

ALGUNOS ASPECTOS DE LA FERTILIZACION EN CACAO  
(*Theobroma cacao* L.) CON OBSERVACIONES PRELIMINARES  
SOBRE SU RESPUESTA A LA APLICACION DE TRES  
ELEMENTOS MAYORES AL SUELO (\*)

Por **Rafael Moreno Galvis**

I.— INTRODUCCION

En el cultivo del cacao se han hecho grandes adelantos en cuanto a mejora de las prácticas culturales, obtención de nuevas variedades resistentes a enfermedades, así como también, en algunas partes, ya se ha logrado sembrar a libre exposición solar con obtención de buenos rendimientos.

Para que todos estos adelantos redunden en un aumento de la producción, es indispensable una buena nutrición de la planta, incluyéndose aquí el suministro del agua necesaria para el cultivo. Mas aún, se ha encontrado que muchas de esas variedades son más exigentes que las comunes en cuanto a nutrición se refiere y que a libre exposición solar aumentan las necesidades nutricionales del árbol de cacao.

El principal objetivo de este trabajo es el de recopilar la mayor cantidad de datos posibles sobre lo que se ha hecho hasta el momento, sobre fertilización en cacao. Además, se ha llevado, paralelamente, un ensayo de campo para hacer algunas observaciones sobre las respuestas del cacao a la fertilización con tres elementos mayores, en las condiciones de cultivo del Valle del Cauca. Lo anterior con el fin de dar pie a trabajos posteriores, seguramente mejor planeados y con objetivos más específicos dentro del campo de la fertilización en cacao.

El ensayo se efectuó en el corregimiento del Bolo Alizal, municipio de Palmira, en la finca del señor Julio Mejía, durante el segundo semestre de 1963 y el primer semestre de 1964.

(\*) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia del doctor Ovidio Barros, I. A., M. S., a quien el autor expresa su gratitud.

## II — REVISION DE LITERATURA

## A.— Botánica y fisiología del cacao.

Para el buen planeamiento y desarrollo de un ensayo de fertilización, es de gran utilidad el conocimiento de la morfología y fisiología de la planta con la cual se va a trabajar. Por esta razón se ha intentado recopilar, en este trabajo, la literatura aparecida en las principales publicaciones que tratan de estos dos importantes aspectos de la planta de cacao.

## 1). Taxonomía.

El cacao pertenece a la familia de las Esterculiáceas, género *Theobroma* L., en el que hay muchas especies, de las que son comerciales principalmente *T. cacao* L., y en menor escala *T. pentagona* (Hall, 13; Abbele, 1). El presente trabajo se refiere únicamente a *T. Cacao* L.

## 2). Configuración de la Parte Aérea.

Cuando el árbol es perteneciente a una población clonal el tallo se bifurca a poca altura. Mientras que las plantas provenientes de semilla crecen como un solo tallo hasta alcanzar una altura de 1 a 1.50 metros (m) a la edad de unos 14 meses, tiempo en el que se detiene el crecimiento de la yema apical y emergen las ramas laterales en número de 3 a 5. En ambos casos se producen ramas dimórficas, unas que crecen verticalmente hacia arriba (tallos y chupones) y las otras oblicuamente hacia afuera. En general, el árbol de cacao alcanza una altura de 6 a 8 m. habiendo variedades que llegan hasta los 12 m. Con todo, la altura del árbol depende en mucho de los factores ambientales que influyen en el crecimiento (Hardy, 18; Nosti, 39; Urquhart, 44). Agrega Hardy (18) que los árboles de semilla se comportan en distinta forma, unos de otros, ante la fertilización, debido a la segregación genética.

Las hojas, cuyo color varía de verde claro o diversas tonalidades de rojo cuando joven, a verde oscuro cuando viejas, son de limbo simple y entero, lanceoladas a ovaladas, con estípulas conspicuas que se desprenden tempranamente y un pecíolo colgante con un pulvino en la base y otro en la parte superior, que permiten el movimiento de la hoja para regular su actividad fotosintética, de acuerdo con las variaciones de la luz y de la temperatura. Las brotaciones periódicas de nuevas hojas ocurren a intervalos aproximados de 8 semanas entre uno y otro, generalmente persisten durante dos brotaciones y caen a partir del tercer brote, de manera que normalmente hay hojas de tres edades distintas en cada una de las ramas (Hardy, 18; Urquhart, 44).

La flor del cacao es delicada y pequeña, cosa que limita mucho los tratamientos por aspersiones foliares al árbol, de ovario súpero y fórmula S5, P5, E5 + 5, G (5), los pétalos son blancos o ligeramente rosados y la corola tiene la parte basal rosada o blanca y la extremidad amarilla o amarillo-verdosa. El cacao es caulífloro, o sea que

las flores y los frutos se forman en las partes más viejas del tronco y de las ramas desprovistas de hojas, las flores aparecen en cojines que fueron axilas foliares, constando un cojín floral hasta de 40 y 60 flores (Hardy, 18; Urquhart, 44; Hall, 13).

El fruto, dicen ciertos autores que es una drupa, otros que una baya y algunos que una cápsula. En general, se le llama mazorca y es de tamaño, forma y color variables dentro de ciertos límites. El peso de una mazorca oscila entre 200 y 500 gramos (gr.), siendo notablemente afectado por el estado nutricional de la planta; generalmente tiene de 20 a 50 semillas (Hardy, 18; Nosti, 39; Urquhart, 44). La semilla o almendra de cacao tiene también tamaño, forma y color variables. En los cacaos criollos es de 3 a 4 centímetros de largo, casi ovalada y de color blanco o violeta, lo que es indicio de buena calidad; en el calabacillo es más pequeña de 2 a 3 cm. de largo, aplanaada y de color púrpura.

### 3). Sistema radicular.

Hay un cuello bien definido en el lugar de unión de la raíz con el tronco. La mayor parte de las raíces secundarias se encuentran inmediatamente debajo de este cuello, en la porción de los 15 a 20 cm. superiores de la capa húmica del suelo. Estas raíces secundarias, a menudo se extienden hasta distancias de 5 y 6 m. del tronco, crecen horizontalmente con respecto a éste, emiten raíces laterales y se dividen repetidamente; sus puntos terminales tienden a crecer hacia arriba dentro de la capa húmica. Por otra parte, las raíces secundarias inferiores de la raíz pivotante, tienden a crecer hacia abajo en dirección a la roca madre o hacia la capa freática. Generalmente la parte central de la raíz pivotante está desprovista de raíces secundarias. Posiblemente las raíces secundarias, cuando disponen de buena aireación, producen hormonas de crecimiento (Hardy, 18).

Jacob y Von Vex Kull (26), dicen que la raíz pivotante del cacao, la cual con alguna frecuencia se bifurca en el subsuelo, penetra en forma más o menos vertical hasta una profundidad de 1,50 a 2,00 m. Las raíces adventicias desarrolladas en el subsuelo, sirven principalmente para la absorción de agua, desarrollándose a la vez que ellas, un sistema radicular ramificado directamente debajo de la superficie del suelo. Este tipo de ramificación de las raíces favorece la formación de un denso fielteo con sus raicillas, la capa húmica superficial del suelo y el mantillo. Es obvio que un sistema radicular de este tipo, puede desarrollarse, únicamente, donde el suelo se encuentra provisto de una cubierta vegetal o un depósito de humus, a la vez que protegido de la radiación solar directa, de la desecación y de la erosión.

Hardy (16) dice que en suelos de pobre aireación, tales como arcillas compactas o suelos livianos con una capa freática alta, el cacao forma un sistema radicular superficial, casi siempre con una raíz pivotante larga y delgada, raíces laterales superficiales, raquícticas y ampliamente esparcidas, con una superficie fibrosa entretejida. Por el contrario, en arcillas calcáreas bien drenadas, el sistema radicular es más profundo y generalmente presenta una raíz pivotante

profunda y gruesa y una masa fibrosa difusa con tendencia a formar una capa superficial de raíces.

Afirma Nosti (39), que el sistema radicular del cacao alcanza un desarrollo semejante al de la copa, creciendo más del lado en que ésta tiene menos vigor; formando, las innumerables raicillas, una densa cabellera superficial, que se desplaza con la edad hacia las partes más alejadas del eje, hasta quedar la porción vieja lisa y casi desnuda, también se encuentran raicillas en la parte inferior de la raíz pivotante, cuando se exploran las capas más profundas. Agrega que en suelos profundos y aireados la raíz principal alcanza menos profundidad. Así, cuando en suelos compactos puede ser de 1,50 ó 2,00 m. en aquellos es sólo de 0,60 a 0,90 m.

#### 4). Polinización y Fecundación.

Urquhart (44) afirma que el mecanismo de la polinización del cacao no es aún bien conocido, presentando caracteres de mucho interés. Agrega que de acuerdo con varias estimaciones independientes, la proporción de estigmas polinizados sea de un cinco por ciento y que no se conoce cuál sea el agente polinizador natural.

Al respecto Nosti (39) dice que se ha demostrado el papel preponderante de los insectos como transportadores de polen en cacao; no excluyendo otros métodos de polinización, aunque sean menos eficaces, como el viento y descartando mucho el efecto de la lluvia y del rocío. Agrega que la polinización artificial es fácil de realizar en cacao, no habiendo necesidad de establecer precauciones de aislamiento, por ser tan bajo el porcentaje de polinización natural. Sobre la fecundación, Nosti (39) dice que apenas llega el grano de polen al estigma, germina y está en condiciones de formar el tubo polínico, el cual crece lentamente hasta que se produce la fecundación en las horas de la tarde y, seis días después de la fecundación, los frutos alcanzan 4 milímetros (m.m.) de longitud. Sin embargo la primera división de la oosfera a continuación de su fusión con el núcleo macho para formar el embrión, no acontece hasta transcurridos aproximadamente cuarenta y cinco días.

La incompatibilidad es un fenómeno que consiste en que el polen de un árbol tiene capacidad para fecundar los ovarios de flores de ciertos árboles, pero no de otros, e igualmente existen flores que no se fecundan con su propio polen pudiendo ser fecundadas por el de otras. En plantaciones con árboles autoincompatibles, el rendimiento disminuye notablemente. Según Nosti (35) la incompatibilidad es debida a factores genéticos y, en ella, es despreciable la importancia de factores de origen climático y de fertilidad del suelo, cuya modificación no consigue la desaparición del grave defecto.

Es frecuente encontrar frutos partenocápicos y mazoreas con todos o casi todas las semillas vanas, siendo debido, esto último, muy posiblemente en la mayoría de los casos, a deficiencias nutricionales (Hardy, 18; Nosti, 39).

#### 5. Sombra y Temperatura Ambiental.

En condiciones de explotación agrícola el cacaotero prefiere las

mismas condiciones ecológicas de aquellas en que se le encuentra formando parte del monte bajo de las florestas tropicales lluviosas (Dierendonck, 10).

Murray (38) sostiene que la interacción de sombra y nutrición en el crecimiento de cacao joven se demuestra por resultados de experimentos con fertilizantes (NPK) en parcelas sombreadas con tablillas. Una intensidad lumínica menor del 50% del total de luz, es limitante de los rendimientos; a más del 50% del total de luz se incrementan los rendimientos en las parcelas fertilizadas, indicando que la nutrición es limitante de la producción. Concluye que la sombra y la nutrición en cacao no deben considerarse independientes.

