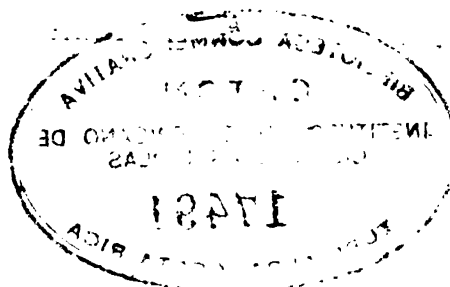


DIAGNOSTICO DE DEFICIENCIAS MINERALES EN CACAO POR  
SINTOMAS VISUALES, ENSAYOS EN INVERNADERO  
E INYECCIONES EN EL TRONCO

Por

Marcial Machicado Pabón



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS

TURRIALBA, COSTA RICA

ABRIL DE 1954

DIAGNOSTICO DE DEFICIENCIAS MINERALES EN CACAO POR  
SINTOMAS VISUALES, ENSAYOS EN INVERNADERO  
E INYECCIONES EN EL TRONCO

Tesis

Sometida al Consejo de Estudios Graduados  
como requisito parcial para optar al grado  
de

Magistri Agriculturae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas

Aprobado:

H. C. Thompson Consejero

P. J. Aruava Comité

Alto E. Royer Comité

Abril de 1954

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea manifestar sus agradecimientos a sus Consejeros, Doctores Paulo de Tarso Alvim y H. C. Thompson, por el interés con que lo asistieron durante el curso de este estudio.

Agradece al Dr. Rodrigo Orellana por sus acertadas sugerencias y la revisión del manuscrito; igualmente al Dr. Alto E. Royer, por sus indicaciones.

También expresa su agradecimiento al Ingeniero Agrónomo Carlos Madrid, Director de la Zona Andina, quien le brindó la oportunidad de seguir estudios post-graduados en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de Turrialba, Costa Rica.

Reconoce la colaboración constante de todos los miembros del Centro Interamericano del Cacao, en especial la del señor Arnold Erickson, por su cooperación en el trabajo fotográfico.

Agradece al señor Joaquín Salazar por su asistencia en los trabajos de campo.-

## BIOGRAFIA

Marcial Machicado Pabón nació en La Paz, Bolivia, Hizo sus estudios escolares en el Colegio San Calixto de su ciudad natal, habiendo obtenido su título de Bachiller en Humanidades en el año 1945.

Sus estudios universitarios los realizó en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de San Simón en Cochabamba, Bolivia, habiendo egresado en el año de 1949.

Realizó estudios posteriores en la Escola Nacional de Agronomia de la Universidade Rural en el Estado do Rio de Janeiro, Brasil, donde obtuvo su título de Ingeniero Agrónomo en el año de 1950.

Haciendo uso de una beca de la Zona Andina del Programa de Cooperación Técnica, ingresó como alumno postgraduado al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de Turrialba, Costa Rica, hasta la presentación de esta Tesis.-

## CONTENIDO

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| Agradecimientos            | 1   |
| Biografía                  | 11  |
| Contenido                  | iii |
| INTRODUCCION               | 1   |
| REVISION DE LITERATURA     | 3   |
| MATERIALES Y METODOS       | 9   |
| I. Síntomas de Deficiencia | 9   |
| II. Ensayos en Invernadero | 14  |
| III. Inyecciones           | 20  |
| RESULTADOS                 | 26  |
| I. Síntomas de Deficiencia | 26  |
| II. Ensayos en Invernadero | 50  |
| III. Inyecciones           | 57  |
| DISCUSION                  | 65  |
| RESUMEN Y CONCLUSIONES     | 73  |
| ABSTRACT                   | 75  |
| LITERATURA CITADA          | 78  |

DIAGNOSTICO DE DEFICIENCIAS MINERALES EN CACAO POR  
SINTOMAS VISUALES, ENSAYOS EN INVERNADERO  
E INYECCIONES EN EL TRONCO

INTRODUCCION

En casi todas las ramas de la ciencia agronómica, se ha tratado de averiguar la fertilidad del suelo. Para este propósito, numerosas investigaciones se han efectuado desde el punto de vista fisiológico utilizando el vegetal como un medio de información.

Los estudios efectuados recientemente en Trinidad, en la Costa de Oro y en Costa Rica, han mostrado la posibilidad y necesidad de diagnosticar por medio de la planta de cacao el estado de disponibilidad de los elementos minerales necesarios para la vida de este vegetal.

Para todo estudio de diagnóstico mineral es indispen<sup>l</sup>sable el conocimiento de los síntomas que presentan las plantas por la falta de los diversos elementos minerales, a fin de permitir un fácil reconocimiento de tales deficiencias en condiciones de campo.

El uso del método biológico para un fin de diagnóstico mineral ha sido ampliamente usado especialmente en regiones de climas templados, donde se han encontrado diversas especies de plantas que pueden servir como excelentes indicadoras de la fertilidad del suelo. En un me

dio tropical-húmedo en el que se cultiva el cacao, es preciso utilizar una planta apropiada a estas condiciones ambientales y que sirva como indicadora de la disponibilidad nutricional de un suelo destinado a este cultivo; con este motivo, se ensayó con éxito el cacao, por ser la planta más apropiada para este objetivo.

En áreas de cacao ya establecidas, fué más factible el usar arboles adultos como medios de información. A fin de encontrar un método eficiente, se utilizaron las técnicas de las inyecciones.

El presente estudio de diagnóstico fué efectuado durante el período de Enero de 1953 a Marzo de 1954, teniendo como objetivos:

1. Obtención de síntomas que presentan las plantas de cacao producidas por la carencia de los diferentes minerales.

2. La necesidad de diagnosticar las deficiencias minerales de un suelo por un sistema económico y de fácil realización apropiado para la mayoría de las zonas cacaoteras.

3. Probar las técnicas de inyecciones como métodos fáciles y eficaces para el diagnóstico de deficiencias de minerales en la planta de cacao.

## REVISION DE LITERATURA

### Síntomas de deficiencia

En 1930 en Trinidad, se notaron ciertas anormalidades en las partes foliares de las plantas de cacao que se adujeron a causas de deficiencias minerales.

McDonald (25), inicia las primeras investigaciones sobre síntomas de deficiencias minerales en cacao, cultivando plantas provenientes de semilla en pequeñas macetas en un medio de arena con adición de sustancias minerales. Diez meses más tarde, este investigador obtuvo síntomas de deficiencia bastantes típicos de los tres elementos principales: nitrógeno, fósforo, y potasio.

Hardy (19) en 1936, describe como marchitamiento marginal de la hoja ("Marginal leaf-scorch") una anormalidad encontrada en las hojas de cacao en Trinidad, la cual tenía mucha semejanza a la ya descrita por McDonald y que correspondía a una deficiencia de K. Para una mayor comprobación, efectuó un ensayo cultivando estacas enraizadas en recipientes de 650 lbs. con arena. Las cantidades y sustancias nutritivas que utilizó fueron las indicadas en la técnica de Wallace. El ensayo duró 16 meses, al final de los cuales fueron descritos los síntomas de los elementos mayores.

Con motivo de la introducción de cacao de la Costa de Oro a Trinidad durante el período que fueron sometidas



a cuarentena, las hojas presentaron una severa clorosis acompañada de dentación.

Greenwood y Posnette (18), cultivando plantas en soluciones nutritivas de acuerdo a la fórmula de Reene y Shive, encontraron que estas características no solamente eran debidas a carencia de minerales, sino que también estaban asociadas a otros factores.

En las plantaciones de la Costa de Oro se presentó con caracteres agudos una nueva malformación llamada "sickle leaf mosaic". Se dió esta denominación en la creencia de que ésta era causada por un virus. Greenwood y Hayfron (17) fueron los primeros en encontrar que esta malformación era causada por una deficiencia de zinc.

