Capítulo IV

SUELOS PARA CACAO Y FERTILIZACION

A. SUELOS PARA CACAO

La elección de un suelo para cacao se hace teniendo en cuenta las exigencias de esta planta y la relación o equilibrio de nutrimentos que se pueda establecer por el estudio del mismo suelo en el campo y su examen físico y químico en el laboratorio.

La determinación de si un suelo tiene probabilidades de poseer relaciones satisfactorias de agua, aire y nutrimento, generalmente se puede hacer mediante un cuidadoso estudio de los rasgos que presente su perfil o sección.

Por perfil se entiende la sección de suelo o corte que queda expuesto al cavar un foso o al limpiar la orilla de un camino o de un río. Un buen suelo para cacao presenta los rasgos característicos de un suelo de bosque tropical húmedo del tipo que se indica a continuación.

1. PERFIL DE UN SUELO TIPICO PARA CACAO.

En general, el perfil de un suelo de bosque húmedo tropical, que es el que corresponde al cultivo del cacao comprende tres capas bien definidas que son: un horizonte A de suelo vivo, un horizonte B de suelo muerto, y el material primario, así:

a. Horizonte A.

El horizonte A es el suelo vivo y comprende:

1. Subhorizonte A_{oo}: Hojarasca recién caída.

Este subhorizonte A_{oo} es una capa de uno a seis centímetros de espesor que se halla presente en los bosques tropicales, formada por residuos vegetales sin descomponer como hojas, flores, ramillas y ramas recién caídas.

Estos materiales entran en descomposición por la acción de los animales del suelo, especialmente hormigas y larvas de insectos que dan lugar a destrucciones mecánicas; la acción es continuada por hongos, bacterias y otros microorganismos del suelo que provocan transformaciones químicas formadoras de *humus*.

O sea que por acción de los microorganismos del suelo, se va formando inmediatamente debajo de la capa de hojarasca una estructura grumosa (agregada), porosa, sumamente rica en nutrimentos, que puede ser de color gris o descolorido debido a la pérdida del óxido de hierro al formar soluciones con los ácidos orgánicos liberados en la capa húmica.

En los cacaotales adecuadamente atendidos, el subhorizonte Aoo se forma por las hojas de cacao de lenta descomposición, hojas y flores de los árboles de sombra, ramillas y ramas procedentes de la poda, hierbas cortadas por los chapeos o desyerbas, etc.

Este subhorizonte actúa sobre el suelo como amortiguador de las variaciones diarias de temperatura y de las variaciones estacionales de humedad, pues ayuda a mantener el suelo húmedo durante la estación seca.

Por otra parte, cuando su evolución no está interrumpida, el subhorizonte Aoo contribuye a aumentar los nitratos como consecuencia de la acción de ciertos microorganismos que viven en él, los cuales aceleran los procesos de nitrificación y amonificación; los nitratos son fácilmente asimilables por las raicillas muy superficiales del cacao, particularmente abundantes bajo estas condiciones.

El subhorizonte Aoo se considera tan necesario para mantener la productividad del cacaotal, que cuando no existe se aconseja crearlo por medio de una cobertura muerta, formada de toda clase de detritus orgánicos vegetales; también se recomienda en lo posible utilizar terrenos de bosque virgen o de bosques secundarios viejos, cuyo suelo tiene asegurada una larga conservación con esta cobertura.

Es necesario mantener esta cobertura por todos los medios, pues supone una economía en el establecimiento de la plantación de cacao. En suelos arenosos es más acentuado el efecto regulador de esta capa, por alcanzar mayores profundidades que en suelos arcillosos.

2. Subhorizonte Ao: Hojarasca en descomposición.

La descomposición iniciada en las capas inferiores del subhorizonte Aoo, se complementa en el subhorizonte Ao, pasando por una fase de gran actividad biológica que actúa sobre el *humus*.

Estos substratos están poblados por millares de insectos y recorridos en todas direcciones por micelios de hongos, unos visibles a simple vista y otros invisibles; pero sobre todo están poblados por microorganismos autotrofos como las bacterias formadoras de amonio.

La aportación de nitratos se mantiene mientras exista el subhorizonte Ao, pero si éste desaparece, el suelo se degrada, en las condiciones del trópico.

En este caso la adición de una cobertura muerta ocasiona una inmediata reducción en la nitrificación porque los organismos que atacan la celulosa

asimilan grandes cantidades de nitrógeno que toman de la materia orgánica agregada. La reducción es tanto más grande cuanto mayor sea la relación C:N en dicha materia orgánica.

Cuando el subhorizonte Ao existe creado en forma natural, los organismos que atacan la celulosa prácticamente no se presentan en él y desarrollan su actividad en los estratos inferiores de Aoo.

3. Subhorizonte A_1: Capa de grumos más suelo húmico.

En un suelo de bosque la parte más valiosa es la delgada capa húmica de "suelo grumoso", con su cobertura de residuos orgánicos formada por los subhorizontes Aoo y Ao.

La estructura de esta capa superficial, muy rica en humus y que constituye ya el verdadero suelo, es tan importante como su riqueza en principios nutritivos; en ella se forman agregados que se fijan con el concurso de sustancias mucilaginosas producidas por bacterias y algas del suelo, que llegan a penetrar hasta 20 centímetros de profundidad.