Cuando se recomienda el uso de fertilizantes, dice Havord (22), empleando clases y cantidades correctas de aquellos y aplicándolas debidamente, los rendimientos del cacao sin sombra sobrepasan a los del cacao sombreado, suponiendo por supuesto que las enfermedades y las plagas se combaten satisfactoriamente. Agrega que cuando hay sombra completa, el uso de fertilizantes generalmente es benéfico durante la fase de establecimiento, pero no necesariamente ventajoso desde el punto de vista económico, durante la fase productiva del cacao.

Según Cunningham y Smith (9) el cacao bajo sombra no ha dado respuesta al uso de fertilizantes; y, la fertilización en cacao sin sombra, no sólo aumenta el rendimiento sino que hace que el árbol produzca más temprano. Agrega que la remoción de la sombra puede alterar la importancia relativa de las plagas y enfermedades menores, así como la susceptibilidad a las sequías, las que pueden convertirse en graves al remover la sombra. Por tanto, hasta tener más datos, aún no se recomienda remover la sombra como práctica general.

A su vez Dierendonck (10) dice que existe una respuesta casi lineal al incremento de la intensidad lumínica bajo ciertos límites, los que están dados por el tipo de suelo en el que crece el cacao. En suelos fértilles los incrementos de rendimiento continúan progresivamente entre 75 y 100% del potencial de intensidad de luz. Cuando sin embargo, los nutrientes y el agua son bajos, la línea de incremento baja antes de que el máximo de intensidad lumínica sea alcanzado. El mismo autor agrega que, aunque los datos aún no son suficientes para dar una conclusión definitiva, es conveniente anotar que en los primeros años de remover la sombra se han obtenido aumentos de rendimiento de un 75%; cuando esto se combina con la aplicación de fertilizantes el incremento fue sobre 150%. Bajo condiciones de sombra, la misma cantidad de fertilizantes origina aumentos por un 40% únicamente. Gradualmente dice, se robustece la idea de que la presencia de sombra en cultivos de cacao adulto reduce seriamente el rendimiento óptimo y los efectos de los fertilizantes.

Se ve con lo anterior que la sombra en el cacao es necesaria porque crea un microclima que favorece a la plantación al reducir las oscilaciones de factores climáticos como luminosidad, temperatura, humedad del suelo y atmosférica, efectos mecánicos de vientos y

lluvias, etc. Pero que es muy posible que con fertilización, buenas labores culturales y control de plagas y enfermedades, pueda prescindirse de la sombra y obtenerse mayores rendimientos en cacao.

El promedio de temperatura ambiental óptimo para el cacao es de 26°C. (Harvey y Simmons, 19).

Según Nosti (39) está comprobado que hacen mucho daño al cacao temperaturas ambientales inferiores a 17°C. o superiores a 40°C., lo mismo que descensos grandes de humedad en la atmósfera y en el suelo.

De acuerdo con las investigaciones de Erneholm, citado por Hardy (18), los "límites frios" para el cultivo del cacao son los siguientes:

Temperatura media mínima diaria..... 15°C. (60°F.)

Temperatura mínima absoluta ..... 10°C. (50°F.)

A esto se agrega:

Rango medio máximo crítico diario ..... 9°C. (16°F.)

En países montañosos, cercanos al Ecuador, son frecuentes las temperaturas similares al límite frío que se mencionó anteriormente (15°C.) a alturas cercanas a los 1.300 m. sobre el nivel del mar. Por ejemplo, en el Valle de Chama, cerca de Mérida en los Andes Venezolanos, que es probablemente la zona productora de cacao situada a mayor altura en la América del Sur. En el Valle del Cauca, en Colombia, con una altura de 1.000 m.s.n.m., donde el cacao ha sido cultivado económicamente durante años, la temperatura media anual es de 24°C., la media mínima diaria es de 19°C. y la mínima absoluta de 12°C. (Hardy, 18).

#### B.— Características Edafológicas de los Suelos Aptos para Cacao.

Estas no deben pésarse por alto en ningún programa de fertilización, su consideración es decisiva para el buen uso de los fertilizantes.

##### 1). Condiciones Físicas.

a). **Textura, estructura, profundidad y color del suelo.**— Este cultivo exige en lo que se refiere a la estructura física del suelo, un volumen de porosidad de aproximadamente 66%. Son particularmente propicios para cacao, los suelos aluviales, frances y profundos o bien los suelos meteorizados de roca madre básica (Jacob y Von Uex Kull, 26).

Hardy (18), sostiene que la profundidad del suelo penetrable por las raíces debe ser por lo menos de 1,50 m. Los suelos de cacao que bajo el horizonte húmico son de color rojo o rojizo-pardo, son generalmente mejores que los de color pálido, gris o blanco, por cuanto evidentemente están menos lixiviados y por lo tanto deben tener más nutrientes, aún cuando esto no es regla invariable. En cuanto a textura y estructura, dice el mismo autor que los suelos buenos de

cacao comprenden desde suelos arcillosos agregados, hasta franco-arenosos; que la presencia de grava o arena gruesa en el subsuelo, es un carácter indeseable, a menos que la capa freática esté bastante alta. Afirma también que los suelos arenosos (partículas de 0.2-0.5 mm. de diámetro) son poco recomendables y que los suelos arcillosos son generalmente los mejores, con tal de que sean de estructura agregada (terrenos pequeños) y estables en condiciones alternantes de humedad y sequía.

Suelos con poca arena, con por lo menos un palmo de capa vegetal y abundancia de detritus orgánicos superficiales, cosa que caracteriza a la tierra de los bosques, son los más propios para cacao (Bondar, 6).

b). **Drenaje Interno y Externo. Cobertura.** Hardy (18) sostiene que el drenaje externo debe ser lo suficiente para no permitir encarcamientos y que internamente el suelo debe tener un grado de aireación mayor del 10%.

El subsuelo debe ser permeable y un 33% de los espacios porosos debe estar saturado de agua; la humedad excesiva es tan perjudicial como los grandes períodos de sequía (Jacob y Von Uex Küll, 26).

Muchos de los tipos de suelos arcillosos se agrietan profundamente durante la sequía y esta condición que algunos cultivadores consideran ventajosa, es bastante posible que lo sea, porque esto ayuda a la aireación y al drenaje al comienzo de la estación lluviosa, antes de que las rajaduras se sellen por la hinchazón y por las hojas que se depositan sobre el suelo (Hardy, 17). El mismo autor afirma que los problemas de drenaje involucran consideraciones de porosidad del suelo según su estructura natural, y consideraciones de topografía del terreno, y que un buen drenaje en los suelos de cacao, al mejorar la aireación, mejora las condiciones biológicas y consecuentemente el desarrollo del sistema radicular.

Hay quienes opinan, como Bondar (6), que lo esencial de los suelos aptos para cacao es que sean poco permeables.

Cunningham y Smith (8), investigaron los efectos de coberturas seleccionadas como pasto Guatemala, *Zebrina pendula*, *Crotalaria striata*, *Stylozanthus gracilis*, en comparación de cobertura natural y de mantillo (mulch) de pasto Guatemala, en la protección, mantenimiento de la humedad, prevención de altas temperaturas y establecimiento de un buen balance de nutrientes del suelo, determinando el crecimiento del cacao en los distintos tratamientos. Encontraron que una cobertura protectora es esencial para el suelo sin sombrío; la cobertura seleccionada fué mejor que la cobertura natural, pero no se probó cuál de las coberturas seleccionadas fue superior.

Se ve por lo anterior, que al eliminar la sombra de un cultivo hay que restituir con otros métodos la beneficiosa capa protectora que ésta proporciona, el sistema del mantillo parece prometer en este sentido. Dierendock (10), dice que Wasoroica y Havord, trabajando en Trinidad encontraron que un tratamiento con bulch aumentó el rendimiento de un cultivo viejo de cacao, cerca del 50% en el curso

de un ensayo de 10 años. El tratamiento con mulch tuvo rendimientos más altos que el control e iguales al tratamiento en que se agregaron fertilizantes.

Dice Dierendonck (10), que resultados similares obtuvo Mekilvie en Tajo (Africa Occidental). Aquí también se probó la superioridad del mulch orgánico sobre cualquier otro tratamiento. Aconseja el mismo autor, usar pasto, con una relación Carbono: Nitrógeno (C/N) semejante a la de la hojarasca que da el sombrío, el cual protege el suelo contra la excesiva radiación solar, además de que promueve la infiltración de la lluvia, reduce la escorrentía y disminuye la rata de evaporación, también reduce las fluctuaciones de la humedad del suelo y previene las excesivas elevaciones de la temperatura. En estas condiciones son creadas mejores posibilidades para el desarrollo de la raíz, aprovechamiento de nutrientes y respuesta a fertilizantes.

## 2). Condiciones Químicas.

**pH y Relación C/N.** El cacao prefiere suelos ligeramente ácidos, con un pH aproximado de 6.4 a 6.6. Dice Harvey y Simmons (19), que no debe sembrarse en suelos con pH inferior a 5.5 o superior a 7. Hardy (18) anota que la productividad de los suelos de cacao también se correlaciona con el valor numérico de la relación Carbono: Nitrógeno, siendo la producción mayor en los suelos que tienen una relación más alta.

En la Tabla I Hardy (18) da valores provisionales para evaluar el estado nutricional de suelos para cacao, siendo aplicables dichos valores sólo para los 15 cms. superiores de suelos frances con capacidad de intercambio de bases alrededor de 24 m.e. 100 gr.

Jacob y Coyle (27), manifiestan que un estado bajo de nutrientes, común en suelos cultivados durante muchos años, lo demuestra el promedio de los análisis de diez diferentes suelos del Camerún, cuya composición fué:

Potasio .....	0.085 %
Ácido fosfórico .....	0.268 %
Nitrógeno .....	0.086 %

Hayver y Simmons (19), dan valores que indican las cantidades adecuadas de nutrientes minerales y materia orgánica aceptados en Trinidad; dichos valores fueron adoptados de Hardy (Véase Tabla II).

## 3). Condiciones Biológicas.

Hardy (17) dice que entre los principales factores para distinguir entre los suelos de cacao buenos, malos, nuevos, viejos y deteriorados está no solamente sus diferentes condiciones físicas y químicas, sino sus condiciones biológicas.

E. J. H. Berwick, citado por Hardy (17) en conteos hechos en suelos de cacao en Trinidad, encontró un promedio de 150 millones de individuos por acre hasta los 22 cm. del suelo, de los cuales el 60% ocurrían, casi en la superficie, en los primeros 8 cm., viendo tam-

## — T A B L A I —

VALORES PROVISIONALES, INDICATIVOS DEL ESTADO DE NUTRIENTES  
EN SUELOS PARA CACAO

CATEGORIA	Valor pH	N Total %	Relación		Disponibilidad		Bases intercambiables		
			C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Truog) p.p.m.	K <sub>2</sub> O (Interc.) p.p.m.	CaO mg.	MgO Eq.	K <sub>2</sub> O 100 gr.	
Alta	7.5	0.35	11.5	120	260	24.0	6.0	0.55	
Media	6.5	0.20	9.5	50	170	12.0	3.0	0.35	
Baja	5.0	0.05	7.5	20	90	4.0	1.0	0.20	

Tomada de Hardy. 1.961. Manual de cacao: 79.