En 1945-46 Greenwood y Djokoto (16), estudiaron las deficiencias de algunos elementos menores en relación a tratamientos con cantidades altas y bajas de potasio, diversos niveles de pH y diferentes cantidades de Fe. En sus resultados, describieron síntomas de deficiencias de algunos elementos menores, comprobando que los síntomas aparecidos en la Costa de Oro y en Trinidad son efectivamente causados por una deficiencia de Zn, la cual es mucho más aguda cuando va acompañada de una deficiencia de Fe y por efecto del pH.

En el reporte anual de 1948-49 de West African Cacao Research Institute (38), se hace mención de investigacio-

nes realizadas sobre este tema y se describen muy ligeramente deficiencias y excesos de nitrógeno, fósforo y potasio.

Maskell, Evans y Murray (10, 12, 26) en Trinidad, efectuaron estudios de deficiencias con la finalidad de identificar las diversas malformaciones que presentan las plantas de cacao en Trinidad y en la región del Caribe. Estos trabajos incluyen gráficos y fotografías para facilitar la identificación de los síntomas.

#### Ensayos en Invernadero

Entre las muchas teorías y prácticas desarrolladas con bases fisiológicas para estimar las deficiencias de nutrientes de un suelo, se encuentra la de Mitscherlich (6), quien determinó que existía una estrecha relación entre la concentración inicial de nutrientes y el aumento del crecimiento, demostrando que a medida que el nutriente va aumentando sus efectos sobre la planta van progresando (15), y por más que las cantidades sean muy pequeñas, ejercen marcada influencia sobre el rendimiento (13).

Jenny (23, 25) mide la disponibilidad de un determinado nutriente en el suelo utilizando el concepto de producción relativa expresada en el peso seco, y desarrolla una nueva técnica para diagnósticos de suelos, denominada "Ensayos en Invernadero", que es utilizada con el fin

de estudiar los nutrientes disponibles de un suelo teniendo el cuidado de controlar factores ambientales que afectan el crecimiento de las plantas. Las condiciones bajo las cuales se encuentran los tratamientos, deben ser cuidadosamente controladas, éste es el factor más importante en la exactitud del método.

La mayor modificación encontrada en estos ensayos, está en la planta indicadora. Desde un punto de vista general para todos los nutrientes, la lechuga ha sido la planta más usada para diagnóstico (23, 30, 35, 36).

Morgan (27), encuentra en tabaco una excelente planta indicadora, la cual muestra diferencias significativas en el total de producción y caracteres de crecimiento en los tratamientos en que se omitieron uno o más elementos nutritivos. Bingham (4), utiliza lechuga romana y trigo en suelos donde se sospecha deficiencia de fósforo.

Capo (6), encontró que Helgari Sorghum mostraba una excelente respuesta a deficiencias minerales para el estudio de cereales. McDonald (24), en ensayos en suelos de cacao en los que se sospechaba una deficiencia de fósforo, obtuvo resultados satisfactorios al utilizar tomate como planta indicadora. Schusten y Stephenson (34), encontraron que el girasol era la planta más indicada para la determinación de deficiencia de boro; su respuesta a la cesación de crecimiento y reducción de peso es muy clara.

### Inyecciones

En Europa se utilizaron por primera vez los métodos quimoterapéuticos en los vegetales, con la finalidad de combatir ciertas enfermedades parasitarias.

Desde antes de 1900 el método fué empleado para fines fisiológicos. Bolley (5), fué uno de los primeros en interpretar el método de inyecciones para fines fisiológicos indicando que si los arboles son directamente alimentados por medio de inyecciones, se puede conocer qué alimentos, cómo, cuándo y dónde son transportados dentro del sistema fisiológico de la planta. De esta manera establece las bases para un posible diagnóstico de las necesidades nutricionales de los arboles por medio de inyecciones.

Callison y colaboradores (8), indicaron que los métodos de inyecciones evitan los efectos del suelo.

Roach (33), ha sido el que más ha utilizado el sistema de inyecciones para fines de diagnóstico de deficiencias minerales. Creó una nueva técnica para inyecciones foliares. En lo referente a inyecciones en el tronco, hace un estudio sobre la distribución de las soluciones a través de éste y de las ramas. Su trabajo constituye una excelente guía para el número, diámetro y profundidad de las perforaciones.

Alvim (3), aplicó a los troncos de arboles de cacao

cristales de zinc, clavos de zinc y clavos de hierro. Seis meses después encuentra incremento significativo en la producción, en favor de los tratamientos de zinc, indicando de esta manera la existencia de la deficiencia de este elemento mineral.

Evans (11), modificó el método de Roach y da las concentraciones de soluciones para arboles de cacao. Por experimentos preliminares indica que existe un marcado incremento en el número de mazorcas como resultado de la aplicación de nutrientes minerales.

El método de inyecciones al tronco para fines de diagnóstico o cura de deficiencias minerales en arboles de cacao, ha sido hasta ahora muy poco utilizado.

## MATERIALES Y METODOS

Estos trabajos se efectuaron en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba y en la finca "La Lola", hacienda destinada a fines experimentales del Centro Interamericano del Cacao del Instituto, situada en la Zona Atlántica, Madre de Dios, Costa Rica. Este estudio incluye tres problemas principales:

### I. Sintomas de Deficiencia

Para este trabajo se construyó en Turrialba un pequeño invernadero de madera; con el fin de coleccionar agua de lluvia usada en las soluciones minerales, se empleó como material un techo plástico, mediante una instalación adicional compuesta por un canal; esta agua se coleccionó en un turril pintado interiormente con pintura asfáltica para evitar toda influencia mineral.

Preparación de la arena: Se emplearon macetas de porcelana, de una capacidad de 5 kilos de arena y 2 litros de solución. Las macetas fueron llenadas con arena cuarzosa, previamente sometida a un lavado continuo de agua de lluvia. Una vez colocada la arena en las macetas, antes de realizar el transplante se le asignó los tratamientos, agregándose las soluciones correspondientes durante una semana.

Como el poder retentivo de la arena era muy bajo y dada la dificultad de aplicar soluciones 3 o 4 veces al

día, se ideó un sistema de alimentación al mismo tiempo que de aereación, en el cual las plantas quedaban saturadas durante el día y se vaciaban durante la noche.

El sistema de desagüe se hizo por medio de un tubo en forma de L que se colocó en la parte inferior de la maceta; el movimiento del tubo hacia abajo permitió una fácil salida de la solución y colocado hacia arriba se evitó su salida, consiguiéndose al mismo tiempo controlar la altura a la cual se encontraba la solución en el interior de la maceta.

Obtención de plantas: Para la obtención de plantas de semilla, se procedió en la siguiente forma: en el área clonal de la finca "La Lola", se eligió de un árbol del clon 613 tres mazorcas en buen estado de maduración. Las semillas de estas mazorcas fueron seleccionadas de acuerdo a su tamaño, eliminándose las menos representativas. La germinación se efectuó en un propagador con arena lavada.

Una vez que las plantas desarrollaron sus primeras hojas, a los 25-30 días y estaban en condiciones de elaborar sus propios alimentos, se eliminaron los cotiledones. En este estado permanecieron durante una semana y luego se las trasplantó a las macetas ya preparadas.

Las plantas obtenidas vegetativamente fueron preparadas de la manera siguiente: se eligieron ramas en

buenas condiciones, todas del clon 613, de las que se cortaron estacas de una hoja, las cuales fueron tratadas con hormona ácido indol butírico a la concentración de 8.000 p.p.m.; luego fueron colocadas en el propagador. Al cabo de seis semanas, cuando ya habían adquirido un buen sistema radicular, se procedió al trasplante previa eliminación de las no representativas.

