de 5,6 por ciento, comparable con la que puede obtenerse con el mismo tipo de material vegetal en zonas en las que no hay deficiencia de cloro.

Este efecto del cloro sobre los componentes de la producción - incremento del peso promedio del racimo con una disminución menos que proporcional del número de racimos y, en particular, aumento en el número de frutos por racimos - presenta ciertas analogías con los efectos de *Elaeidobius kamerunicus* sobre la producción y la composición del racimo (tabla 9).

c) Dinámica del potasio en suelos de aluviones.

Se realizó simultáneamente un ensayo de infiltración con el suelo aluvial de San Alberto y las arenas terciarias lateríticas de La Mé (Costa de Marfil). La concentración de KCl aplicado fue solamente de 30 g/m² (0,016 meq/100 g de tierra en columnas). Esta concentración, que fue 10 veces inferior a la utilizada en el ensayo descrito en la sección I - 1- 5 b, corresponde a la concentración real de las aplicaciones de fertilizante en el campo, en una dosis anual de 1 kg de KCl /árbol. Además, la cantidad de agua de lixiviación aplicada fue más importante: 1000 mm en lugar de 840 mm en el equivalente pluviométrico.

Al final del ensayo, el suelo de La Mé había retenido solamente un 12 por ciento del potasio apii-

TABLA 9 - Efecto del *Elaeidobius kamerunicus* en Malasia y del cloro en Colombia, sobre la composición de los racimos

	Unidad	Malasia <i>Elaeidobius</i>		Colombia Cl	
		Antes	Después	Sin	Con
Peso promedio de los racimos	kg	15.20	19.80	16.50	19.10
Fruto/racimo	%	56.00	62.90	55.40	57.70
Peso promedio de 1 fruto	g	11.80	9.50	8.70	9.20
Peso promedio mesocarpo húmero	g	9.80	7.60	7.50	7.30
Peso promedio pamiste	g	0.82	0.79	0.44	0.88
Peso promedio cáscara	g	1.20	1.07	0.78	0.98
Palmiste/fruto	%	7.02	8.46	5.00	9.70
Mesocarpo húmedo/fruto	%	82.70	80.03	86.00	79.40
Mesocarpo húmedo/racimo	%	46.35	50.37	47.60	45.80
Aceite/racimo	%	22.41	23.94	25.40	24.30

cado, lo que concuerda con el resultado del primer ensayo descrito (17 por ciento de potasio retenido), a pesar de las diferencias experimentales. Por el contrario, los aluviones de San Alberto retuvieron el 96 por ciento del potasio aplicado, aproximadamente la mitad en forma intercambiable y la otra mitad probablemente fijada energéticamente por la fracción arcillosa. La C.I.C. elevada de los suelos aluviales retiene entonces fácilmente el potasio del fertilizante y, a pesar de las sucesivas infiltraciones que empobrecen la solución del suelo en potasio, no hay una liberación compensadora de potasio. Este fenómeno puede observarse como una consecuencia de la concentración elevada de Ca^{2+} de la solución de suelo, y del pH elevado que, en presencia de algunas arcillas, favorecieron la retrogradación del potasio. Si se admite que las relaciones entre las cantidades totales infiltradas son representativas de las soluciones de suelo, pueden calcularse los coeficientes de selectividad para cada uno de los suelos.

$$S = \frac{K^+ / Ca^{2+} \text{ (fase s\acute{o}lida)}}{K^+ / Ca^{2+} \text{ (fase l\acute{i}quida)}}$$

Esta relación es de 0,9 por ciento para las arenas terciarias de Costa de Marfil y de 4,6 por ciento para los suelos aluviales de San Alberto. Estos dos valores indican que la absorción del potasio es mucho más fuerte en los suelos aluviales que en las arenas terciarias. Esta conclusión concuerda totalmente con los resultados experimentales (experimento SA - CP 1).

2. Suelos aluviales de Perú (Río Huallaga)

El valle del Huallaga, así como el valle del Magdalena en Colombia, es un valle interno de los Andes que nunca recibe lluvias de las formaciones de nubes de origen marítimo.

TABLA 10 - PERU - PE-CP 1 - SUELOS

Profundidades	Unidad	0-20 cm	20-40 cm
Arcilla	%	27.00	32.00
Limo	%	47.00	34.00
Arenas finas	%	20.00	23.00
Arenas gruesas	%	12.00	11.00
Carbono	%	1.55	0.59
Nitrógeno total	%	0.16	0.76
P total	ppm	525.00	370.00
P asimilable (Olsen)	ppm	35.00	29.00
C. I. C.	meq/100g	9.70	7.60
K^+	meq/100g	0.24	0.22
Ca^{2+}	meq/100g	5.40	1.90
Mg^{2+}	meq/100g	1.10	0.70
pH agua		5.20	5.30

Los aluviones varían considerablemente pero en general su textura es "libre" y tienen un mayor o menor contenido de elementos finos. Las principales características fisicoquímicas de la capa superficial del experimento PE - CP 1 realizado en la plantación de Tocache (Emdepalma) se presentan en la tabla 10.