## — T A B L A II —

CANTIDADES ADECUADAS DE MATERIA ORGANICA Y NUTRIENTES MINERALES EN  
SUELOS PARA CACAO

Suelo	Materia Orgánica	N Total	Relación	Aprovechable		Cambiante		CaO/MgO	CaO + MgO K <sub>2</sub> O
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO		
%	%			Kg/Ha	Kg/Ha	(Mg. equiv/100 gr)	Proporc.	Proporc.	
Textura liviana									
Textura y media	2.2	0.15	8.5	70	230	12.0	3.0	0.35	4
Textura pesada	3.3	0.20	9.5	115	390	4.0	1.0	0.20	4

Tomada de Harvey y Simmons. 1959. El cacao en Colombia. Bol. Staca (19): 18

bien que los gusanos de tierra aunque los hay, son mucho menos comunes en Trinidad que en los países templados. Los principales Artrópodos encontrados fueron los arácnidos 72% (principalmente **Acarina mites**), e insectos 28% (principalmente **Collemhole** 18%, hormigas 7% y Coccidos 3%). Se probó que las diferencias en el número de las varias clases de animales del suelo, en diferentes épocas del año, en distintos tipos de suelo de cacao y en campos sombreados y no sombreados del mismo tipo de suelo eran estadísticamente significativas. Esto condujo a la importante conclusión de que los números y caracteres de la fauna del suelo, pueden ser usados en cacao, como índices de la fertilidad del mismo. Así la proporción del número de Collemboles al de Acarinas aumentó con el aparente aumento de la porosidad y aireación del suelo, pero disminuyó con la dureza del mismo y la compactación de las raíces y el colchón de hojas.

Concluye Hardy (17) afirmando que una relación C/N alta favorece el desarrollo de micorrizas, que al bajar mucho esta relación se afecta seriamente las reacciones biológicas que se suceden en la superficie húmica, donde ocurre la mayor alimentación del cacao y en particular las actividades de micorrizas y otros hongos del suelo importantes, como también de otros animales del mismo. Por consiguiente, muchos nutrientes minerales, especialmente fosfatos, que están intimamente asociados con los residuos orgánicos, se lixiviarán y no serán absorbidos por los árboles; posiblemente la nutrición de nitrógeno, será también adversamente afectada por la lenta deterioración de los componentes de la materia orgánica.

#### 4). Tipos de Suelo para Cacao

Hardy (15) de acuerdo con los trabajos hechos en Trinidad, primero por F. J. Pound y luego por E. M. Chenery, agrupa los tipos de suelos para cacao en cinco grados productivos como sigue:

- Grado I Muy altamente productivos (sobre 620 kilogramos (Kgr.) de cacao seco por hectárea (Ha.). Son suelos formados por partes arcillo-limosas, francas, de arena fina de ríos y limosas.
- Grado II Altamente productivos (620 a 370 Kgr. de cacao seco por Ha.). Suelos formados por partes de arena fina de río, francas, limosas y algo de arcillas pesadas.
- Grado III Medianamente productivos (470 a 205 Kgr. de cacao seco por Ha.). Suelos formados por partes francas, arcillo-limosas y de arcillas pesadas.
- Grado IV De productividad baja (205 a 100 Kgr. de cacao seco por Ha.). Suelos de arenas medias, partes francas y arcillo-sas.
- Grado V De muy baja productividad (menos de 100 Kg. de cacao seco por Ha.). Suelos formados por arenas pesadas y livanas y arcillas pesadas.

Aclara Hardy (15) que: Los suelos de Grados I y II son en su

mayoría de libre drenaje, ya sea porque su condición porosa o desmenuzable es inducida por su alto estado limoso, o por su buena condición topográfica, pues no son ni tan montañosos como para erosionarse ni tan bajos como para inundarse. Su grado de acidez y su contenido de nutrientes (NPK), son medios, por lo que responden en varias medidas a tratamientos fertilizantes, los tipos de arenas liguianas principalmente a potasa y los de arcillas pesadas a abonos fosfatados.

Los suelos de Grados III y IV son en su mayoría pesados, deficientes en limo y muy ácidos, teniendo impedido el drenaje, ya sea por su poca porosidad o por su relieve deprimido. Los arenosos son muy cuarzosos, escaseando en minerales que suplan nutrientes, además de que ocupan tierra montañosa erosionable. Su relación aire-agua, como también su relación entre nutrientes, son insatisfactorias, lo que puede ser la razón principal para que no respondan a la aplicación de fertilizantes, sobre todo en años lluviosos.

Los suelos Grado V debieran ser plantados con cacao, porque son o pantanosos la mayor parte del año, o casi desprovistos de minerales y limo que son los que suministran los nutrientes.

### C.— Exigencias nutricionales del árbol de cacao.

#### 1). Necesidad de Agua. Precipitación pluvial.

La cantidad de lluvia en las zonas cacaoteras oscila entre 1.000 a 5.000 mm. por año. Dependiendo el efecto de la lluvia sobre el árbol, más bien de su distribución en el año que de su cantidad, y estando además relacionado con la profundidad y propiedades físicas del suelo. Para mantener suficiente disponibilidad de agua en la zona radicular, la cantidad de agua lluvia debe ser por lo menos igual a la cantidad de agua perdida por la evaporación del suelo y por la transpiración de la planta. Medidas de evapotranspiración hechas en Trinidad, Colombia y Nigeria, muestran que la cantidad de agua que se pierde por evapotranspiración es alrededor de 100 a 125 mm. por mes, o sea que para satisfacer las necesidades de agua de un cacaotero, hace falta esa misma cantidad (Hardy, 18).

Alvim (2), dice que en el Valle del Cauca en Colombia encontraron plantas en estado de "sequía fisiológica" pese a que la lluvia era abundante, pero que esto se debía al pobre desarrollo radicular y a la mala absorción en suelos mal drenados. Agrega el mismo Alvin (2), que se ha encontrado correlación entre las épocas de lluvias y la producción 5-7 meses después, así como entre los veranos fuertes y la producción 2 años después, denotando lo último una influencia de la humedad en el crecimiento.

En cacao se ha demostrado por observaciones sobre el comportamiento estomatal, la fotosíntesis y el crecimiento, que los procesos fisiológicos que se consideran responsables de la producción de mazorcas, disminuyen progresivamente conforme la humedad del suelo baja de 50 a 70% del contenido total de agua aprovechable, y cesan completamente en el punto de marchitez (Alvim, 3).

Según Havord (20), la disponibilidad de agua y nutrientes para la planta, a menudo depende más de lo que él llama profundidad fisiológica (espesor de una capa de suelo adecuadamente aireada y estructuralmente apta para el crecimiento irrestricto de las raíces) que de la humedad y estado de los nutrientes del suelo.

Guerrero (11), en observaciones hechas en el Valle del Cauca, encontró que tal como era de suponerse, el aumento de la lluvia ocasionaba un ascenso del agua subterránea, y que aparentemente el nivel freático ascendía a los 2 o 3 días de caer la lluvia, moviéndose éste más lentamente en suelos arcillosos que en suelos arenosos.

## 2.) Elementos Mayores.

De acuerdo con Dierendonck (10), recientes análisis efectuados demostraron que para una producción de 1250 Kgr./Ha. de cacao seco, las siguientes cantidades de minerales son extraídos del suelo: 25 Kgr. de N, 12.5 Kgr. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y 15 Kgr. de K<sub>2</sub>O. Agrega que cerca del 70% de los nutrientes removidos anualmente del suelo por una cosecha, están localizados en la pared del fruto.

Harvey y Simmons (13), dicen que una cosecha de 1.000 Kgr./Ha. remueve del suelo 45 Kgr. de nitrógeno, 8 Kgr. de fósforo y 64 Kgr. de potasio.

Los árboles de cacao extraen del suelo, según Anónimo (4), las siguientes cantidades de nutrientes para producir una tonelada de almendras: 20 Kgr. de nitrógeno, 10 Kgr. de fósforo y 60 Kgr. de potasio.

Como se ve, los distintos autores consultados coinciden, más que todo, en cuanto a la cantidad de fósforo extraído del suelo, no así en cuanto a los requerimientos de los otros dos elementos.

En cuanto a la disminución del marchitamiento de los frutos jóvenes (Cherelle wilt), no se encontró influencia debida a aplicaciones de potasio, fósforo o nitrógeno al suelo en Trinidad (Bartolomé, 5).

Dierendonck (10), dice que la nutrición fosfórica parece ser particularmente necesaria para cacao joven. Aunque el adulto necesita relativamente pequeñas cantidades de fósforo, parece que esas cantidades, juegan un papel importante en el incremento de la proporción de pepinos(°).

Sostiene Hardy (18), que aplicaciones de nitrógeno producen un efecto algo depresivo en cacao a la sombra, pero en cacao sin sombra, o pesadamente podado, o creciendo en suelos pobres, arenosos y superficiales el efecto del nitrógeno es benéfico.

Después de las fases iniciales de crecimiento sin sombra, no es sorprendente hallar que la acelerada demanda de nitrógeno es gradualmente contrabalanceada por el efecto de la sombra propia que da el follaje nuevo y abundante del mismo árbol. En este estado la

respuesta del nitrógeno puede ser mantenida sólo con aplicaciones adicionales de fósforo y potasio (Dierendonck, 10).

En Trinidad, el nitrógeno aumenta la floración y posteriormente contribuye considerablemente a una fructificación y una formación de mazorcas mejores (Kernick, 30).

Hardy (18), expresa que se han obtenido aumentos hasta del 100%, con abonos fosfáticos aplicados en suelos arcillosos deficientes en fosfato en Trinidad. Agrega que también han obtenido buenos resultados con abonos potásicos aplicados en suelos arenosos deficientes en potasio, pero que en este caso la aplicación anual no debe ser excesiva, porque puede producirse, después del aumento, una marcada depresión en los rendimientos.

De acuerdo con Hardy (15), los abonos fosfáticos dan solamente pequeños efectos residuales, pero los abonos de potasa benefician al cultivo de cacao aún mucho después de que se han suspendido las aplicaciones. Dice que los fosfatos pueden mejorar los rendimientos de los suelos deficientes en potasio, siempre que el contenido de potasio sea mejorado primero.

Pound (41), aconseja como una guía para abonar en Colombia, las siguientes observaciones obtenidas de resultados en Trinidad:

- a). El potasio es beneficioso en suelos franco-arenosos, pero aquí los fosfatos pueden no incrementar los rendimientos.
- b). Los fosfatos son más provechosos en suelos de marga negra y en arcillas ácidas, pero en estos suelos el potasio no es benéfico generalmente.
- c). En general los fertilizantes son más provechosos cuando el contenido de humus es alto, lo mismo que la relación Carbono-Nitrógeno.
- d). En suelos franco-arenosos el cacao degenera temprano, a menos que se supla al suelo, humus, abono de establo o "mulch".

Hames (24), dice que en muchas áreas del Congo se debería añadir nitrógeno, fósforo, y a veces magnesio, siendo el potasio casi siempre innecesario y en cambio su exceso, puede causar perjuicios.

La función de los otros elementos considerados como mayores, tales Ca, Mg y S en la nutrición del cacao, aún no es completamente conocido. La deficiencia de Magnesio parece ser un factor contribuyente a bajos rendimientos, pudiendo también en cacao, estar envuelta en la falta de respuesta a las aplicaciones de fósforo (Dierendonck, 10).