Esta capa se mantiene como fuente inagotable de alimentos merced a la cobertura de materia orgánica constantemente renovada y a las condiciones que los cambios de humedad del suelo desarrollan en la estructura granular y que son favorables para la vida y para la economía de la planta.

El subhorizonte A_1 contiene la mayor cantidad de principios nutritivos para el árbol de cacao, pero es una capa que se pierde rápidamente cuando la superficie del suelo queda expuesta al sol, al viento y a la lluvia directa.

Por la razón anterior es mucho más difícil y generalmente imposible, si no es mediante algún tratamiento muy costoso, establecer un cacaotal en terrenos donde se ha eliminado la vegetación forestal por medio de la tala y la quema; es más difícil sobre todo si se han cultivado plantas alimenticias como maíz o arroz, o si se ha permitido que después de la limpia crezcan gramíneas.

4. Subhorizonte A_2: Suelo ligeramente húmico.

Bajo la capa de grumos, el contenido de humus, micro-organismos y raíces finas se disminuye aumentando en cambio el contenido de materia mineral.

La estructura del suelo aquí es todavía porosa, pero las unidades estructurales son más compactas y de forma angular. Estas unidades se describen a menudo como "nuez" o "terrón pequeño".

b. Horizonte B u horizonte muerto.

El suelo "vivo" altamente orgánico que forma el horizonte A, se fusiona en la parte baja con el suelo "muerto" no orgánico que es el horizonte B.

El horizonte B se enriquece con la acumulación de materiales como el óxido férrico, óxido de manganeso y carbonato de calcio que han sido lixiviados del horizonte A, y que imparten coloraciones características al perfil. Estas coloraciones son uniformes o moteadas y aparecen en forma de manchas en un suelo gris, ya sea que el suelo esté bien drenado y aireado, o que esté anegado y tenga aireación deficiente.

El horizonte B tiene los dos subhorizontes siguientes:

1. Subhorizonte B_1.

La capa B_1 tiene un debilísimo espesor, del orden de los dos centímetros; es de color oscuro y separa la serie A de la B.

2. Subhorizonte B_2.

En el subhorizonte B_2 se presentan grandes diferencias de unas regiones a otras debidas al tipo de formación del suelo, a su estructura física y a otros factores que pueden hacer inapropiado el terreno para el buen desarrollo del árbol de cacao.

c. Horizonte C o material primario.

Subhorizonte C_1: Roca madre meteorizada.

Es el que constituye el material primario del suelo y consta de pedazos de roca junto con los productos de la roca en descomposición o meteorización, de los cuales la totalidad o la mayoría de las sustancias solubles se han disuelto y lixiviado con el agua de lluvias que se percola. Puede también contener nuevos minerales arcillosos secundarios.

La naturaleza del material primario del suelo depende de la clase de roca madre y del grado de descomposición y de lixiviación; en gran parte decide la fertilidad del suelo.

Subhorizonte C_2: Roca madre.

El subhorizonte C_2 es la capa más baja del horizonte C, es decir, la parte superior de la roca madre inalterada de la cual se originó el suelo.

2. CARACTERISTICAS DESEABLES DE UN SUELO PARA CACAO

Como consecuencia de lo anterior, los rasgos más importantes que se deben considerar para determinar la adaptabilidad de un suelo para el cacao, son:

- Cantidad de hojarasca y de suelo grumoso que forma la capa superficial.
- Espesor de la capa húmica.
- Espesor, porosidad y agregados de la capa inferior.
- Porosidad y composición mineral de la roca madre.

Según Hardy, las características principales de un buen suelo para cacao se pueden resumir como sigue:

a. Profundidad.

La profundidad del suelo penetrable por las raíces de cacao debe ser por lo menos de 1,50 metros.

La presencia de fragmentos de roca madre, grava cuarzosa o ferruginosa, y las concreciones ferruginosas duras no impiden la penetración de las raíces mientras no sean muy abundantes en el perfil del suelo y no se encuentren dentro de los primeros 30 centímetros de la capa superior.

La presencia de fragmentos de roca madre en descomposición dentro de la zona de enraizamiento es altamente beneficiosa, porque asegura un buen suministro de bases (potasio, calcio, magnesio), así como de fosfatos y de elementos menores; esto distingue a un suelo de cacao que por naturaleza es muy fértil.

b. Color.

Los suelos de cacao que bajo el horizonte húmico tienen un 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 hay probabilidad de que tengan una mayor concentración de nutrimentos; sin embargo esto no es una regla invariable.

Los colores rojo, pardo y amarillo denotan oxidación completa del óxido de hierro y por lo tanto son señal de buen drenaje y buena aireación del suelo.

Los colores amarillos también están asociados con condiciones de humedad constante que conducen a un alto grado de hidratación del óxido férrico e indican la presencia de rocas madres calcáreas.

Los colores azul-gris y verde-gris se deben al óxido ferroso y son indicio de drenaje imperfecto o restringido.

Una apariencia de ceniza blanca revela remoción completa del óxido de hierro, generalmente por el excesivo movimiento lateral del agua, como ocurre en las colinas que tienen una pendiente muy pronunciada.

Una coloración moteada en puntos o en listas, en rojo, pardo, amarillo o negro-sepia, indican:

a. Drenaje restringido cuando empieza a una profundidad aproximada de 10 centímetros.

b. Drenaje imperfecto si comienza a unos cinco centímetros, y

c. Drenaje libre si solo se presentan a una profundidad mayor de 1,20 metros.