Tratamientos: Los tratamientos a que se sometieron las plantas fueron los siguientes: solución nutritiva completa, sin nitrógeno, sin fósforo, sin potasio, sin magnesio, sin calcio, sin azufre, sin hierro, sin boro, sin manganeso, sin cobre y sin zinc.

Se efectuaron <sup>con</sup> tres repeticiones, <sup>do. Tratamiento</sup> con 3 y 4 plantas <sup>de cada repetición</sup> por maceta. En la primera y la tercera repetición, dos plantas provenientes de semilla y una estaca; en la segunda repetición dos estacas y una planta proveniente de semilla.

Las macetas se colocaron en el invernadero por repeticiones, para facilitar el sistema de la aplicación de nutrientes y de aereación y dentro de las repeticiones se distribuyeron al azar.

Nutrientes: Para la preparación de las soluciones se utilizó la fórmula Hougland (20), de acuerdo con las tablas preparadas expresamente (1).

Los productos químicos para la preparación de las soluciones nutritivas fueron:



| <u>Simbolo</u> | <u>Compuesto</u>                                              | <u>Concentración</u>                        |       |                         |
|----------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------|-------------------------|
| A              | $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$          | 1.0                                         | Molar | (236.16 gr/lt.)         |
| B              | $\text{KNO}_3$                                                | 1.0                                         | "     | (101.10 " )             |
| C              | $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$                     | 1.0                                         | "     | (246.49 " )             |
| D              | $\text{KH}_2\text{PO}_4$                                      | 1.0                                         | "     | (120.13 " )             |
| E              | $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | 0.01                                        | "     | (252.17 " )             |
| F              | $\text{K}_2\text{SO}_4$                                       | 0.5                                         | "     | ( <del>174.25</del> " ) |
| G              | $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$                     | 0.01                                        | "     | (172.17 " )             |
| H              | $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$          | 1.0                                         | "     | (256.43 " )             |
| I              | Tartrato de Fe                                                | 0.5%                                        |       | (5.00 " )               |
|                |                                                               | ( $\text{MnCl}_2$                           |       | (1.81 " )               |
|                |                                                               | ( $\text{H}_3\text{BO}_3$                   |       | (2.86 " )               |
| J              | Micro elementos                                               | ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ |       | (0.22 " )               |
|                |                                                               | ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ |       | (0.08 " )               |
|                |                                                               | ( $\text{H}_2\text{MoO}_4$                  |       | (0.09 " )               |
| K              | Micratos sin boro (■)                                         |                                             |       |                         |
| L              | " " zinc (■)                                                  |                                             |       |                         |
| M              | " " manganeso (■)                                             |                                             |       |                         |
| N              | " " cobre (■)                                                 |                                             |       |                         |

---

(■) Para la preparación de estas soluciones se utilizó las mismas cantidades de la solución J, eliminándose el elemento no deseado.

## II. Ensayos en Invernadero

### Preparacion de macetas:

Para un buen desarrollo de las plantas, se utilizaron macetas de 3 kilos de capacidad. Como éstas eran de arcilla, fueron sometidas al mismo tratamiento indicado por la técnica de Jenny (23), la cual consiste en pintar las macetas interiormente con pintura asfáltica, a fin de evitar cualquier influencia mineral que pueda provenir de la arcilla. Exteriormente las macetas fueron recubiertas con una capa de pintura de aluminio. Cada maceta tenía un plato el que también fue recubierto con pintura asfáltica.

### Toma de muestras y preparación de la tierra:

En el primer ensayo se utilizó suelo de la finca "La Lola".

Las muestras se tomaron de diferentes áreas representativas de un futuro campo de plantación de cacao. De este suelo se extrajo un pie cúbico de tierra a partir de la superficie; estas muestras fueron transportadas al Instituto.

Las muestras de tierra fueron mezcladas y secadas al aire por un período de 8 días y luego fueron tamizadas.



Figuras 1 y 2: Dos aspectos del invernadero en el cual fueron efectuados los ensayos.

Para el segundo experimento las muestras de suelo fueron tomadas de los futuros semilleros de cacao del Instituto, en Turrialba. La toma de muestras y la preparación fué semejante al caso anterior,

Planta indicadora:

Como se resolvió utilizar cacao como planta indicadora, se eligieron del area clonal mazorcas maduras del clon 613. Las almendras fueron seleccionadas antes de ser sometidas a proceso de germinación, eligiéndose las que tenían un peso uniforme y eliminando las de los extremos. La germinación se realizó en un propagador con arena lavada.

Cuando las plantas desarrollaron sus primeras hojas y estaban en capacidad de sintetizar sus propios alimentos, se eliminaron los cotiledones. Ocho días después se efectuó una nueva selección y fueron entonces transplantadas, colocándose una planta en cada maceta.

Tratamientos:

El experimento se distribuyó de acuerdo con un diseño de bloques al azar, el cual consistía en 7 tratamientos repetidos 8 veces, como sigue:

|                |                |                |                 |                 |
|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| N <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> | K <sub>1</sub> | Mg <sub>1</sub> | ME <sub>1</sub> |
| N <sub>0</sub> | P <sub>1</sub> | K <sub>1</sub> | Mg <sub>1</sub> | ME <sub>1</sub> |
| N <sub>1</sub> | P <sub>0</sub> | K <sub>1</sub> | Mg <sub>1</sub> | ME <sub>1</sub> |
| N <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> | K <sub>0</sub> | Mg <sub>1</sub> | ME <sub>1</sub> |
| N <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> | K <sub>1</sub> | Mg <sub>0</sub> | ME <sub>1</sub> |
| N <sub>1</sub> | P <sub>1</sub> | K <sub>1</sub> | Mg <sub>1</sub> | ME <sub>0</sub> |
| N <sub>0</sub> | P <sub>0</sub> | K <sub>0</sub> | Mg <sub>0</sub> | ME <sub>0</sub> |

Nutrientes.-

La primera aplicación de los elementos nutritivos se hizo cuando las plantas tenían un mes de edad a partir de la germinación. Aplicaciones adicionales se hicieron 45 y 90 días después. Las cantidades aplicadas fueron las siguientes:

| <u>Nutriente</u> | <u>Por kilo de tierra</u>            |
|------------------|--------------------------------------|
| N                | 150 mg N                             |
| P                | 150 mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |
| K                | 100 mg K <sub>2</sub> O              |
| Mg               | 50 mg MgO <sub>2</sub>               |
| ME               | 2.5 ml solución                      |

Las soluciones usadas tenían la siguiente fórmula:

| <u>Símbolo</u> | <u>Compuesto</u>                                      | <u>Concentración</u> |
|----------------|-------------------------------------------------------|----------------------|
| A              | KNO <sub>3</sub>                                      | Molar                |
| B              | NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>                       | "                    |
| C              | KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                       | "                    |
| D              | NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>        | "                    |
| E              | Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O | "                    |
| F              | Mg SO <sub>4</sub> . 7K <sub>2</sub> O                | "                    |
| G              | Tartrato de Fe                                        | 5 grs. x litro       |
|                | (MnCl <sub>2</sub>                                    | 1.81 gr. x litro     |
|                | (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>                       | 2.86 gr. x litro     |
| H              | (Zu SO <sub>4</sub> .7K <sub>2</sub> O                | 0.22 gr. x litro     |
|                | ( Cu SO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O              | 0.08 gr. x litro     |
|                | (H <sub>2</sub> MgO <sub>4</sub>                      | 0.09 gr. x litro     |



Figura 3. Sistema de obtención del area foliar. Impresión en papel sensible.