### 3) Elementos menores.

Hay pocas evidencias experimentales, sobre los requerimientos de elementos trazas en el cacaotero, pero puede asumirse que deben ser de importancia económica. Síntomas de deficiencias de hierro han

sido reportados en África Occidental y Trinidad. La deficiencia de Zinc parece ser común en África Occidental, habiendo sido reportada también en República Dominicana.

Havord y Machicado (22), consideran que no es necesario, en cacao, la aplicación de elementos menores durante la fase reproductiva porque en esta época el sistema radicular es lo suficientemente extenso como para explorar grandes volúmenes de suelo. Al presentarse deficiencias posteriores de elementos menores, dicen ellos, que la mejor manera de corregirlas es con aspersiones de soluciones de quelatos.

Según Lockard, Vamathevan y Thamboo (31), puede haber una íntima relación entre la enfermedad consistente en hinchazón de los brotes y la deficiencia de cobre.

Nichols (40), dice que con aspersiones de cobre, no sólo logró disminuir el ataque de plagas en cacao, sino que notó un aumento en el número de mazorcas.

#### 4). Interacción de los distintos elementos.

Según Dierendonck (10), entre las combinaciones minerales aplicadas en cacao, con un máximo de exposición solar, obviamente nitrógeno y potasio están relacionados en su acción. El mismo autor dice que, aunque directamente no aumenta mucho el rendimiento, el fósforo parece ser indispensable para corregir el balance de nutrientes, perturbado por la acumulación de nitrógeno en suelos bajo sombra.

Cuando la relación  $K/Mg$  excede de 3, mientras que la relación  $K/Ca$  está cerca de la unidad, un incremento en la proporción de nitrógeno es necesario (Homes, 24).

Homes (24), dice que las hojas jóvenes tienen más estrecha la relación  $N/P_2O_5$  que las hojas viejas, relación que era respectivamente 3.5 a 5 en los jóvenes comparada con 7 a 8 en las viejas.

En Trinidad se considera como normal, en las hojas, una relación  $N/P_2O_5$  no más alta de 4.6, y una relación de  $N/K_2O$  se considera buena cuando está alrededor de 0.9 (Mc Donald, 36).

Según Homes (23), la dominación de potasio en la relación a los otros cationes, tales como calcio y magnesio, siempre es desfavorable para el crecimiento del cacao, y especialmente la supresión de la toma de magnesio, influye desfavorablemente disminuyendo el crecimiento y la producción.

Con frecuencia hay una marcada interacción entre fósforo y potasio, y al presentarse el fósforo en suficiente cantidad aprovechable, pueden no obtenerse efectos para potasio y, por otra parte, los cationes de potasio y aniones de nitrógeno están íntimamente entrelazados en su acción. Ni la toma de potasio ni la de nitrógeno, serían completas sin un adecuado suplemento del otro (Dierendonck, 10).

Machicado y Havord (33), sostienen que aplicaciones de urea

ejercieron algunos efectos sobre el contenido de los otros nutrientes, sobre todo en ciertas épocas del año, disminuyendo notablemente el contenido de fósforo en las hojas y variando, en las mismas, el de potasio, calcio y magnesio, mucho más de mes a mes, que el mismo contenido de nitrógeno.

Dierendonck (10), dice que de acuerdo con las experiencias habidas, es difícil llegar a una conclusión definitiva sobre el efecto de un elemento solo, sin considerarlo en relación con los otros elementos. En casos extremos, la aplicación de fertilizantes puede aún ser inefectiva si el balance de nutrientes es perturbado, agregando que en suelos tropicales es difícil corregir la perturbación por carecer éstos de suficiente capacidad de absorción.

### 5). Síntomas de problemas nutricionales.

Los principales estudios generales sobre las deficiencias nutritivas del cacao, han sido realizados en soluciones nutritivas o en cultivos en arena. Estos trabajos han sido ejecutados principalmente en los países productores de cacao del Commonwealth. Loué (32), dice que es de la mayor importancia para el interés práctico de los estudios de deficiencias, que los síntomas presentados y descritos sean lo más semejantes posible a los que se dan en las plantaciones comerciales.

Cuando hay buena sombra o la plantación de cacao forma su propia cubierta, por lo general no hay apreciable deficiencia de N; la deficiencia nítrica se presenta en las zonas de luz o en plantaciones muy cargadas. Los síntomas más notorios son: follaje poco abundante, hojas pequeñas, rígidas y con amarillamiento más o menos acentuado hasta las nervaduras (Loué, 32).

De acuerdo con Mc Denald, citado por Dierendonck (10), un árbol normal de cacao debería tener un mínimo de 2,4 por ciento de nitrógeno en hojas maduras secas; él mismo agrega que un contenido de N en las hojas de 0,9, por ciento, puede considerarse como el comienzo de una severa deficiencia.

Los niveles de fósforo en las hojas de plantas normales son alrededor de 0,5 por ciento  $P_2O_5$ , considerándose como deficiencia de fósforo un contenido en las hojas por debajo del 0,17 por ciento. Hojas normales tienen un contenido de  $K_2O$  en la materia seca, de alrededor 2,6 por ciento, mientras que un nivel de  $K_2O$  en las hojas de 0,7 por ciento, puede ser considerado como comienzo de deficiencia (Dierendonck, 10).

Dierendonck (10), dice también que un contenido de  $MgO$  cerca del 0,3 por ciento, un peso de hojas secas, parece ser crítico, pues plantas sanas tienen un contenido de  $MgO$  en la materia seca de 0,9 a 1,3 por ciento, agregando que plantas con Ca en las hojas por debajo de 0,5 por ciento demuestran síntomas de deficiencia.

Lockard, Vamathevan y Thamboo (41), al dejar crecer plántulas de cacao, durante 273 días, en una solución nutritiva sin cobre, notaron al final que las hojas demostraron síntomas de severa defi-

ciencia de Ca y también hinchamiento de la mayoría de los brotes.

En cuanto a síntomas visuales de perturbaciones nutricionales. Dierendonck (10) dice que:

La deficiencia de nitrógeno se caracteriza por estancamiento del crecimiento con tendencia a formar hojas pequeñas. Siendo otro síntoma visual, una parcial descomposición de la clorofila en los espacios intervenales de las hojas más viejas, las que más tarde se tornan de color verde pálido o amarillo.

La deficiencia de fósforo se manifiesta en manchas necróticas en el ápice de la hoja, tomando el resto del limbo un color verde intenso.

La deficiencia de potasio se nota por parches amarillo-pálidos en los espacios intervenales cerca de los márgenes de la hoja, seguidos por secamiento.

Los primeros síntomas de deficiencia de magnesio aparecen con necrosis terminal y marginal de las hojas.

La deficiencia de azufre se caracteriza por una apariencia verde amarillosa de las hojas, con frecuencia acompañada del ataque preferencial de insectos.

El calcio acumulado en abundancia, endurece los tejidos de plantas viejas y la pared de la mazorca, y en su deficiencia aparecen áreas necróticas en las regiones intervenales cerca a los márgenes de las hojas y en casos graves, se produce un marchitamiento de los puntos de crecimiento de las hojas nuevas.

Loué (32), describe las siguientes deficiencias:

Para hierro se nota una suspensión del crecimiento y un amarillamiento de los espacios intervenales, quedando las nervaduras verdes. Cuando es muy avanzada aparece necrosis en los mismos sitios.

En la deficiencia de manganeso aparecen manchas pardas violáceas en la mitad apical del borde de las hojas.

En la falta de boro se notaron inicialmente las hojas del último brote retorcidas y anormalmente alargadas, crispadas en su extremidad con manchas amarillas en el punto de crispamiento.

La deficiencia de Zn, observada en el campo, se manifestó principalmente por deformaciones foliares cuya gravedad aumentaba con las brotaciones sucesivas.

Havord (21), dice que los métodos usados para diagnosticar deficiencias nutritivas en cacao, tales como análisis del suelo y foliar, diagnóstico por medio de síntomas visuales e inyecciones foliares, pruebas de maceta y experimentos de campo, sufren todos de la limitación de no tomar en cuenta las condiciones físicas del suelo, que son de mucha importancia en la limitación de los rendimientos de cacao. Siendo de creer que condiciones físicas insatisfactorias de suelo

lo son muy responsables de los fracasos que frecuentemente se presentan con el uso de fertilizantes.

#### D.— Aspectos de la fertilización.

##### 1). Modo de Aplicación.

La manera como se aplique el fertilizante es de mucha importancia para su buen aprovechamiento por la planta. Dependiendo el modo de aplicación de factores tales como tipo de planta, características del suelo, clase de fertilizantes, etc.

El mejor resultado ha sido obtenido localizando el fertilizante alrededor del árbol, describiendo una circunferencia cuyo radio no exceda de 1 m. Aplicaciones superficiales, usualmente dan bajos efectos. Debe tenerse especial cuidado en no aplicar en una circunferencia muy estrecha, sobre todo en árboles jóvenes, pues en éstos el perjuicio es mayor (Dierendonck, 10).

Al usar abonos simples, mezclarlos previamente, limpiar antes de la aplicación, alrededor del árbol, colocando el fertilizante en corona y distante del tronco del árbol hasta donde lleguen las puntas de sus ramas laterales (Anónimo, 4).

Según Havord y Michicado (22), algunas veces el N también se aplica por aspersiones foliares en forma de urea; sin embargo, la cantidad de N que se aplica de esta manera es muy baja para satisfacer los requisitos de árboles de cacao de crecimiento vigoroso, y es necesario aumentar esa cantidad con adecuadas aplicaciones al suelo.

La urea, en cualquiera de las formas de aplicación, aumenta el contenido de nitrógeno en las hojas. Cuando se abona con 250 Kgr/Ha., hay una escasa diferencia entre los resultados obtenidos por aplicaciones al suelo y por aspersión. Cuando se abona con 500 y 750 Kgr./Ha., la aplicación combinada al suelo y por aspersión, aumenta el contenido más que la aplicación al suelo únicamente (Havord y Machicado, 22).

En experimentos con isótopos radioactivos, para averiguar vías de fertilización en cacao Cornwell (7) al aplicar fósforo-32 por implantación al tronco, inmersión de las raíces y aplicación al suelo, encontró que la distribución más uniforme de la actividad del fósforo-32 se presentó en los árboles que recibieron este elemento por aplicación al suelo. En trabajos del mismo tipo, Silva(43) halló que asperjando con fosfato monosódico, cada ocho días, se causó una necrosis pronunciada. Encontrando también que los porcentajes de absorción y translocación de  $P^{32}$  variaban con el pH y que la absorción fué mayor con aplicaciones bajo la epidermis, pero el porcentaje de  $P_{32}$  translocado fué el mismo cuando hizo la aplicación por encima o por debajo de la epidermis.

##### 2). Epoca de Aplicación.

El momento de la aplicación del fertilizante es decisivo pero su

óptimo aprovechamiento, debiendo ajustarse, entre otros factores, a las lluvias y a la fisiología de la planta principalmente.

De acuerdo con Maliphant y Walmsley (35), en Trinidad, han reportado claramente que la aplicación de dosis divididas de fertilizantes, una al comienzo del período lluvioso principal y la otra durante el cuajamiento de la cosecha principal, ha dado mejores resultados que una sola aplicación de la misma dosis al comienzo de la época lluviosa.