Una tercera parte aproximadamente de la fracción arcillosa está formada por vermiculita (arcilla hinchable), otra tercera parte por illita, una cuarta parte por kaolinita y el resto por minerales diversos.

El experimento PE-CP 1, que comenzó en 1969 en una plantación del mismo año, hizo la comparación de cuatro dosis de magnesio, subdivididas en cloruro ($MgCl_2$) y en sulfato ($MgSO_4$) y dos dosis de nitrógeno subdivididas en cloruro (NH_4Cl) y en sulfato { $(NH_4)_2 SO_4$ }. Los resultados del experimento (tabla 11), así como los obtenidos en Co-

TABLA 11 - PERU - PE-CP 1

Evolución de los contenidos foliares de K, Ca, Cl y evolución de la producción
Periodo: 1977/82 (8 a 13 años)

Tipo de Fertilizantes	Cloruros (NH_4) - Mg	Sulfatos (NH_4) - Mg
K % en 1976 → en 1981	1.03 → 0.84	1.08 → 0.91 **
Ca % promedio	0.642	0.598**
Cl % promedio	0.418	0.162**
kg de racimos/árbol/año	151/(100)	140**(93)

lombia, muestran la existencia de contenidos de cloro muy bajos en las hojas en este valle alejado del mar. Se deduce por lo tanto que todos los fertilizantes a base de cloruros aumentan tanto el contenido de cloro en las hojas como la producción, en comparación con los fertilizantes a base de sulfatos. Se observan además los mismos efectos secundarios sobre la nutrición mineral que se presentan en San Alberto, los cuales se traducen en un aumento del contenido de calcio en las hojas (sinergismo Ca - Cl) y en una disminución del contenido de potasio (antagonismo Ca-K) más rápida en las parcelas que reciben cloruros.

Como en San Alberto, el alto contenido de Ca^{2+} del complejo absorbente lleva a una "elevada presión del calcio" a nivel de la absorción radicular.

3. Suelos aluviales de Sumatra (Indonesia).

Se realizó un experimento (SG - CP I) (plantación de Seunagan) en los aluviones arcillosos de la costa occidental de Sumatra (tabla 12).

Este suelo tiene un contenido muy bajo de K^+ intercambiable, pero se distingue por contenidos muy altos de Ca^{2+} y de Mg^{2+} .

Este experimento SG - CP I (3^3), que se inició en 1978 en una plantación de 1975, estudia los efectos de tres dosis anuales de urea, fosfato de roca y cloruro de potasio (0, 1, 5 y 3 kg/árbol). Las aplicaciones de KCl han provocado desde 1979, aumen-

TABLA 12 - INDONESIA - SG - CP 1 - SUELOS

Capa superficial : 0 - 20 cm		
Arcilla	%	52.00
Limo	%	40.00
Arenas finas	%	6.00
Arenas gruesas	%	2.00
Carbono	%	4.10
Nitrógeno total	%	0.45
P total	ppm	1.323.00
P asimilable (Olsen)	ppm	96.00
C.I.C.	meq/100g	27.80
K^+	meq/100g	0.17
Ca^{2+}	meq/100g	5.90
Mg^{2+}	meq/100g	3.80
pH agua		4.70

tos del contenido de potasio y cloro significativos en dos lugares, pero no se ha observado ningún aumento significativo en el contenido de calcio. Sin embargo, aún con la dosis más alta de KCl (3 kg), el contenido de potasio sólo alcanzó el 0.89 por ciento en 1983, después de 5 años de aplicación. Lo mismo que en Colombia, esta evolución lenta del contenido de potasio puede asociarse con el alto contenido de Ca^{2+} (5,9 meq) y de Mg^{2+} (3,8 meq) del complejo absorbente. Existen dudas sobre la respectiva participación de la nutrición potásica y clorada en el aumento de la producción (+11 por ciento) para el tratamiento K1 (Tabla 13).

TABLA 13- INDONESIA - SG-CP 1
Efecto del fertilizante potásico

Período: **1980/81** a 1982/83
(5 a 8 años)

Dosis de KCl/árbol/año	0 kg	1,5 kg	3 kg
Contenido de K (promedio)	0.533	0.764**	0.837**
Contenidos de Cl (promedio)	0.422	0.638**	0.723**
kg de racimos/árbol/año	176(100)	195(111)	187(106)