Tabla para la preparación de nutrientes

| Tratamientos:      | Cantidades en ml. de las soluciones para 3 kilos de tierra |      |      |       |      |      |     |     |
|--------------------|------------------------------------------------------------|------|------|-------|------|------|-----|-----|
|                    | A                                                          | B    | C    | D     | E    | F    | G   | H   |
| Completo           |                                                            |      | 6.45 | 12.75 | 3.72 |      | 7.5 | 7.5 |
| Sin Nitrógeno      |                                                            |      | 6.45 |       |      | 3.72 | 7.5 | 7.5 |
| Sin Fósforo        | 6.45                                                       | 9.   |      |       | 3.72 |      | 7.5 | 7.5 |
| Sin Potasio        |                                                            | 9    |      | 6.45  | 3.72 |      | 7.5 | 7.5 |
| Sin Magnesio       |                                                            | 16.5 | 6.45 |       |      |      | 7.5 | 7.5 |
| Sin Microelementos |                                                            |      | 6.45 | 12.75 | 3.72 |      |     |     |
| Sin Nutrientes     |                                                            |      |      |       |      |      |     |     |

Riego:

Todas las plantas recibieron iguales cantidades de agua destilada. Durante el primer mes de desarrollo, fueron suficientes dos riegos semanales y más tarde, tres.

Para prevenir las enfermedades fungosas, fué utilizado el fungicida orgánico SR-50.

Toma de datos:

En el primer experimento todas las parcelas fueron muestreadas en la misma época, al término final del experimento, o sean 145 días.

La obtención de raíces se efectuó con presión de agua, evitando en lo posible toda pérdida de peso. Las muestras fueron deshidratadas en la estufa a 70°C por un espacio de 24 a 36 horas, hasta conseguir un peso seco constante.

En el segundo ensayo <sup>lo tomé de ahí</sup> el muestreo fue efectuado en dos ocasiones: el primero a los 145 días, en que se recolectaron todas las repeticiones impares o sea la mitad del experimento. El segundo tres semanas después, que constaba de las repeticiones pares. La técnica de muestreo utilizada, fue la misma que en el ensayo anterior.

Antes de que las hojas fueran deshidratadas, se determinó el area foliar. El método utilizado para este fin fue el de impresión de las hojas sobre papel sensible ozadil, el cual fue expuesto a una luz artificial durante 5 minutos y luego sometido a vapor de amoníaco.

Las hojas diseñadas fueron recortadas, desecadas y pesadas, para la determinación del area foliar.

### III. Inyecciones solidas y líquidas

Dos experimentos fueron realizados en las plantaciones de la finca "La Lola". El primero en la sección de rehabilitación, en las parcelas B6 y D2. El segundo en la sección 12.

#### "Inyecciones" sólidas:

Para este experimento la elección de arboles se rea-



lizó a base de datos de 5 años de producción. Tomando 20 grupos de 4 arboles, cada grupo con cantidades semejantes de producción. A cada árbol se le asignó por sorteo un tratamiento.

Los tratamientos fueron:

- |   |                                               |                |
|---|-----------------------------------------------|----------------|
| A | Testigo                                       | Sin aplicación |
| B | Sulfato de cobre                              | 3 grs.         |
| C | Sulfato de zinc                               | 3 grs.         |
| D | Clavos de <del>bronce</del> de 3/8 de pulgada |                |

Para los tratamientos B y C se utilizaron sustancias químicamente puras. La técnica de aplicación consistió en lo siguiente:

En el tronco del árbol y con ayuda de un berbiquí, se efectuaron siete perforaciones, distribuidas en forma de espiral; la primera a unos 50 cms. del suelo y la séptima a 1 metro, cada una de ellas de 1 a  $1\frac{1}{2}$  pulgada de profundidad y  $\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro. Por medio de un embudo de cristal se colocaron las sustancias correspondientes, tapándose los huecos con una pasta de cemento. En el caso del tratamiento A, se utilizaron clavos de bronce de 3/8 de pulgada, que fueron colocados en el tronco formando un anillo a la altura de 1 metro del suelo. El espacio comprendido entre los clavos fué de 1 cm.

Los datos se tomaron quincenalmente en número de mazorca.



Figura 4. Sistema de aplicación de inyecciones. Obsérvese el sitio y forma de inyección.-

Para una mejor interpretación se agrupó la producción por trimestres.

### Inyecciones Líquidas

Este experimento se realizó en la sección no sombreada de la finca, eligiéndose el area que mostraba mayor uniformidad. Dentro de ella y en base a caracteres morfológicos, se seleccionaron 5 grupos de 8 árboles, destinándose al azar dentro de cada grupo 2 árboles para cada tratamiento.

Las siguientes soluciones nutritivas fueron usadas:

| <u>Tratamiento</u> | <u>Nutriente</u>                                          | <u>Porcentaje</u> |
|--------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|
| N                  | Urea                                                      | 1%                |
| PK                 | $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ y $\text{K}_2\text{SO}_4$       | 0.2% y 0.5%       |
| NPK                | Urea, $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ y $\text{K}_2\text{SO}_4$ | 1%, 0.2% y 0.5%   |
| Testigo            | Sin aplicación                                            |                   |

Antes de aplicar los nutrientes se eliminaron todas las frutas maduras de los árboles.

En perforaciones hechas de manera similar a las ya descritas anteriormente, se efectuaron dos aplicaciones, una al iniciarse el experimento y otra dos meses después. Cada inyección fué de 3 litros por árbol. La localización y el número de perforaciones ( 1 ó 2) varió de acuerdo al diámetro y distribución de las ramas.

Para estas inyecciones se usaron botellas de 1 galón, conteniendo la solución, las que se colgaron en la parte su

perior de los arboles. Cada botella llevaba en la boca un tapón de hule con dos tubos, uno largo para permitir la entrada del aire y otro corto para la salida de la solución. A este último se conectó una manguera de 2 metros, provista en el extremo inferior de un tubo de vidrio con un tapón de hule, el cual encajaba en la perforación del tronco.

Se eliminó el aire de las conducciones y de la perforación del tronco, dejando circular un poco de la solución. Luego el tapón fué colocado a presión, sujetándolo con una cuerda para mayor seguridad.

El tiempo de absorción de las soluciones fué muy variable, dependiendo principalmente del tamaño del árbol y de las condiciones ambientales.

Cinco meses después de la primera aplicación, se tomaron datos semanales del número de mazorcas maduras. Para mejor interpretación, estos datos fueron agrupados por meses.



Figura 5. Arbol de cacao del tipo utilizado en el presente estudio.

## RESULTADOS

### I. Sintomas de deficiencia

#### Nitrógeno:

Una de las deficiencias minerales que se manifiestan más rápida y claramente fué la producida por la falta de nitrógeno.

En plantas propagadas vegetativamente, el desarrollo de las primeras yemas fué muy lento y muchas de ellas no desarrollaron. En las hojas los síntomas de nitrógeno fueron bastante visibles, pero en hojas jóvenes, estos síntomas pueden confundirse con los de otros elementos. Antes de que las hojas alcanzaran una completa maduración, se produjo una defoliación; las estacas sin embargo, no consiguieron una nueva brotación y murieron en un tiempo relativamente corto.

Las características de deficiencia de nitrógeno se hicieron más fácilmente perceptibles en las plantas provenientes de semilla. En las primeras semanas ya se pudo apreciar un retardo del crecimiento que se hizo más notorio con el transcurso del tiempo. Se pudo apreciar una reducción del tamaño de la lámina y del número de hojas. Este síntoma fué más apreciable en las nuevas brotaciones en las que sólo 2 a 3 hojas llegaron a desarrollarse.