Havord y Machicado (22), también experimentaron con dos aplicaciones anuales con buenos resultados, pero no dicen la época.

Dierendonck (10), considerando el tiempo de aplicación, dice que éste debería ajustarse de acuerdo al clima. Cuando hay únicamente una estación seca, entonces se recomienda aplicar al final del período seco y al principio del húmedo.

De acuerdo con Hardy (18), el mejor tiempo para abonar el cacao en Trinidad, es de cinco a seis meses antes de que madure la cosecha principal, esto es, al tiempo en que ya están maduros los primeros frutos, lo que según él, sugiere la posible significancia de la nutrición mineral en la prevención de la caída de los frutos.

Aconseja dividir la dosis anual en dos aplicaciones. La primera treinta días antes del período principal de floración y la segunda cuando se haya iniciado el desarrollo de los frutos que van a dar la cosecha principal (Anónimo, 4).

### 3). Fuentes de Nutrientes.

Debe tenerse especial cuidado en escoger la fuente del elemento que se va a aplicar, teniendo en cuenta el tipo de suelo, fisiología de la planta, etc. Al respecto, Dierendonck (10), dice que ha sido reportado en África Occidental, que el muriato de potasio produce chamusquina en las hojas, pero tales observaciones no han sido hechas en otras partes. Afirma también, que entre los fertilizantes fosfóricos, el superfosfato es sin duda el mejor compuesto, porque contiene iones fosfato en forma verdaderamente asimilable, por lo que debería ser considerado de gran importancia al considerar el aspecto de la fijación del P; y que trabajos experimentales con nitrógeno han usado bastante el sulfato de amonio. Agrega que otras formas de nitrógeno, incluyendo urea y nitrato de amonio, debían ser consideradas igualmente como buenos fertilizantes, mucho más si se tiene en cuenta que ellos no acidifican el suelo. Pero que al aplicarse éstos en forma sólida, advierte que la urea no debe ponerse demasiado cerca del tronco del árbol.

Hardy (18), dice que el superfosfato y otros abonos fosfáticos solubles han dado las respuestas más rápidas, pero el fosfato de roca, aunque es más lento en actuar, puede eventualmente ser bueno entre las deficiencias grandes de fosfato, y aún podría ser tan bueno como el otro.

Más tarde Hardy (15), confirma que los abonos solubles fosfáticos

ticos son más benéficos que los insolubles. Diciendo también que los abonos inorgánicos nitrogenados solubles no han probado ser benéficos, excepto en dosis livianas en arcillas deficientes en humus y, que verdaderamente los abonos nitrogenados artificiales generalmente reducen los efectos benéficos de los fosfatos en suelos deficientes en fósforo.

En plantaciones con sombra no parece económico el uso de fertilizantes, pero en este caso, la mejor respuesta se obtuvo en Trinidad con sulfato de amonio, dando el superfosfato triple y el cloruro de potasio respuestas menores. Siendo de observarse, el mejor efecto de un tipo de fertilizante en relación con el tipo de suelo (Maliphant y Walmsley, 35).

#### 4). Dosis y Niveles de Aplicación.

Lógicamente estas dosis varían de acuerdo al tipo de suelo y a la edad y estado del cultivo. A continuación se dan algunas utilizadas en distintas regiones, las que pueden tenerse como una orientación general a este respecto.

Loué (32) dice que los mejores resultados se han obtenido con aplicaciones de los siguientes fertilizantes completos (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O en gms./árbol), hechos en la Costa de Marfil, y recomienda:

- a). Para las regiones deficientes en K: fórmulas 60-50-100, o, 60-60-100, o, 60-60-120.
- b). Región de granito: fórmulas 60-80-60, o, 60-80-80.
- c). Región de esquistos: fórmulas 60-50-60, o, 60-60-80.

En Brasil en un cultivo sembrado en semi-floresta, al cual se aplicó fertilizantes a razón de 140 gr. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en combinación con 75 gr. de K<sub>2</sub>O por árbol y siendo los suelos pobres en fósforo, se obtuvo un incremento de rendimiento cercano al 80 por ciento. No hubo buenos resultados con la aplicación de nitrógeno, seguramente porque el cultivo estaba bajo sombra (Dierendonck, 10).

Quartey y Edwards (43), refiriéndose a Ghana, dicen que aunque no han dado ninguna recomendación sobre fertilizantes a los agricultores, los resultados de los ensayos indican que aplicaciones de 85 Kgr. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y unas 65 Kgr. de N por Ha. serían las dosis más recomendables hasta la presente.

De acuerdo con Maliphant y Walmsley (35), en México se recomienda el uso de un fertilizante completo de 60 gr. de N, 120 gr. de P, 90 gr. de K y 500 gr. de Ca por árbol, empleados en dosis de 385 gr. dos veces al año, una antes de la floración y otra al comienzo del cuajamiento. Agrega que en Granada aplican unas 1.250 gr./Ha. de 12-8-24 obteniendo por año cerca de 5.000 Kgr. de cacao seco por Ha.

Recomienda como fórmula normal de abono para cacao, por árbol, las siguientes cantidades:

60 gms.	nitrógeno.
120 "	fósforo.
90 "	potasio.
500 "	cal.

(Anónimo, 4).

Havord y Machicado (22), recomiendan dar durante el 2º, 3º y 4º años, 0,50-1,00Kgr/árbol de:

Sulfato de amonio .....	5 partes (o 2½ partes urea)
Superfosfato simple .....	5 partes
Sulfato de potasio .....	2 partes
Sulfato de magnesio .....	1 parte

Recomendando además para lotes de más de 5 años, mezclas diferentes para cultivos con sombra o sin sombra.

Según Dierendonck (10), aplicaciones de 50 a 80 kgr. de K<sub>2</sub>O/Ha. (700-800 árboles/Ha.) en adición de 30 a 60 kgr. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> han dado los efectos más considerables. Diciendo además, que la adición de N sobre estas cantidades, con frecuencia parece tener bajos resultados.

Jacob y Von Uex Küll (26) recomiendan en Kgr/Ha. las siguientes dosis, al emplearse fertilizantes simples:

Arboles jóvenes hasta de 3 años de edad:

N.....	35-65 =	170-340 Sulfato de Amonio (20% de N).
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	30-60 =	170-330 Superfosfato (18% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
K <sub>2</sub> O.....	65-100 =	110-165 Cloruro de potasio (60% de K <sub>2</sub> O).

Al emplearse fertilizantes compuestos.

Arboles jóvenes:

225-450 de la fórmula 8-12-12

Arboles adultos:

350-650 de la fórmula 12-8-18

### 5). Características del Abonamiento en cacao.

Todo programa de nutrición en cacao, bien llevado, debe estar precedido por trabajos de drenaje, riego, tratamientos culturales generales y acompañado de un buen control de plagas y enfermedades (Hardy, 14, 15).

Según Machicado y Havord (33), existe una correlación entre las cantidades de urea aplicada y el contenido de N en las hojas de cacao. Siendo los efectos más notorios en ciertas épocas del año y las variaciones del contenido de N tan grandes entre meses como entre tratamientos.

Sobre la difundida creencia de que el responsable del beneficio del abono de establos en cacao era el nitrógeno, Hardy (14) dice que experimentos subsecuentes han demostrado que el componente valioso no es generalmente el nitrógeno sino el potasio, aunque la celulosa y algunos componentes de carbohidratos y ocasionalmente los fosfatos, pueden incluir sobre los aumentos de rendimientos en cacao, de acuerdo con el tipo de suelo.

Comenta Homes (24), que tomando en consideración la relación del número total de aniones al número total de cationes (1,50 en mu-

chas áreas del Congo) es posible la estimación de una fórmula fertilizante completa para cacao.

Contrario a lo que ocurre con cultivos anuales, el efecto de la fertilización en cacao se manifiesta tarde. Además de que el rendimiento del cacaotero está muy influído por factores ambientales como clima, plagas, enfermedades etc. Por lo que dice Jacob y von Uex Küll (26), al referirse a ensayos de campo con fertilizantes en cacao: "En la mayoría de los casos el error inherente del experimento es considerablemente mayor que la diferencia entre los resultados de los tratamientos fertilizantes individuales, de manera que resulta imposible establecer un efecto estadístico significativo de los mismos".

#### E.— Algunos trabajos hechos sobre fertilización en cacao.

En Colombia se han hecho pocos ensayos referentes a la fertilización en cacao. Los que se han hecho se relacionan únicamente con aspersiones foliares. En la literatura consultada no se encontró ningún trabajo hecho en Colombia con aplicación de fertilizantes al suelo. A continuación se describen algunos de los trabajos que se han considerado importantes ejecutados en algunos países.

Jones y Maliphant (29), hicieron en Costa Rica unos experimentos de campo, localizados en un suelo con drenaje imperfecto, de aluvión arcillo-arenoso, de pH variable de 6,4 en los primeros 15 cms. a 5,8 hasta 1 m. bajo en N total (0,17% en los 15 cms. superiores), potasio aprovechable (74 ppm.) y fosfato (19 ppm.); y sujeto a una lluvia de cerca de 2.000 mm. en su mayor parte distribuidos sobre los meses de Mayo a Diciembre, con un corto tiempo seco que se presenta frecuentemente durante Septiembre a Octubre. La Tabla III da los rendimientos obtenidos en la parte de los experimentos que correspondió a las cosechas de 1956 a 1957.

Homes (23), da los resultados de un año de experimento de cultivo de cacao en arena. El fin era tener información que sirviera en la preparación de los mejores fertilizantes para cacao. Los datos consisten en los pesos secos de ramas y hojas, bajo nueve combinaciones diferentes de fertilizantes. Todas las plantas recibieron una solución nutritiva completa más una cantidad adicional de cada uno de los grupos usados: N-P-S y K-Ca-Mg. De manera que los grupos usados fueron: NK, MCa, NMg, PK, PCa, PMg, SK, SCA, SMg. De lo anterior obtuvo que las tres combinaciones con K adicional produjeron la cantidad más baja de materia seca, mientras que las seis combinaciones de Mg o Ca adicional dieron en promedio unas tres veces la cantidad de materia seca de las combinaciones con K, especialmente las de Mg. La combinación MgN produjo la cantidad mayor. Los resultados sugieren que el árbol de cacao debe reaccionar favorablemente a una dominancia de N y Mg y también que debe evitarse demasiado K al formular fertilizantes para cacao. Se cree, con base en estos resultados, que la mejor mezcla fertilizante para aumentar la cantidad de m.s. en tallos y hojas, será también la mejor para lograr un aumento en la producción de almendras.

— T A B L A III —

RENDIMIENTOS OBTENIDOS POR JONES Y MALIPHANT (29) EN LA PARTE DE SU EXPERIMENTO CORRESPONDIENTE A LOS AÑOS DE 1.956 Y 1.957.