Un suelo moteado tiene un fondo azul-gris (gley) debido a la presencia de óxido ferroso en cantidades variables, según el grado de segregación de hierro. El color azul-gris se vuelve más y más conspicuo con la profundidad en suelos de

drenaje deficiente, los cuales son uniformemente grises y sin moteamiento a grandes profundidades.

El suelo de coloración negra y parda en la superficie, generalmente muestra la profundidad de la penetración húmica, pero su color intenso no puede aceptarse como medida del contenido orgánico, ya que en suelos rojos comunes de la faja cacaotera, el humus aparentemente tiene un color pardo pálido.

La coloración intensa azul-negro, humosa, generalmente acompañada de acidez alta y de una clase peculiar de humus ceroso y pegajoso, está asociada con drenaje deficiente (terrenos pantanosos).

c. Textura y estructura.

Los suelos para cacao comprenden desde suelos arcillosos agregados hasta franco-arenosos.

La presencia de cantidades grandes de grava o arena gruesa en el subsuelo es un carácter indeseable en suelos para este cultivo a menos que la capa freática esté bastante alta.

Los suelos arenosos ordinarios (partículas de arena de 0,2 a 0,5 mm de diámetro), aunque permiten la penetración de raíces, por ser muy secos no son apropiados para cacao a menos que tengan un buen estado nutricional y las lluvias sean fuertes y continuas.

Los suelos arcillosos son generalmente los mejores con tal de que sean de estructura agregada, esto es, de terrones pequeños y estables en condiciones de humedad constante; estos suelos aunque se secan en verano, vuelven a mejorarse tan pronto como se reinician las lluvias o se les suministra riego.

d. Consistencia.

Para el cultivo del cacao, los suelos sueltos, grumosos, suaves y plásticos son mejores que los compactos, coherentes, duros y rígidos; ellos permiten una fácil penetración de las raíces por tener una baja gravedad específica aparente, la cual es indicación de un alto grado de porosidad.

No hay duda de que la textura que facilita un crecimiento más rápido y buen desarrollo del árbol, es aquella propia de suelos altamente húmicos, ya sean arenosos, limosos o arcillosos, porque permiten una buena aireación.

e. Roca madre.

Los suelos formados sobre rocas ordinarias cristalinas, ígneas y metamórficas ricas en minerales de color oscuro (ferromagnesianos) como sienita, granodiorita, diorita, monzonita, andesita, basalto y genéisicos hornblénico y augítico, son mucho mejores que los suelos que se han formado sobre rocas sedimentarias y metamórficas de grano fino, tales como rocas arenosas, pizarras, esquistos y filitas.

La razón es que los primeros tienen un surtido variado de minerales primarios como potasa, soda y feldespato de calcio, de minerales ferromagnesianos y de apatita (un mineral fosfático) y por lo tanto, están bien provistos con todos los nutrimentos básicos mayores y menores.

Los suelos formados sobre ceniza volcánica reciente sin meteorizar, o sobre arenas aluviales cuyas partículas están formadas principalmente por minerales primarios sin meteorizar, son los mejores de todos los suelos para cacao, siempre que el clima sea apropiado.

En términos generales y a manera de resumen respecto a la estructura física de los suelos para cacao, se puede decir que una consistencia media parece la más adecuada, pues tanto los suelos arcillosos compactos como los arenosos muy sueltos son inapropiados por ser propensos a considerables variaciones de humedad y de temperatura.

En los suelos arcillosos compactos la aireación es muy deficiente y el árbol forma un pivote principal delgado, con poco denso desarrollo de raíces secundarias y un espeso sistema de raicillas superficiales.

Igual ocurre en los suelos arenosos con capa freática alta y en suelos poco profundos de naturaleza diversa. En todos estos suelos la parte aérea presenta escaso desarrollo y el tronco es más bien delgado, el follaje pobre y algo amarillento y sobre todo, la producción es muy baja.

Para corregir estos defectos es necesario volver a crear los horizontes Aoo y Ao, o alterar la condición física con labores de rotura del terreno, drenajes y especialmente encalado si resultan excesivamente ácidos.

Los suelos areno-limosos bien drenados y los arcillosos profundos de consistencia media en que por lo menos existan dos metros de desarrollo vertical uniforme, permiten que el cacao forme una raíz principal gruesa y corta que constituye el más importante apoyo mecánico del árbol. En estos suelos, las raíces laterales son muy abundantes y ramificadas; los árboles son de diámetro normal y densamente poblados de hojas y su productividad está en relación directa con los otros factores de fertilidad.

Cuando en los suelos existen discontinuidades abundantes debidas a la presencia de piedras de tamaño mediano a grande, no se ocasiona ningún perjuicio al cacao. Hay lugares donde resulta difícil conseguir una perfecta alineación en la siembra del cacao por la presencia de piedras grandes; sin embargo, este hecho puede resultar ventajoso si el verdadero suelo presenta buenas condiciones, ya que en la proximidad de tales piedras y de manera especial inmediatamente debajo de ellas, la tierra se conserva fresca en plena estación seca.

En cambio, los depósitos férricos en formación continua son perjudiciales para el desarrollo, especialmente cuando el horizonte A es suelto, se reduce a polvo con facilidad y se deja lavar por las aguas lluvias quedando una capa superficial de arena cuarcífera; en este caso, el suelo no tiene condiciones en ninguno de sus horizontes.