La característica más típica de esta deficiencia es

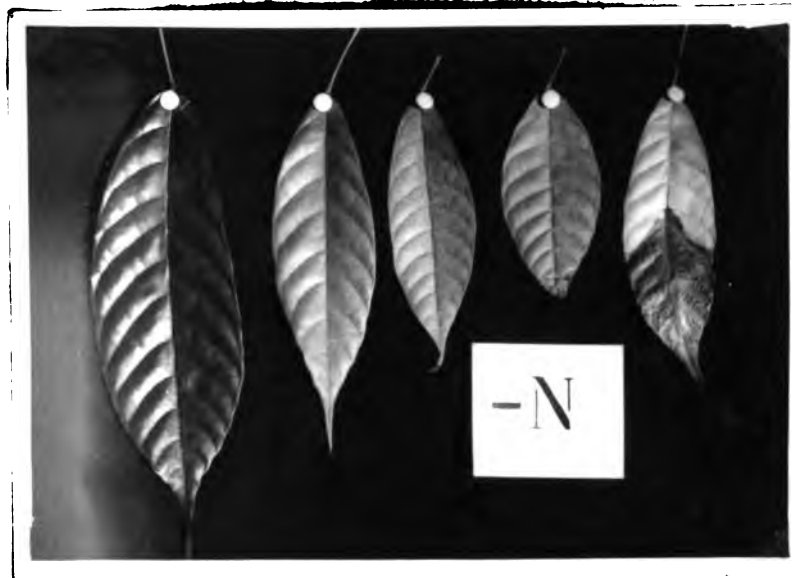


Figura 6. Síntomas foliares que presentan las plantas por la falta de nitrógeno.-



Figura 7. Aspecto que presentan las plantas que recibieron tratamiento completo y las que recibieron tratamiento sin nitrógeno.-



tá en el color de la hoja. Al principio se notó una ligera clorosis que luego se tornó más intensa. A medida que la deficiencia se hizo más aguda, la parte apical de las hojas mas viejas presentó necrosis, la que alcanzó hasta un poco más de la mitad de la lámina, provocando así la caída de la hoja.

En condiciones de campo, esta deficiencia se encuentra frecuentemente en areas no sombreadas, como ocurre en la sección 12 de la finca "La Lola" y en otras areas caoteras similares.

#### Fósforo:

Las características morfológicas que presentan las plantas son bastante ~~claras, aunque no resaltan tanto~~ como en el caso del nitrógeno, potasio y otros.

Las plantas, en las primeras semanas de crecimiento, no presentaron ningún síntoma aparente. Las yemas se desarrollaron ~~normalmente y la~~ brotación alcanzaron un tamaño semejante al de las plantas sometidas a un tratamiento completo. El número de las hojas de las subsiguientes brotaciones fué normal, pero la lámina sufrió una reducción más pronunciada en el ancho que en el largo, con respecto al tamaño normal.

Al principio las hojas conservaron su color verde normal, pero cuando la deficiencia fué más severa, las hojas más viejas se tomaron claras con una pigmentación

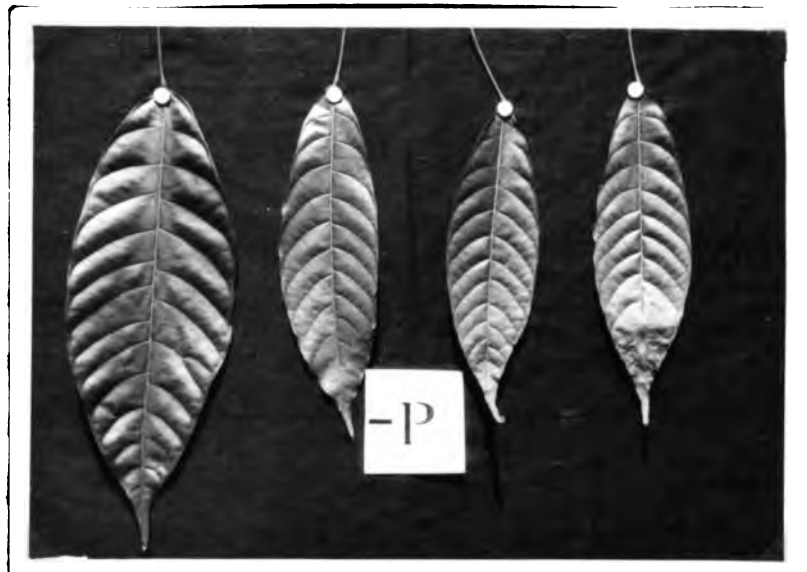


Figura 8. Síntomas foliares que presentan las plantas por la falta de fósforo.-

rojiza apical, la cual alcanzó toda la lámina. Más tarde se inició una defoliación comenzando en la base del tallo, <sup>(Fig. 2)</sup> permaneciendo las estípulas, <sup>como</sup> las cuales resaltan por su color verde. En las plantas propagadas vegetativamente este síntoma es más perceptible.

### Potasio

Las plantas cultivadas sin potasio mostraron en su primera edad un desarrollo normal; poco tiempo después se pudo apreciar un retardo de crecimiento.

A los seis meses las hojas más viejas empezaron a manifestar una clorosis que se inició por el ápice y se extendió hacia los contornos de la lámina, síntoma que permaneció por algo más de una semana. Las zonas cloróticas se transformaron en zonas necróticas, que cubrieron la mitad de la lámina. <sup>(Fig. 2 y 5)</sup> Poco tiempo después se produjo la caída de la hoja.

Cuando las hojas de la base se encuentran en un estado necrótico, las que están por encima de éstas comienzan a desarrollar clorosis, conservando las brotaciones superiores sus características normales. De esta manera se puede apreciar dentro de una misma planta las tres fases de desarrollo de la deficiencia, forma avanzada, forma intermedia y forma incipiente. (Figuras 9 y 10).

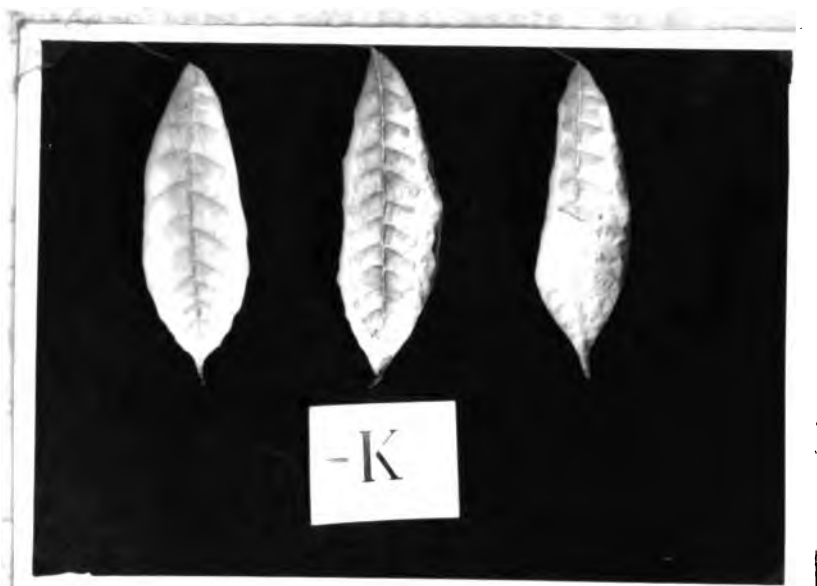


Figura 9. Síntomas que presentan las plantas por la falta de potasio.-

Una de las características que resalta<sup>1</sup> en el caso de esta deficiencia, es la aparición de un estado clorótico en toda la lámina de las hojas de la región apical, comparable con el síntoma de falta de hierro. Esto es <sup>debe</sup> debido a que la deficiencia de potasio dificulta la movilización del hierro, ~~causando~~ <sup>causa</sup> la aparición de este síntoma. (cita)

En el cacao la carencia de este ~~elemento~~ mineral es la que se puede observar más fácilmente, no solamente en <sup>de Invernadero</sup> condiciones ~~experimentales~~ sino también en condiciones de campo. Esto ha sido observado en los huertos cacaoteros de Trinidad (19) en la región costera y en el sector central del estado de Aragua en Venezuela (7). Lo mismo se observó en la región atlántica de Costa Rica, en las proximidades de la ciudad de Limón.