Experimento	Tipo de sombra.	Clon	Distancias de siembras	Tratamiento	Rendimiento lb. cacao/seco/acre	Nº de árboles	
I							
Sombra, espaciamiento y fertilidad	Ninguna	ICS 1	(pies)		acre		
			8 × 8	NP	1.943	36	
		ICS 1	12 × 12	NK	1.898	16	
		ICS 1	8 × 8	PK	1.839	36	
		ICS 1	8 × 8	NK	1.817	72	
	Inmortelle	ICS 1	8 × 8	Ninguno	1.807	36	
		ICS 1	12 × 12		1.801	16	
II							
Leguminosa v. s. no leguminosa	Inmortelle	ICS 1	12 × 12		NPK	2.503	
			12 × 12		PK	2.421	
	Theobroma bicolor	ICS 1	12 × 12		NPK	1.990	
			12 × 12		NPK	1.885	
III							
Espaciamiento, cobertura, trincheras.	Ninguna	ICS 6	7.2 × 7.2	Cob. de grass	2.114	16	
		ICS 60	9 × 9		2.064	9	
		ICS 8	9 × 9		2.016	9	
IV							
Cultivos y abonamiento	Inmortelle	ICS 1	12 × 12	Cob. de grass	2.197	8	
			12 × 12		2.037	8	
			12 × 12		1.818	8	

Machicado y Boynton (34), analizaron hojas de cacao de 30-60-90 días para observar la variabilidad de los compuestos solubles nitrogenados de acuerdo con las carencias de K, Ca y Mg, encontrando que hubo un marcado incremento en la concentración de nitrógeno total en las hojas, en la mayor parte de los tratamientos donde el K y el Mg eran deficientes.

De los trabajos hechos en Colombia se tiene:

Mosquera (37), realizó experimentos en lotes de cacao clonales y no clonales, sobre la influencia en éstos del N, P y K, fungicidas y hormonas en forma de aspersión foliar y encontró que esta forma de aplicación puede disminuir el marchitamiento de frutos jóvenes y aumentar la cosecha.

Jaramillo (28) encontró que con aplicación de urea en forma de aspersiones foliares, se reduce en alto grado el marchitamiento de los frutos jóvenes de cacao y cree que las aspersiones tienen el doble efecto de nutrir a la planta con N al mismo tiempo que aumentan la producción de los fitohormonas naturales, como las auxinas, y agrega que seguramente intervienen otros factores hasta el momento desconocidos, pero que él estudió el factor fitohormonas por considerarlo como uno de los más fundamentales en la caída de los pepinos.

Gutiérrez (12), reporta que en Caldas, ha sido muy notorio el aumento de la cosecha en árboles viejos, cuando éstos fueron fertilizados, en una finca cercana a Neira. Pero no da dosis ni cifra alguna.

### III.— MATERIALES Y METODOS

...

De acuerdo con la finalidad del trabajo, se planeó y realizó el ensayo de campo en las siguientes condiciones:

#### A.—Clon usado y características de la plantación.

Para este ensayo, se emplearon 324 árboles escogidos de un total de 400, sembrados a una distancia de 4 m. en cuadro, en un área aproximada de 1 plaza ( $6400\text{ m}^2$ ). Estos árboles eran del clon Selección Colombia 6, y su edad al comenzar el ensayo era de  $3\frac{1}{2}$  años.

Los árboles de cada parcela experimental se numeraron para llevarles registros individuales.

El porcentaje de sombra bajo el cual se encontraba el cultivo era aproximadamente de un 50 por ciento. Estando formado el sombrío por una mezcla de plátano (*Musae paradisiaca*), y guandul (*Canavalia cajan*), como remanentes del sombrío temporal, y por guamo (*Inga edulis*), aún con poco follaje y poca altura, como sombrío permanente.

#### B.—Características del suelo en el lote utilizado.

Según el análisis previo del suelo del lote en que se trabajó, su estado edafológico al comenzar el ensayo era el siguiente:

Textura: franco limosa en general.

Profundidad analizada: 1,20 m. (capa arable 0,20 m.)

Drenaje: regular el interno y bueno el superficial

Densidades:

aparente	=	1,210 gr/cm <sup>3</sup>
real	=	2,405 "

Peso de 1 Ha. de 20 cm. de profundidad en la capa arable: 2'420.000 Kgs.

pH :

capa arable	=	6,90
subsuelo	=	7,25

Capacidad catiónica de cambio:

capa arable	=	29,36 m.e/100 g.
subsuelo	=	35,75 "

K :

capa arable	=	310 Kgr/Ha.
subsuelo	=	225 "

M.O. :

capa arable	=	1,909%
subsuelo	=	1,275%

N total :

capa arable	=	0,156%	C/N = 7.1
subsuelo	=	0,124%	

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> :

capa arable	=	16,68 Kgr/Ha.
subsuelo	=	10,89 "

### C.—Tipos de abono y mezclas usadas, forma y época de aplicación.

Se fertilizó únicamente con elementos mayores (N,P,K). Empleándose como fuentes los siguientes fertilizantes simples:

Para N: Urea del 46% de N.

Para P: Superfosfato simple del 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Para K: Sulfato de Potasio del 50% de K<sub>2</sub>O.

Se emplearon 4 niveles de cada uno de los fertilizantes anotados, combinados de acuerdo con el tratamiento, en la siguiente forma:

Tratamiento	N gr/árbol	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> gr/árbol	K <sub>2</sub> O gr/árbol
A	0	0	0
B	0	90	50
C	0	90	100
D	0	90	250
E	50	90	100
F	50	90	250
G	100	90	100
H	100	180	100
I	100	45	100

Las pesadas correspondientes a los tres niveles de los distintos fertilizantes, para cada tratamiento, se mezclaron momentos antes de la aplicación. Las aplicaciones se hicieron en corona, con un radio de 0.80 - 1.00 m. alrededor del tronco, y una profundidad de 0.15-0.20 m., cubriendo el fertilizante después de aplicado, con tierra y hojarasca. La primera aplicación se hizo el 13 de octubre de 1.963 y la segunda el 11 de mayo de 1.964. Empleándose en cada aplicación la mitad de la dosis total para cada tratamiento. Se trató, en lo posible, de hacer las aplicaciones al comenzar los períodos lluviosos.

#### D.—Diseño empleado.

El diseño experimental usado en esta prueba fue el de bloques al azar con 9 tratamientos, 9 árboles por tratamiento, y 4 replicaciones (Véase Fig. 1).

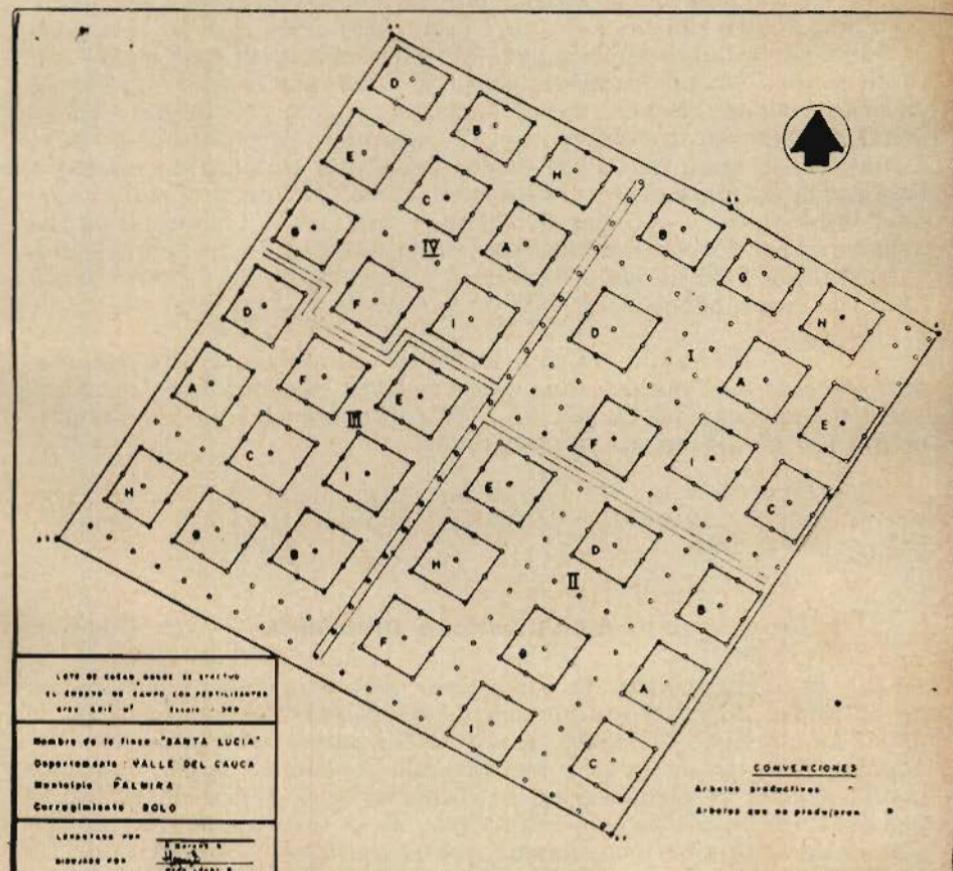


FIGURA 1. Gráfico indicativo de la situación de las parcelas en el campo, en el que se unen y encierran los árboles correspondientes a cada parcela, indicándose los árboles productivos y los no productivos.

Foto: S. Shima.

### E.—Elementos de trabajo utilizados y toma de datos.

La aplicación de los fertilizantes se hizo con ayuda de una pala plana para hacer la zanja. Para las cosechas se usaron tijeras podadoras, baldes y costales; para quebrar las mazorcas se utilizó machete; y para pesar las almendras húmedas se empleó una balanza tipo reloj, marca DETECTO, graduada en divisiones de onza.

Las cosechas y pesadas se hacían simultáneamente, en un día comprendido entre el 23 y el 26 de cada mes. El criterio seguido para coger una mazorca fue que su grado de madurez llegara a los 3/4 como mínimo.

### F.—Riego y labores culturales.

El micro-clima de la zona donde se efectuó el ensayo está comprendido dentro del de Palmira, Ibarra (25), dice que en esta zona la humedad relativa varía entre 100 por ciento y 26 por ciento durante el día, con un promedio anual de 75,6 por ciento, pudiéndose clasificar como "Semihúmedo". Que el régimen de lluvias corresponde al tipo clásico "Intertropical" teniendo precipitaciones entre 1.000 y 1.200 mm. que abarcan dos épocas, la primera de marzo a mayo y la segunda de octubre a noviembre; con un promedio anual de 1.008,46 mm. y 111 días de lluvia, y que por la condensación del vapor de agua Palmira se clasifica por su nubosidad como clima semi-cubierto, con 5/10 de cielo cubierto y un promedio de 6 horas 10 minutos de brillo solar.

El riego disponible era deficiente, sólo se regaba en los veranos, dos veces al mes durante dos días cada vez, sacando agua de 2 pozos con una pequeña bomba de 3" y regándose el área del experimento por el sistema de riego corrido.

Las labores culturales fueron las mismas que se hacen corrientemente en los cacaotales del Valle (limpiezas cada 3 ó 4 meses y podas semestrales).

### IV.—RESULTADOS Y DISCUSION

Se hizo un análisis de covarianza (véase apéndice), con el fin de descartar la posible influencia de las cosechas en que aún no se había manifestado el efecto de los fertilizantes (tres primeras), tomando el peso de éstas como variable concomitante. Se demostró por la prueba de significación del coeficiente de regresión (véase apéndice) que la producción bajo efecto de la fertilización (Y) no dependía de la producción antes de que se manifestase el efecto de los fertilizantes (X).

Por el análisis de covarianza, se encontró que no había diferencia estadísticamente significativa (al 95 y al 99 por ciento) debida al efecto de los distintos tratamientos empleados.