B. FERTILIZACION EN CACAO

Las observaciones sobre variedades mejoradas y los ensayos de siembra realizados a libre exposición solar han demostrado la necesidad que tiene la planta de cacao de una buena nutrición incluyendo el suministro de agua, para producir buenos rendimientos.

Como es lógico suponer, se ha encontrado que muchas de las nuevas variedades son más exigentes que las variedades comunes en cuanto a nutrición se refiere y que la libre exposición solar aumenta las necesidades nutricionales y de suministro de agua.

Se sabe además que, con las variedades actuales y bajo condiciones de explotación agrícola, el árbol del cacao prefiere las mismas condiciones ecológicas en que se le encuentra formando parte del monte bajo de las florestas tropicales lluviosas. Por tanto, la sombra y la nutrición del cacao no se deben considerar como independientes.

Se ha dicho y tratado de comprobar con resultados experimentales que el cacao bajo sombra no da respuesta al uso de fertilizantes y que en cambio la fertilización en siembras sin sombra no sólo aumenta el rendimiento sino la precocidad.

El hecho anterior podría sugerir la posibilidad de establecer cultivos sin sombra. Sin embargo, bajo las circunstancias actuales de conocimientos sobre el cultivo de esta planta, parece más conveniente no alejarse demasiado de las condiciones naturales en que este árbol crece y se reproduce.

Debido a que los datos existentes aún no son suficientes para dar una conclusión definitiva, seguiremos considerando que la sombra es necesaria al cacao porque crea un microclima favorable a la plantación, al reducir oscilaciones en la luminosidad, temperatura, humedad del suelo, humedad atmosférica y efectos mecánicos de vientos y lluvias.

Ya se han discutido en este mismo capítulo las características edafológicas de los suelos aptos para cacao, cuya consideración es decisiva para el buen uso de los fertilizantes y por lo tanto no se debe pasar por alto en ningún programa de fertilización.

En Colombia se han hecho muy pocos ensayos referentes a la fertilización en cacao, de modo que no se tienen bases experimentales para dar recomendaciones en ninguna de las diferentes áreas productoras; por otra parte, los ensayos de fertilización realizados en condiciones de campo en los diferentes países cacaoteros, tampoco han permitido fijar un criterio claro al respecto. Sin embargo, se tienen conceptos generales que se deben considerar para decidir sobre la aplicación de fertilizantes y de correctivos en el cultivo.

Según Havord, a menudo la disponibilidad de agua y nutrimentos para la planta depende más de lo que él llama profundidad fisiológica, o sea del espesor de una capa de suelo adecuadamente aireada y estructuralmente apta para el crecimiento de las raíces, que de la humedad y del estado de los nutrimentos del suelo. Esto sugiere la conveniencia de hacer una buena selección del terreno antes que pensar en la posibilidad de mejorar sus condiciones con la fertilización.

Respecto al uso de fertilizantes Dierendonck dice con mucha razón que es difícil llegar a una conclusión definitiva sobre el efecto de un elemento solo, sin considerarlo en relación con los otros elementos. Según él, la aplicación de

fertilizantes puede aún ser inefectiva en casos extremos, si el balance de nutrimentos es perturbado; luego agrega que en suelos tropicales es difícil corregir esa perturbación porque carecen de suficiente capacidad de absorción.

Con esto se pone de manifiesto la necesidad de analizar cuidadosamente los diferentes aspectos que intervienen en el buen aprovechamiento que las plantas en general pueden derivar de la fertilización; en el caso del cacao, el conocimiento que actualmente se tiene no permite una decisión segura sobre las clases y cantidades de fertilizantes apropiados para una producción óptima y su recomendación resulta en la práctica un proceso arbitrario.

El asistente técnico deberá pues tomar en cuenta numerosos factores cuyos efectos varían considerablemente según las condiciones locales, antes de decidir acerca del uso de fertilizantes en cacao. Para contribuir a la formación de un criterio sobre este aspecto, se exponen a continuación algunos de los conceptos más generalizados sobre el tema.

En primer lugar hay que tener en cuenta que los ensayos de fertilización bajo condiciones de sombra no han dado resultados muy claros sobre el uso de fertilizantes en cacao.

Algunos autores dicen que la cantidad de fertilizante se debe regular según la magnitud de la cosecha y de acuerdo con la presencia de sombra permanente; sin embargo, estos mismos autores no están de acuerdo ni siquiera en las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio que los frutos extraen de un suelo normal productivo.

Direndonck, por ejemplo, señala que para producir 1.000 kilogramos de cacao seco por hectárea/año se necesitan:

- 20 kilogramos de nitrógeno
- 10 de P_2O_5
- 12 de K_2O.

Harvey y Simmons indican:

- 45 kilogramos de nitrógeno
- 8 de P_2O_5 y
- 64 de K_2O

Hardy aconseja:

- 30 kilogramos de nitrógeno
- 27 de P_2O_5
- 12 de MgO

Todas las recomendaciones anteriores se refieren a cacao con sombra.

En segundo lugar, es muy importante tener en cuenta la estructura y riqueza nutritiva de los suelos. Las propiedades físicas deseables para el cultivo del cacao

se encuentran en los terrenos franco-arcillosos; los agregados estables de arena, limo y arcilla que concurren en la formación de este tipo de suelo, proporcionan el medio para la retención de la humedad durante la estación seca y permiten la circulación de la humedad y del aire.