#### Magnesio:

Las primeras manifestaciones de deficiencia de magnesio empezaron en las hojas más viejas. En la región intervenal se pudo observar una clorosis muy ligera, acompañada por pequeñas manchas que muy pronto comienzan a extenderse hasta constituirse en una necrosis intensa. Esta necrosis sin embargo, no alcanzó la región nerval, el apice o bordes de la lámina.

Los síntomas de la deficiencia de magnesio no pudie-



Figura 10. Aspecto que presenta una planta por la falta de potasio. Obsérvese los tres estados en una misma planta.-

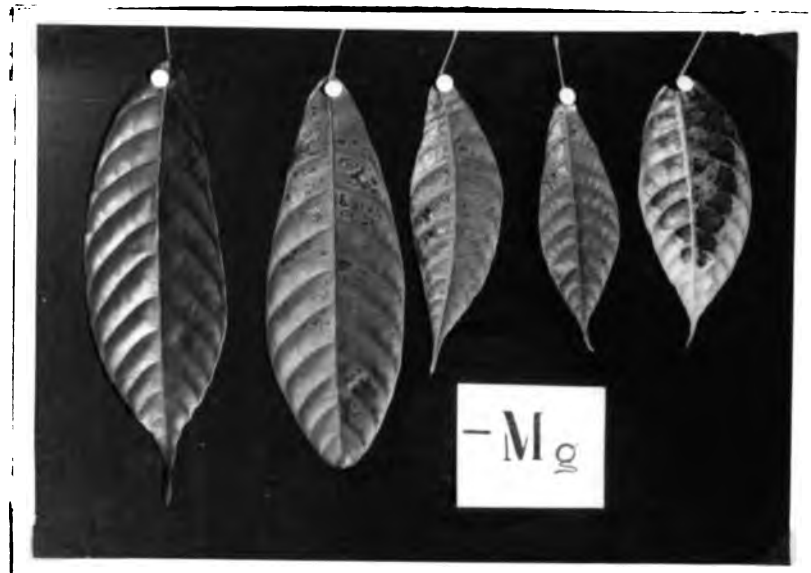


Figura 11. Síntomas que presentan las plantas por la falta de magnesio.-

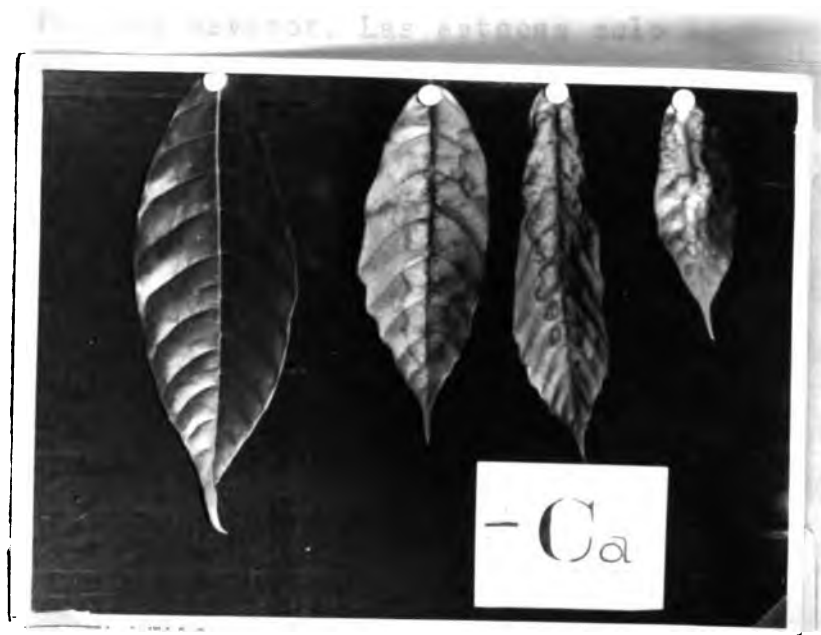


Figura 12. Síntomas foliares que presentan las plantas por la falta de calcio.



ron ser observados en las plantas propagadas vegetativamente, pues todas las estacas destinadas a la observación murieron antes de que presentaran síntomas de esta deficiencia.

Calcio:

La planta de cacao parece ser extremadamente sensible a la falta de calcio. Desde un principio las plantas mostraron síntomas severos. <sup>que pien decir?</sup> Las estacas solo lograron alcanzar la primera brotación y murieron en poco tiempo. En cambio, cuando se usaron plantas de semilla, desde muy temprano se pudo observar un retardo en el desarrollo. Las pocas hojas que aparecieron eran muy pequeñas y débiles. En vista del tal circunstancia, estas plantas fueron tratadas con una solución completa. Las plantas reaccionaron en poco tiempo y en las próximas brotaciones adquirieron caracteres normales.

Al fin de la tercera brotación el calcio fué nuevamente eliminado de la solución y las plantas mostraron otra vez síntomas de deficiencia; al poco tiempo fué paralizado el crecimiento y las hojas más viejas empezaron a presentar una ligera clorosis. Este período clorótico fué muy corto pasando inmediatamente al estado necrótico que se inició en las áreas intervenales en forma de manchas localizadas especialmente en la base de la lámina y

muy cerca de la nervadura central.

A medida que la deficiencia se hizo más crítica, la necrosis alcanzó la nervadura principal y las secundarias. Los márgenes de la lámina al igual que el ápice no mostraban necrosis, presentando únicamente un agostamiento que dió a los bordes una ondulación continua.

En muchos casos no es necesario que llegue a un estado de deficiencia avanzado para que se produzca defoliación.

#### Azufre:

El tamaño de las plantas durante los 4 primeros meses es normal. A partir de esta edad, el desarrollo se hace más lento y se manifiesta con más claridad la falta de azufre.

Los primeros síntomas foliares aparecieron en las hojas más viejas, las que ~~se caracterizan por ser~~ uniforme, bastante clara en ~~todas~~ la lámina. Este es un síntoma muy característico en otras especies y al que se da el nombre de "Yellow disease". Las hojas permanecen en la planta por mucho tiempo.

Cuando la deficiencia se va haciendo más aguda, los bordes y el ápice van presentando una necrosis que alcanza hacia el centro de la lámina, siendo las nervaduras las partes más fácilmente afectadas. Las áreas in-

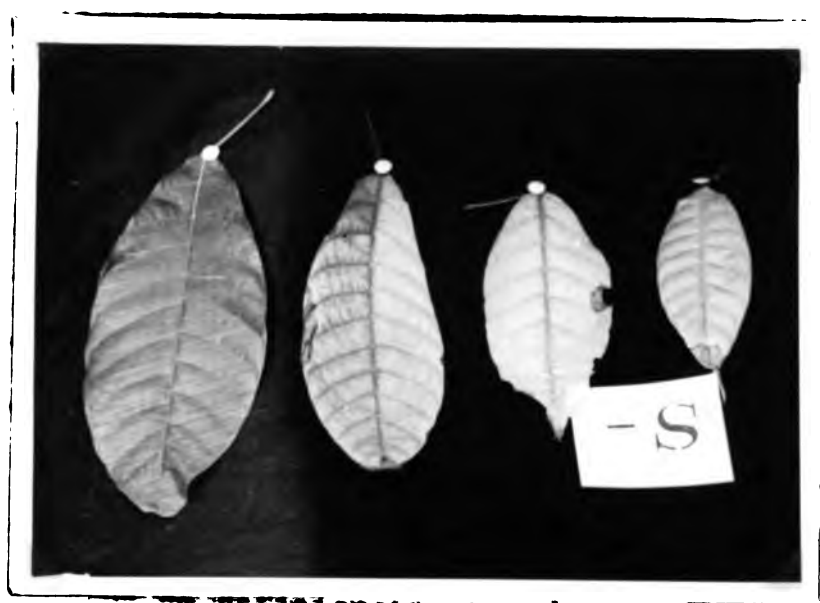


Figura 13. Síntomas foliares que presentan las plantas por la falta de azufre.

tervenales permanecen con el color propio de esta deficiencia y finalmente la hoja cae.