En realidad el error experimental, en este ensayo, fué bastante

alto. Pues el coeficiente de variabilidad (véase apéndice) fue de 38 por ciento, el cual se sale de los límites aceptados para experimentos agrícolas (9 a 29 por ciento).

Ese error experimental tan elevado pudo haber sido debido a que, en la mayoría de las parcelas, no produjeron todos los árboles, porque algunos de ellos eran resiembras con menor edad que el resto de la plantación. Cosa que se trató de reducir, en parte, no tomando para analizar los datos de producción total por parcela, sino el promedio de los árboles en producción de cada parcela. Por tratarse de una planta perenne, se hubiera podido reducir más el efecto de la no producción de algunos árboles, continuando el ensayo por más tiempo.

Aunque el análisis estadístico no muestra diferencias significativas entre el efecto de los tratamientos; si se observan los datos consignados en la Tabla IV, en la que aparecen los pesos de las distintas cosechas por tratamiento, se ve que en general hubo un notable aumento de la producción en las parcelas de todos los tratamientos, a partir de la 5<sup>a</sup> o 6<sup>a</sup> cosecha, aumento que produjo diferencias muy notorias en la producción total de algunas parcelas, cuando se comparan todos los tratamientos.

El aumento en producción, que se observa a partir de la 5<sup>a</sup> o 6<sup>a</sup> cosecha, induce a pensar que el efecto de los fertilizantes comienza a manifestarse en forma clara, sobre el rendimiento, a partir del 5<sup>o</sup> o 6<sup>o</sup> mes después de la aplicación. Esto parece lógico, si se tiene en cuenta que entre la fecundación del óvulo y la maduración de la mazorca, media un tiempo aproximado de 6 meses.

También, al observar la Tabla V, puede apreciarse una marcada diferencia entre los promedios de los pesos de almendras húmedas por árbol de las parcelas testigo, las parcelas sin N pero con P y K y aquellas en que se aplicó los tres elementos (NPK). En la Tabla en referencia se puede ver que los mayores promedios corresponden a las parcelas en las que se aplicó los tres elementos y los menores promedios a las parcelas que recibieron el tratamiento PK.

Los gráficos de las Figuras 2, 3 y 4, fueron construidos con base en los promedios ajustados de Y a un mismo nivel de X (véase apéndice), equivalentes al peso promedio de almendras húmedas en gr/árbol, para las 9 cosechas y para cada uno de los 9 tratamientos. En cada uno de estos gráficos, se comparan tres niveles de un mismo elemento, manteniéndose siempre los otros dos elementos diferentes en un mismo nivel. Puede observarse, en ellos, un efecto favorable del N, un ligero efecto favorable del P, y cierto efecto depresivo debido al K, especialmente en la dosis más alta de este último elemento.

Para una mayor comprobación del efecto de esos tres elementos mayores en la producción del cacao, sería conveniente planear algunos experimentos factoriales, en distintas fincas, en los que se puedan incluir tratamientos con cada uno de esos elementos, solos y combinados. Pues usando árboles de una misma población clonal y

## — T A B L A IV —

PESOS EN GRAMOS DE LAS ALMENDRAS HUMEDAS, EN CADA UNA DE LAS COSECHAS Y EL PESO  
TOTAL POR TRATAMIENTO

Trata- miento	C O S E C H A S									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	1.474	681	992	730	1.090	1.900	1.404	8.703	4.508	21.532
B	1.191	199	539	45	200	709	1.404	5.004	4.224	13.515
C	2.098	624	624	140	1.300	2.141	696	5.160	4.933	17.716
D	1.162	57	113	...	530	2.722	1.022	6.944	5.288	17.838
E	369	511	822	925	230	2.070	1.800	6.492	6.053	19.272
F	1.446	879	1.560	590	2.050	3.034	1.163	5.897	8.704	25.323
G	681	681	1.163	1.865	3.180	3.035	1.701	8.320	7.626	28.252
H	567	29	454	240	1.110	3.358	2.113	5.614	7.796	21.281
I	1.219	737	511	670	1.160	3.771	1.744	9.639	8.636	23.087

## — TABLA V —

Dosis aplicadas en los distintos tratamientos en gramos por árbol, con sus respectivos promedios ajustados de pesos de almendras húmedas para las nueve cosechas.

Tratamiento	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Producción Kgr/árbol
A	0	0	0	0,571
B	0	90	50	0,502
C	0	90	100	0,534
D	0	90	250	0,495
E	50	90	100	0,600
F	50	90	250	0,725
G	100	90	100	0,816
H	100	180	100	0,819
I	100	45	100	0,740

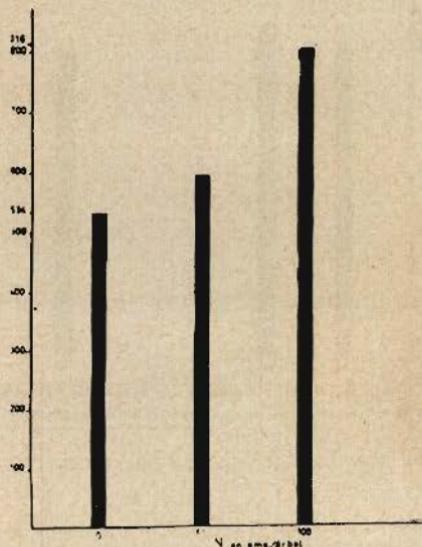


FIGURA 2. Efecto del N sobre el peso de las almendras húmedas.

Foto: S. Shima.

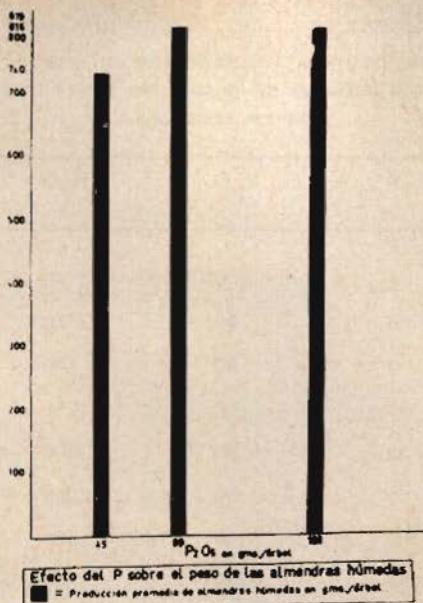


FIGURA 3. Efecto del P sobre el peso de las almendras húmedas.

Foto: S. Shima.

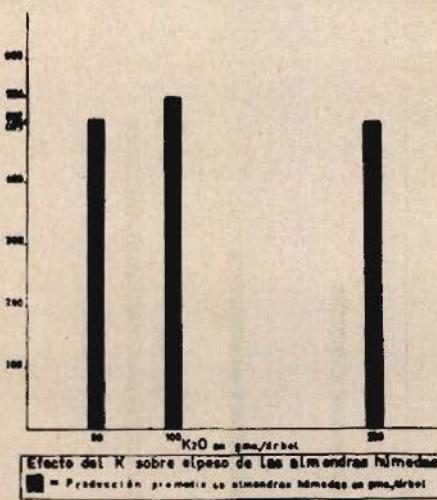


FIGURA 4. Efecto del K sobre el peso de las almendras húmedas.

Foto: S. Shima.

de igual edad, escogiendo un lote de suelo homogéneo, continuando el ensayo por lo menos por dos años y disminuyendo al mínimo otras posibles causas de error experimental; es casi seguro que se va a encontrar respuesta estadísticamente significativa, debida a algunos de los tratamientos fertilizantes.

Sería de mucho valor el acompañar, en próximos ensayos, los

datos de producción con análisis químicos de hojas y tal vez de frutos. Con el fin de observar cómo varía la composición de éstos de acuerdo con la fertilización.

#### V.— CONCLUSIONES

Con el número de cosechas efectuadas (nueve), durante el tiempo que duró el ensayo, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos. En cambio, al observar el promedio de producción de las parcelas que integraban cada tratamiento, se notó que los mayores promedios de rendimiento por árbol correspondían a los tratamientos con NPK y los menores promedios a los tratamientos con PK pero sin N, quedando intermedio entre éstos la producción de las parcelas testigo.

Es probable, que en el tipo de suelo usado en este ensayo, con un contenido de N total de 0,156 por ciento en la capa arable y 0,124 por ciento en el subsuelo, según el análisis hecho antes de comenzar el ensayo, y con una penumbra del 50 por ciento, no sea aconsejable la aplicación de PK solos, ya que el alto contenido de K en relación al bajo contenido de N puede que reduzca, aún más, la asimilación de este último elemento, causando una baja en la producción. En estas condiciones al aplicar fósforo y potasio debe aplicarse nitrógeno en dosis altas.

Aunque según la literatura consultada, no se debe esperar respuesta a las aplicaciones de N bajo condiciones de penumbra, en este ensayo la mejor respuesta fué obtenida con aquellos tratamientos donde se incluyó este elemento; lo que puede explicarse por el contenido de N tan bajo del lote experimental y porque en esta plantación la penumbra apenas llegaba a un 50 por ciento.

Parece, por lo que se observó en este ensayo, que los fertilizantes en cacao, comienzan a manifestarse en una forma más o menos clara en la producción, a partir del 5º o 6º mes después de la aplicación.

La fórmula fertilizante cuyas parcelas produjeron un mayor rendimiento en este ensayo, fué la formada por 100 gr. de N, 180 gr. de  $P_2O_5$  y 100 gr. de  $K_2O$ , dividida en dos aplicaciones, al comienzo de los dos períodos lluviosos cada una.

#### VI.— RESUMEN

Se recopiló una información, lo más completa posible, de los trabajos que se han hecho sobre fertilización del cacaotero, complementándose con algunos datos sobre botánica y fisiología de este árbol.

De acuerdo con la literatura consultada se planeó un ensayo para observar la respuesta de una plantación de cacao, en comienzos de producción, a la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio, al sue-

lo. Este experimento se efectuó en la finca "Santa Lucía", corregimiento del Bolo Alizal, Municipio de Palmira, la cual está a unos 1.000 m. sobre el nivel del mar, con una temperatura media de 24°C. y una precipitación de 1.000 mm. anuales; se supieron con riego corrido, las deficiencias de precipitación que se presentaron durante los períodos secos.

Fueron usados árboles del clon Selección Colombia 6, sembrados a una distancia de 4 m. en cuadro y se aplicaron 9 tratamientos fertilizantes. La penumbra del lote era aproximadamente de un 50 por ciento, estando formada por guamo, guadul y plátano.

Los resultados del experimento no fueron estadísticamente significativos, más que todo, por el escaso número de cosechas efectuadas, habiendo sido imposible reducir lo suficiente el error experimental.

Sin embargo, se encontró que para las condiciones de esa finca, no parecen útiles las aplicaciones de fósforo y potasio solos, siendo aconsejable aplicar también nitrógeno al aplicar esos otros dos elementos.

Se notó que, en cacao, el efecto de la aplicación de los fertilizantes ensayados se manifiesta, más o menos claramente en la producción, del 5º al 6º mes de aplicados.

Con los tratamientos usados, la mejor respuesta se obtuvo con la aplicación de 100 gr. de N, 180 gr. de  $P_2O_5$  y 100 gr. de  $K_2O$ , al suelo por árbol, dividida en dos aplicaciones, al comienzo de los dos períodos lluviosos cada una.