De los suelos livianos son preferibles los franco-arenosos, en los cuales la arena está agregada con arcilla y limo. Los suelos arenosos son satisfactorios si cuentan con una buena distribución de las lluvias, o con una capa freática alta; pero los suelos arenosos implican ciertos riesgos cuando hay la posibilidad de estaciones secas prolongadas, riesgo que es mayor donde el terreno es inclinado y se desagua más fácilmente.

Muchos suelos aluviales que son abundantes en Colombia, son francos profundos, especialmente los depositados en las riveras de los ríos de corriente lenta; estos suelos son por lo general fértiles y algunos tienen la ventaja de que anualmente nuevos depósitos enriquecen la capa superficial y los mantienen en un estado de alta fertilidad. El hecho de que la plantación pueda inundarse por varias semanas, con aguas que se mueven lentamente, no afecta adversamente a los árboles.

1. FUNCION DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS EN EL CULTIVO DEL CACAO

Los suelos relativamene ácidos, con pH 4,5 o menos, tienen comúnmente un bajo contenido de sustancias nutritivas. Los mejores suelos tienen un pH de 6,5 a 6,8. Bajo estas condiciones de acidez, parece que los elementos nutritivos que más influyen en la calidad del suelo para cacao, son: nitrógeno, fósforo, potasio calcio y magnesio.

a. Nitrógeno (N).

Hardy sostiene que aplicaciones excesivas de este elemento producen un efecto algo depresivo en cacao que crece a la sombra; sin embargo, su existencia en cantidades adecuadas es esencial para un perfecto desarrollo y para una producción abundante.

En Trinidad se ha encontrado que el nitrógeno aumenta la floración y posteriormente contribuye considerablemente a una fructificación y formación de mazorcas más grandes.

La deficiencia de nitrógeno se caracteriza por estancamiento del crecimiento con tendencia a formar hojas pequeñas. Otro síntoma visual es 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.

b. Fósforo (P_2O_5).

La nutrición fosfórica parece ser particularmente necesaria para el cacao joven; en el caso del cacao adulto, aunque necesita relativamente pequeñas cantidades

de fósforo, parece que esas cantidades juegan un papel importante en el incremento de la proporción de pepinos.

El fósforo es el elemento cuya escasez se halla más frecuentemente asociada a los suelos para cacao; sin embargo, el empleo excesivo de abonos fosfatados puede introducir un desequilibrio que hace antieconómica su utilización pasado cierto límite.

c. Potasio (K_2O).

El potasio es importante para fortalecer los tejidos y para la formación de la cáscara del fruto. Por ser la cáscara rica en potasio, si no se devuelve a la plantación , se aumenta en más del doble la pérdida de ese elemento en el suelo. La situación anterior puede llegar a ser muy seria en el caso de algunos suelos arenosos deficientes en ese nutrimento, haciendo necesaria la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes potásicos, para reponer la pérdida.

Cuando el suelo es rico en nitrógeno, o cuando por ser pobre en este elemento es necesario incorporarle algún compuesto nitrogenado, se aconseja aplicarle también el abono potásico pues de lo contrario, la planta no aprovecharía bien el nitrógeno. Así mismo, si el suelo es rico en potasio y se le agrega más potasio, este mayor contenido de ese elemento puede reducir o interferir en alguna forma la asimilación del nitrógeno por parte de la planta causando una baja en su producción.

En otras palabras, bajo condiciones de alto contenido de potasio, es conveniente hacer una adición adecuadamente alta de nitrógeno para que la producción no disminuya como consecuencia de la poca absorción de este último elemento.

La Figura 12 muestra el efecto depresivo en la producción de cacao que ocasionó la aplicación de potasio en un suelo franco limoso del Valle del Cauca rico en ese elemento, sin la correspondiente adición de nitrógeno para mantener el equilibrio.

Según Hornes, el predominio del potasio sobre otros cationes como calcio y magnesio siempre resulta desfavorable para el crecimiento del cacao; especialmente su interferencia en la toma de magnesio, influye desfavorablemente en el cacao disminuyendo su crecimiento y 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. Por otra parte, los cationes de potasio y aniones de nitrógeno están íntimamente entrelazados en su ación, de modo que ni la toma de potasio ni la de nitrógeno, serían completas sin un adecuado suplemento del otro.

Los síntomas de deficiencia de potasio en las hojas se inician con manchas de color amarillo-pálido en las áreas intervenales cerca al margen de la hoja. Estas manchas profundizan en las regiones entre las venas laterales. Finalmente los tejidos que eran originalmente pálidos se necrosan completamente.