La deficiencia de azufre parece tener un efecto desfavorable sobre la traslocación.-

Hierro:

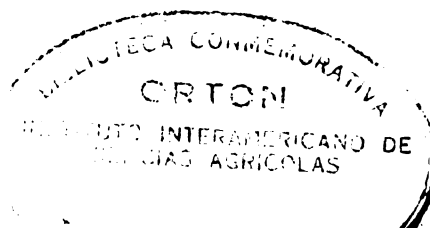
Las primeras manifestaciones de la falta de hierro empezaron en las plantas propagadas vegetativamente y poco tiempo después en las plantas de semilla. En ambos casos, las plantas presentaron (una) clorosis general.) A las pocas semanas esta clorosis se tornó más intensa, las hojas apicales presentaron un color blanco con excepción de las nervaduras, que conservaron su color verde.

A medida que la deficiencia tomó caracteres más pronunciados, en las hojas de segunda brotación se presentaron también síntomas bien caracterizados, siendo de esta manera dentro de una misma planta perceptibles todos los rangos de deficiencia causados por la carencia de este elemento.

Un ligero agostamiento marginal o apical antecede a la caída de la hoja.

Cobre:

En el caso del cobre, las manifestaciones morfológicas no se presentaron claramente en las plantas prove-



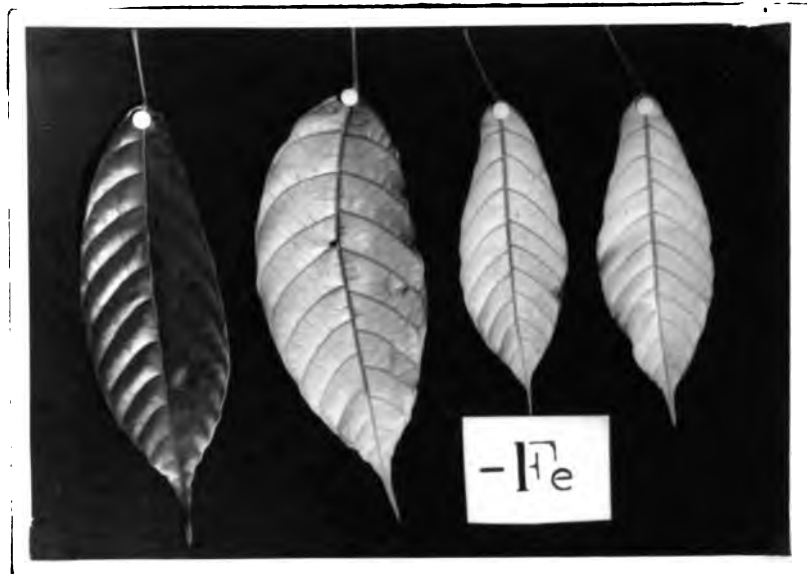


Figura 14. Síntomas foliares que presentan las plantas por la falta de hierro.

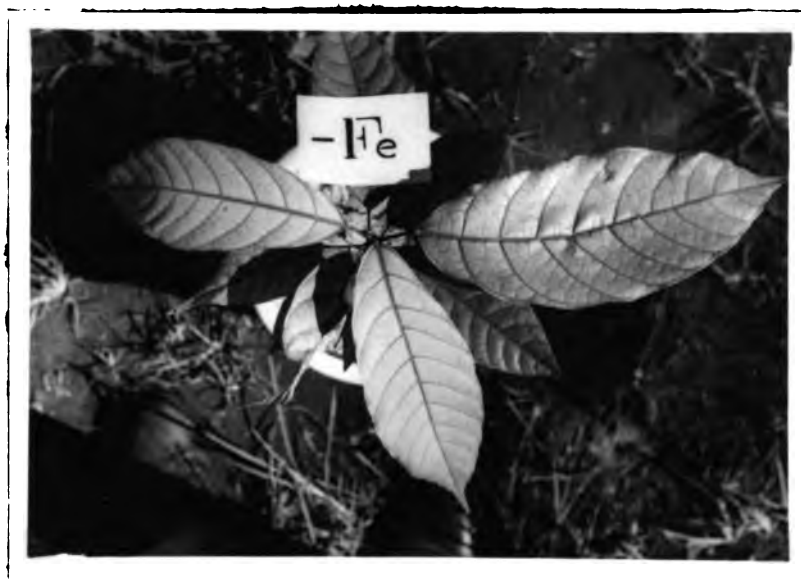


Figura 15. Aspecto que presenta una planta por la falta de hierro.-

nientes de semilla. Posiblemente ésto sea debido a que los cotiledones pueden suplir cierta cantidad de cobre.

En algunas de las plantas propagadas vegetativamente, los síntomas se manifestaron en las primeras brotaciones, mientras que en otros los síntomas fueron visibles a partir de la segunda brotación.

Las características más sobresalientes se presentan en las nervaduras secundarias; el número de éstas se reduce y las distancias a las que se encuentra no son uniformes. En la región basal de la lámina el área intervenal es muy grande, siendo lo contrario en el ápice, donde las nervaduras se encuentran a muy poca distancia. La región apical de la hoja parece ser la más susceptible a la falta de cobre, pues muy rápidamente y sin pasar por un estado clorótico, se desarrolla una necrosis.

#### Manganeso:

Cuando existe una deficiencia de manganeso, los síntomas pueden ser más fácilmente observados en las plantas propagadas vegetativamente. Las partes más afectadas son las hojas jóvenes, las que a un principio conservan su color verde normal y muy pronto comienza la aparición de pequeñas áreas cloróticas que se inician por la parte apical de la lámina, abarcando las re-

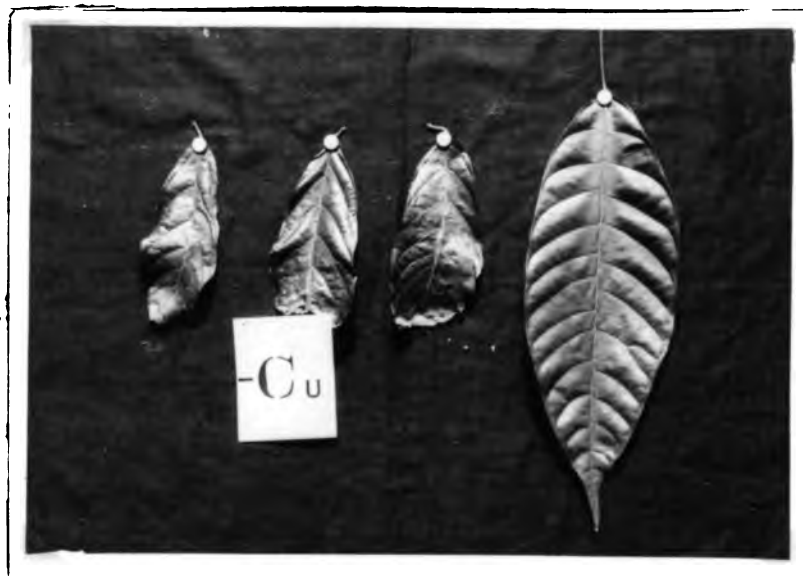


Figura 16. Síntomas foliares que presentan las plantas por la falta de cobre.



giones intervenales. (5, 12)

Las nervaduras y las áreas contiguas a éstas, mantienen su color verde normal; esto se puede apreciar en la nervadura principal, en las secundarias y aún en las terciarias.