Se recomienda, la ejecución de experimentos, ojalá regionales, en los que se reduzcan al mínimo las posibles causas de error experimental. Los cuales, planeados como base en las informaciones preliminares del presente trabajo, pueden suministrar datos más precisos sobre la respuesta del cacaotero a la fertilización.

## VII.— SUMMARY

A most possible complete information was compiled of the work which had been made on fertilization of the cocoa tree, completing it with some data on botany and physiology of this tree.

According to the literature consulted, a test was planned to observe the response on a cocoa plantation, at the beginning of production, to the application of nitrogen phosphorus, and potassium to the soil. This test was carried out in the farm "Santa Lucía" in the country of Bolo Alizal, Municipality of Palmira, which is located at some 1000 m. above sea level, a medium temperature of 24°C and an annual precipitation of 1.000 mm.; deficiencies of precipitation during the dry months, were supplied by running irrigation.

4 m. apart in square were used, and 9 fertilizer treatments were applied. The shade of the plantation was approximately 50 per cent, being formed by guamo, guandul and plantain trees.

The results of the experiment were not statistically significant, due primarily to the scarce number of harvests which had taken place, being impossible to reduce sufficiently the experimental error.

Nevertheless, it was found that for the conditions of this farm, the application of phosphorus or potassium alone, does not seem useful; suggesting the application of nitrogen when applying those two other elements.

It was noted that, in cocoa, the effect of fertilizers is manifested, more or less clearly in the production, of the 5th to the 8th month after the application.

With the treatments used, the best response was obtained with the application of 100 gr. of N, 180 gr. of  $P_2O_5$  and 100 gr. of  $K_2O$ , to the soil per tree, divided in two applications, each at the beginning of the two rainy periods.

It is recommended to carry out experiments, preferably regional, in which it must be reduced to a minimum the possible causes of experimental error. These experiments planned on the basis of the preliminary information of the present work may give a more precise information on the response of the cocoa trees to fertilizers.

#### IX.— BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ABEELE, M. VAN DEN.— 1.956. Les principales cultures du Congo Belga, 3<sup>o</sup> ed. Publication de la Direction de L'Agriculture, des Forêts et de L'Elevage. Bruxelles. p. 401-402.
2. ALVIM, P. DE T.— 1.960. Las necesidades de agua del cacao. Turrialba 10: 6-15.
3. ——. — 1958. Stomatal opening as practical indicator of moisture deficiency in cacao. Séptima Conferencia Interamericana de Cacao, Ministerio de Agricultura. Palmira, Colombia. p. 283-293.
- 4.— (ANONIMO).— 1.953. El cultivo del cacao. Pub. de la Dirección General de Agricultura y Du Pont, S. A. Méjico. p. 30-34.
5. BARTOLOME, R.— 1.952. Effect of fertilizer application on the incidence of cherelle wilt of cacao. Turrialba 2: 9-11.
6. BONDAR, G.— 1.938. El cultivo del cacao. Unión Panamericana oficina de Cooperación Agrícola. Washington. p. 1-9.
7. CORNWELL, P. B.— 1.957. A preliminary investigation into the uptake translocation of phosphorus - 32 in *Theobroma cacao* L. Trub. Agric. 34 (2): 117-132.
8. CUNNINGHAM, R. K. and R. W. SMITH. — 1.961. Comparison of

- soil covers during cocoa establishment on clearfelled land. *Trop. Agric.* 38: 13-22. *Res. en Soils and Fertilizers* 24: 244. 1.961.
9. — 1.962. El significado de algunos trabajos recientes en Ghana sobre los requerimientos de sombra y nutrientes de cacao. *Turrialba* 7: 6-7.
10. DIERENDUNCK, F. J. VAN. — 1.959. The manuring of Coffee, Cocoa, Tea and Tobacco. *Centro d' Etude de L' Azote*. Geneva. p. 324-331.
11. GUERRERO, M. R. — 1.958. Determinación de las oscilaciones del nivel freático en varios sectores del Valle Geográfico del Río Cauca. Séptima Conferencia Interamericana de Cacao, Ministerio de Agricultura. Palmira, Colombia. p. 430-435.
12. GUTIERREZ, H. — 1.961. Una era nueva para el cultivo del cacao en Colombia. *Chocolatería Luker*, Manizales, Colombia, 31 pp.
13. HALL, C. J. VAN. — 1.932. Cacao, 2d. ed. Mac Millan and Co London. p. 48-54.
14. HARDY, F. — 1.938. Manurial experiments on cacao in Trinidad. Summary of results for 1938. *Eight Annual Report on Cacao Research*. 1.939: 27-28.
15. — 1.939. Manurial experiments on cacao in Trinidad. Summary of results for 1939. *Ninth Annual Report on cacao Research*. 1.940: 26-28.
16. — 1.944. Some soil relations of the root system of cacao. *Trop. Agric.* 21 (10): 184-195.
17. — 1.953. The productivity of cacao soils and its improvement. *Trop. Agric.* 30 (1-3): 135-137.
18. — 1.961. *Manuel de cacao*. Edit. Antonio Lehmann. Turrialba, Costa Rica. 439 pp.
19. HARVEY, J.M. y CH. SIMMONS. — 1.959. El cacao en Colombia. *Bol. STACA* 1959: (19): 18.
20. HAVORD, G. — 1.955. Soil conditions for cocoa and their amendment for maximum yield. Report of the cocoa Conference. In *cocoa, chocolate and confectionary alliance Ltd.* London p. 35-40.
21. — 1.956. Techniques for determining and remedying nutrient deficiencies in cacao. VI reunión del Comité Técnico Interamericano del Cacao. Instituto de Cacao de Bahía. Brasil. p. 231-240.
22. — y M. MACHICADO. — 1.958. Nutrición mineral. *Turrialba* 4: 21-24.
23. HOMES, M. V. — 1958. La nutrición mineral del cacao. *Turrialba* 3: 13.
24. — 1.958. The mineral nutrition and fertilizing of the cocoa tree. *Rep. Cocoa Conf. Lond.* 1957: 257-262. *Res. en Soils and Fertilizers* 21: 265. 1.959.
25. IBARRA, C. A. — 1.958. El micro-clima de Palmira y sus características.

- cas principales. DIA. Ministerio de Agricultura, Bogotá, Colombia. Bol. 3: 9-47.
26. JACOB, A. y H. V. UEX KULL.— 1961. Fertilización, Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. L. López Marín de Alba. Amsterdam. p. 299-311.
27. JACOB, A. and V. COYLE.— Manuring of Tea, Coffer and Cacao. Bol. sin fecha ni lugar. 28 pp.
28. JARAMILLO, R.— 1.952. La urea y el marchitamiento de los pepinos del cacao. Cacao en Colombia. 1: 101-106.
29. JONES, T. A. and G. K. MALIPHANT.— 1958. High yields in cacao field experiments and their significance in future cacao research. Trop. Agri. 35 (4): 272-275.
30. KERNICK, M. D.— 1.961. Las semillas Agrícolas y hortícolas. FAO, Roma. p. 471-472.
31. LOCKARD, R. G., P. VAMATHEVAN and S. THAMBOO.— 1.959. Swellings on the shoots of cacao plants deficient in copper. Nature Lond. 184: 75-76. Res. en Soils and Fertilizers. 1.959.
32. LOUE, A.— 1.961-1.962. Estudio de las carencias y deficiencias minerales en el cacao. Paris. Fertilité 14: 5-62.
33. MACHICADO M. y G. HAVORD — 1.958. La nutrición mineral del cacao. Algunos resultados preliminares del análisis químico de hojas de cacao. Séptima Conferencia Interamericana de Cacao, Ministerio de Agricultura. Palmira, Colombia, p. 445-474.
34. MACHICADO, M. y D. BONYTON.— 1.961. El efecto de las deficiencias de potasio, calcio y magnesio sobre los constituyentes intermedios de nitrógeno en las hojas de cacao. Turrialba 11: 133-137.
35. MALIPHANT, G. K. & WALMSLEY.— 1.962. El uso de los fertilizantes en el cultivo del cacao en el hemisferio occidental. Turrialba 7: 6-7.
36. MC DONALD, J. A. —1.934. Memorial experiments on cacao. In Imperial Collage of Trop. Agric. Third annual report on cacao research. 1.933. Port of Spain, Trinidad, Government Printing office. 1.934: 41-49.
37. MOSQUERA, C. E.— 1.954. Aspersión combinada nutritiva, fungicida y hormonal en cacaotales. Cacao en Colombia 3: 107-111.
38. MURRAY, D. B.— 1.958. Response of cacao to fertilizers. Nature Lond. 182: 1.613. Res en Soils and fertilizers 27: 919. 1.959.
39. NOSTIN, N. J.— 1.953. Cacao, Café y Te. Salvat Editores S. A. Barcelona. Madrid. 687 pp.
40. NICHOLS, R.— 1.962. Experimentos de aspersiones de cobre a bajo volumen en cacao en Ghana. Turrialba 7: 8-9.
41. POUND, F. J.— 1.942. Certain aspects of agriculture in Colombia with special reference to the production of cacao. 45 pp. (Mimeoografiado).

42. QUARTEY, P. E. & D. F. EDWARDS.— 1.962. El uso de fertilizantes en Ghana. Turrialba, 7: 8-9.
43. SILVA, C. A. y H. BOROUGH.— 1.960. Experimentos sobre la absorción foliar y transporte del Fósforo - 32 en plantas jóvenes de cacao. Estud. Agron. 1: 197-224. Res en Soils and Fertilizers, 24: 402. 1.961.
44. URQUHART, D. T.— 1.963. Cacao. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la C.E.A. Turrialba, Costa Rica. 322 pp.

#### LITERATURA NO CITADA

1. CALZADA, B. J.— 1.964. Métodos Estadísticos Para la Investigación. 3<sup>a</sup> ed. Impreso por J. Benza. Lima, Perú. pp. 357-381.
2. COPE, F. W.— 1.939. Some factors controlling the yield of young cacao. Ninth Annual Rep. on Cacao Res. 1.940: 6-12.
3. HAVORD, G. y G. HIDALGO.— 1.961. Experimentos sobre rendimientos en cacao. Turrialba 6: 22-23.
4. JONES, T. A., G. HAVORD and G. K. MALIPHANT.— 1.957. Nutrient uptake by excised cacao roots a micro technique. Imp. Coll. Trop. Agric. Rep. cacao Res. 1.955-1.956. Res en Soils and Fertilizers. 1.959.
5. LLANO, G. E.— 1.947. Cultivo del cacao. Publicaciones del Ministerio de la Economía Nacional. Bogotá, Colombia. 150 p.
6. LOMA, J. L. DE LA.— 1.955. Experimentación Agrícola. Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. Méjico. 427 p.
7. NAUNDORF, G.— 1.954. Aplicación de fertilizantes en forma de aspersiones foliares al cacao. V Reunión del Comité Técnico Interamericano del Cacao. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 2 64-66.
8. \_\_\_\_\_ y F. VILLAMIL.— 1.944. Caida prematura de los frutos jóvenes y posibles sistemas para evitarlo. Notas Agronómicas 2: 82-84.
9. SNEDECOR, W. G.— 1.956. Statistical Methods. 5th. ed. The Iowa State College Press. pp. 122-458.