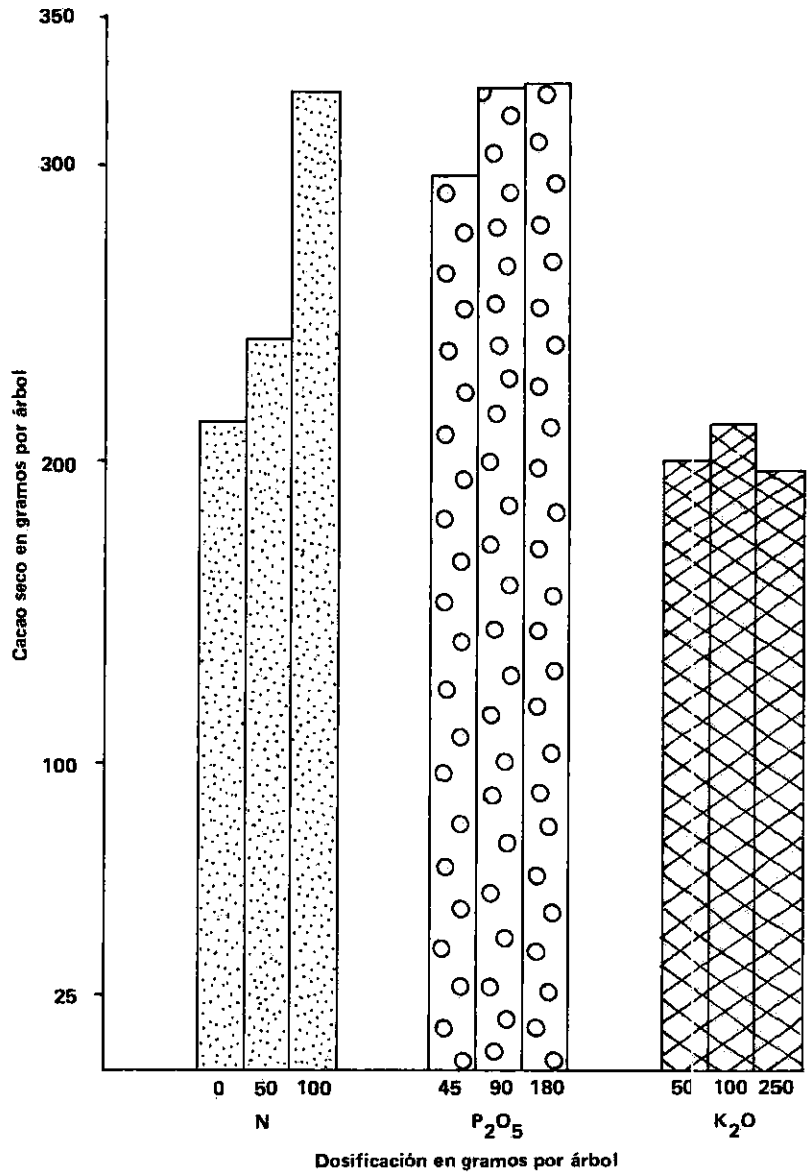

FIGURA 12. Efecto depresivo del potasio (K_2O), cuando se aplicó una dosis alta sin la correspondiente adición de nitrógeno.

d. Calcio (CaO).

El calcio es un nutrimento importante para el cacao, pero no se presenta como deficiente en los suelos buenos para este cultivo.

La planta de cacao parece ser muy sensible a una deficiencia de calcio y cuando este elemento falta, la planta muestra síntomas desde muy temprano.

Las hojas jóvenes presentan manchas blanquecinas en el limbo y en los extremos, con necrosis marginal. En deficiencias agudas, las hojas caen prematuramente y los brotes que nacen mueren rápidamente.

En las hojas más viejas, el secamiento marginal y en el extremo de las mismas progresa rápidamente dejando entre las zonas necróticas de avance rápido unos salientes de limbo no afectados que toman una forma mas o menos simétrica a uno y otro lado de la nervadura principal.

e. Magnesio (Mg).

La evidencia disponible sugiere que las bases divalentes calcio y magnesio y especialmente la última, juegan un papel altamente significativo en la nutrición del cacao, y que estas bases deben estar presentes en cantidades adecuadas para que los suelos produzcan satisfactoriamente.

Parece que un exceso de potasio dificulta la absorción del magnesio y que además éste se pierde en forma acelerada a medida que el suelo va aumentando en acidez, mientras que el contenido de potasio se mantiene igual.

La deficiencia de magnesio puede ocasionar una producción baja, sobre todo en suelos arcillosos. También afecta el contenido de grasa de la semilla, ya que el magnesio es un componente esencial de la clorofila, que es indispensable en la síntesis de los carbohidratos.

f. Elementos menores.

Hay pocas evidencias experimentales, sobre los requerimientos de elementos trazas en el cacao, pero se puede suponer que son de importancia económica.

Havord y Machicado consideran que la aplicación de elementos menores durante la fase reproductiva en cacao no es necesaria porque en esta época el sistema radical es lo suficientemente extenso como para explorar grandes volúmenes de suelo. Ellos dicen que si se presentan deficiencias de elementos menores, la mejor manera de corregirlas es con aspersiones de soluciones de quelatos.

2. EPOCA Y FORMA DE APLICACION DE LOS FERTILIZANTES

En Colombia el cacao generalmente se siembra en terrenos suficientemente fértiles y no se acostumbra aplicar fertilizantes al momento de la siembra ni en las primeras fases del desarrollo de las plantas y ni aún durante los primeros años de producción.

Pero a medida que transcurren los años hay pérdidas de nutrimentos por extracción de las cosechas, por la aplicación de riegos en algunas áreas y por el lavado por lluvias excesivas en otras; entonces se hace necesario aplicar un fertilizante adecuado y adicionar oportunamente materia orgánica, si se desea mantener una alta producción.

Aunque existen muchas dudas sobre las ventajas del uso de fertilizantes en cacao y se reconoce la necesidad de efectuar más experimentación para llegar a conclusiones acertadas sobre su adecuada utilización, no se puede negar que la fertilización puede contrarrestar la pérdida de capacidad productiva de los suelos a medida que se explota en forma intensiva.

Por ello, a veces el asistente técnico deberá analizar seriamente el aspecto de la aplicación de fertilizantes con fines a mejorar los rendimientos económicos de un cultivo.

a. Modo de aplicación.

Cuando se piensa en fertilizar, el primer paso debe ser el análisis químico de fertilidad del suelo, para determinar la necesidad de aplicar el fertilizante y, en caso positivo, decidir la mejor fórmula que se debe indicar. Con este estudio se encontrará que en ciertas fincas no será económico la aplicación de abonos químicos; en otras bastará con la aplicación de nitrógeno, fósforo o potasio únicamente y en otras habrá que combinarlos entre sí en ciertas proporciones o formulaciones.

Al aplicar un abono químico, es indispensable que haya humedad en el suelo. El modo de aplicación depende de las características del suelo, de la clase de fertilizantes y del estado de la plantación.

En el caso del cacao se dice que el mejor resultado se ha obtenido localizando el fertilizante alrededor del árbol, describiendo una circunferencia cuyo radio no exceda de un metro. Sin embargo, esta circunferencia tampoco debe ser muy estrecha, sobre todo árboles jóvenes porque en ellos el sistema de raicillas laterales se extiende bastante y pueden muy bien aprovechar el fertilizante. Quizá más propiamente deberá hablarse de una banda mas o menos ancha según el estado de desarrollo de los árboles.

Al usar abonos simples, lo mejor es mezclarlos previamente y colocarlos en corona a una distancia del tronco hasta donde lleguen las puntas de las ramas laterales.

La hojarasca del suelo no se debe retirar para aplicar el fertilizante porque se rompen gran número de raicillas del cacao que se encuentran adheridas a la cara inferior de la capa que esta hojarasca forma. Con el agua, el fertilizante colocado sobre las hojas secas puede ser aprovechado por la planta; esto pone de presente una vez más la importancia de que el suelo esté húmedo.

En plantaciones muy "cerradas" es suficiente aplicar el abono al voleo, por las calles. Cuando el cultivo está muy sombreado, la aplicación de fertilizantes no resulta eficaz.

En cualquier caso es conveniente disponer de una medida exacta del abono para cada árbol.

b. Epoca de aplicación.

El momento de la aplicación del fertilizante es decisivo para su óptimo aprovechamiento y se debe ajustar al régimen de lluvias, a la estructura del suelo y a la fisiología de la planta entre otros factores. Sobre este aspecto del manejo de una plantación de cacao falta mucho por investigar.

Dierendonck dice que el tiempo de aplicación se debería ajustar de acuerdo al clima; cuando hay una sola estación seca, entonces se recomienda aplicar al principio del período húmedo.

Otros autores aconsejan 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. Esto sugiere la posible significancia de la nutrición mineral en la prevención de la caída de los frutos.

En Trinidad han reportado claramente que, para aquel país, 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.

3. FUENTES DE NUTRIMENTOS Y DOSIS DE APLICACION

Al escoger la fuente del elemento que se va a aplicar al cacao se debe tener especial cuidado, considerando el tipo de suelo, la fisiología de la planta y otros factores que contribuyen al mejor aprovechamiento del fertilizante.

La urea y el nitrato de amonio se pueden considerar como buenos fertilizantes nitrogenados para cacao ya que tienen la ventaja de no acidificar el suelo.

Sin embargo, bajo condiciones de sombra, el sulfato de amonio también ha dado muy buenos resultados.

Los abonos inorgánicos nitrogenados solubles, según Hardy, no han probado ser benéficos en cacao, excepto en dosis livianas aplicadas en arcillas deficientes en humus; según él, tales abonos nitrogenados artificiales, generalmente reducen los efectos benéficos de los fosfatos en suelos deficientes en fósforo.

Hardy también dice que el superfosfato y otros abonos fosfáticos solubles han dado las respuestas más rápidas en cacao, por contener iones fosfatos en forma verdaderamente asimilable ; que por lo tanto, los abonos fosfáticos solubles son más benéficos que los insolubles y que este hecho se debería considerar de gran importancia en el aspecto de fijación de fósforo.

Con el conocimiento que actualmente se tiene del cultivo, la elección de las clases y cantidades de fertilizantes apropiados para el cacao resulta todavía un poco arbitraria. Hay que tomar en consideración numerosos factores cuyos efectos varían considerablemente según las condiciones locales.

Como se ha mencionado a través de este capítulo, no hay suficiente evidencia experimental con respecto a las necesidades y a las respuestas del cacao a los abonos y fertilizantes bajo condiciones bien variables que permitan generalizaciones acertadas.

Los ensayos que se han hecho en varios países cacaoteros parecen indicar que, bajo condiciones de sombra permanente, el uso de fertilizantes generalmente resulta benéfico sólo durante el período de establecimiento, pero no es económico durante la fase productiva.

Por lo tanto, aún no es posible hacer generalizaciones sobre las cantidades de fertilizantes que se deben utilizar y por el contrario el técnico deberá decidir la

conveniencia de modificar las recomendaciones generales en cualquier momento en que encuentre evidencias de que son muy altas o mal balanceadas. Estas evidencias pueden ser por ejemplo la aparición de quemaduras en las hojas o la presencia de síntomas foliares que denotan deficiencias nutritivas específicas.

a. Plan de abonamiento.

Suponiendo que el suelo escogido para la siembra comercial del cacao requiera fertilización, se puede poner en práctica el siguiente plan de abonamiento, partiendo desde el momento de la siembra.

a. Se hacen huecos del tamaño apropiado para plantar el arbolito y la tierra excavada se mezcla con ocho kilogramos de estiércol o de tierra de compost bien descompuesta, más 250 gramos de la siguiente mezcla de fertilizante:

   - Sulfato de amonio: 10 gramos (se puede reemplazar por urea)
   - Superfosfato simple: 100 gramos
   - Sulfato de potasio: 30 gramos (no usar cloruro)
   - Sulfato de magnesio: 20 gramos

   La mezcla resultante se utiliza para llenar el hueco después de introducir la planta.

   Si el análisis químico indica que el suelo no tiene suficiente cantidad de elementos menores esenciales, se pueden agregar 25 gramos de una mezcla que contenga hierro, aluminio, zinc, manganeso, cobre, molibdeno y boro. Esta mezcla se debe preparar antes con arena fina para facilitar su distribución uniforme.

2. Cada seis meses se fertiliza nuevamente con la misma mezcla y las mismas proporciones de 250 gramos por árbol, hasta cuando se inicie la producción, pero puede omitirse la mezcla de elementos menores adicionales.

3. En la fase productiva, la composición de la mezcla de fertilizantes se debe alterar y la cantidad se debe regular según la magnitud de la cosecha y la densidad de sombra.

   Según Adams y McKelvie para producir una cosecha de 1.000 kilogramos de cacao seco, el cultivo extrae del suelo las siguientes cantidades de nutrimentos:

   - Nitrógeno (N) 34 kilogramos
   - Fósforo (P_2O_5) 19 kilogramos
   - Potasio (K_2O) 77 kilogramos

Esto incluye las cáscaras de las mazorcas correspondientes a los 1.000 kilogramos de cacao seco.

4. Todo programa de nutrición en cacao, bien llevado, debe estar precedido por trabajos de drenajes, riego, tratamientos culturales y acompañado de un buen control de plagas y enfermedades.

5. Antes de elaborar un programa de abonamiento se debe hacer una evaluación de nutrimentos aprovechables en el suelo y que son especialmente importantes para el desarrollo del cacao, como son nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio.

   Según datos obtenidos de suelos para cacao en Trinidad, el Colegio Imperial de Agricultura Tropical elaboró una tabla de valores provisionales para evaluar el estado nutricional de un suelo de textura franca. Estos datos son cifras cuantitativas obtenidas por medio del análisis químico y se presentan en la Tabla 13 clasificados como cantidades suficientes, adecuadas o deficientes de los diferentes nutrimentos.

   En este sistema de evaluación se da mucha importancia al valor numérico de la relación carbono-nitrógeno, que se toma como factor de fertilidad, siendo la producción mayor en aquellos suelos que tienen una relación más alta.

TABLA 13. Valores para evaluar el estado nutricional de un suelo para cacao según ICTA, Trinidad. (Tomado de Esplanagros, 1969 (11)).

Categoría	Valor de pH	Nitrógeno Total %	Relación C/N	Disponibilidad P_2O_5 (truog) ppm	Disponibilidad K_2O (Intercambiable) ppm	Bases Intercambiables CaO Mg.eq./100 g	Bases Intercambiables MgO Mg.eq./100 g	Bases Intercambiables K_2O Mg.eq./100 g
Alta	7,5	0,35	11,5	120	260	24	6	0,55
Media	6,5	0,20	9,5	60	170	12	3	0,35
Baja	5,0	0,05	7,5	20	90	4	1	0,20

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. EVANS, H. y FENNAH, R.G. Investigations on the mineral nutrition of cacao; a report on cacao Research, 1945-1951. St. Augustine, Trinidad, ICTA. 1953. p. 38-52.

2. HARDY, F. Manual de cacao. Turrialba. Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1961. p. 75-88; 119-134; 227-232.

3. Mc DONALD J.A. Manurial experiments on cacao. *In* Report on Cacao research. 3o. ICTA. 1933. Port of Spain, Trinidad. 1934. p. 41-49.

4. ————————. Manurial experiments on cacao. *In* Report on Cacao Research, 4o. ICTA, 1934. Port of Spain. Trinidad, 1934. p. 54-63.

5. ————————. Manurial experiments on cacao report on Cacao research 5o. ICTA, 1935. Port of Spain, Trinidad, 1935. pp. 34-43.

6. MACHICADO y HAVORD, G. La nutrición mineral del cacao; algunos resultados preliminares del análisis químico de hojas de cacao. *In* Conferencia Interamericana de cacao. 7a. Palmira. 1958. p. 445-459.

7. MASKELL, E., J.H. EVANS and D., B. MURREY. The sumptoms of nutritional deficiencies in cacao produced in san and water cultures; a report on cacao research, 1945-1951. St. Augustine. Trinidad, 1953. p. 58-64.

8. MORENO G., R. Algunos aspectos de la fertilización en cacao (*Theobroma cacao* L.) con observaciones preliminares sobre su respuesta a la aplicación de tres elementos mayores al suelo. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Fac. de Agronomía. 1965. 78 p.

9. NOSTI N., J. Cacao, Café y Té. Barcelona, Salvat Ed. 1963. p. 22-37.

10. URQUHART D., H. Cacao. Turrialba. Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. 1963. p. 34-64.