A medida que la deficiencia se hace más intensa, la zona clorótica del ápice pasa a un estado necrótico que no logra alcanzar una gran área debido a la rápida caída de la hoja.

En el caso de las plantas provenientes de semilla, los síntomas son los mismos que los descritos, pero su aparición en estas plantas es más lenta.

Boro:

Los síntomas que presentaron las plantas por falta de boro no fueron fácilmente perceptibles.

En las plantas provenientes vegetativamente, se notó un retardo en el desarrollo; se pudo apreciar claramente que las partes afectadas fueron los puntos de crecimiento, pues las partes terminales presentaron deformaciones. (5, 13)

En las plantas provenientes de semilla, los síntomas foliares fueron muy evidentes. En las hojas más jóvenes, se observó una deformación, un arrollamiento de la lámina en forma de espiral y un volteamiento de



Figura 17. Síntomas foliares que presentan las plantas por la falta de manganeso.-

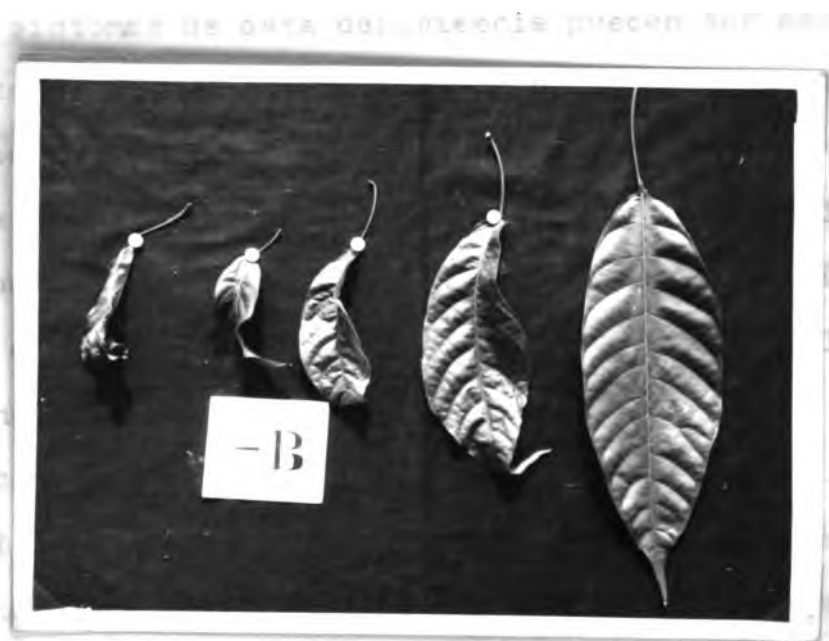


Figura 18. Síntomas foliares que presentan las plantas por la falta de boro.-

los apices hacia atras.

En general, las hojas afectadas por deficiencia de boro son gruesas y duras al tacto.

### Zinc:

En el caso de esta deficiencia, no se llegó a conseguir que todas las plantas bajo este tratamiento presentaran síntomas típicos.

Los síntomas de esta deficiencia pueden ser más fácilmente apreciados en las hojas tiernas. Las nervaduras presentan un color rojizo, y la región intervenal tiene un rápido aumento de crecimiento en relación a las venas, lo que provoca una deformación de la lámina que es más intensa en la región apical y que obliga a la hoja a tomar una curvatura en forma de hoz, malformación muy característica de esta deficiencia.

En hojas de mayor edad se puede observar una doble desproporción en la lámina; primeramente la parte basal sufre un estrechamiento, desarrollandose en mayor proporción la parte apical; una segunda deformación es fácilmente apreciable entre las partes que dividen la nervadura central. Los bordes de la lámina presentan una ondulación continua.



Figura 19. Síntomas foliares que presentan las plantas por la falta de zinc.-

## II. Ensayos en Invernadero

Por los dos ensayos llevados a efecto, se pudo apreciar muy claramente el efecto que tuvieron las parcelas que recibieron nutrientes. En ambos casos y con diferente clase de tierra, las parcelas que recibieron tratamientos completos dieron pesos de materia seca más altos. En menor proporción se encuentran todos los demás tratamientos de acuerdo a la disponibilidad de elementos nutritivos.

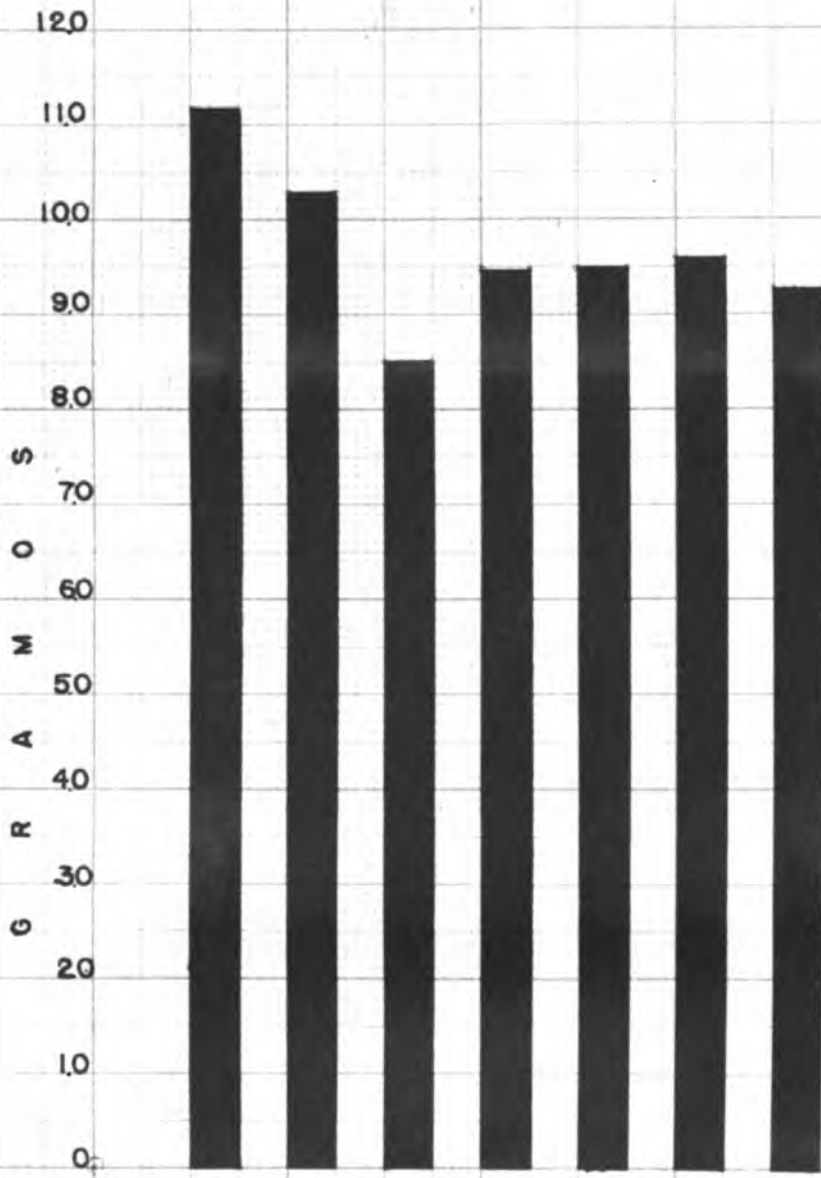
### Medidas obtenidas del peso seco:

En el primer ensayo se utilizó tierra de la finca "La Lola".

Al final del período de 145 días, se efectuó el muestreo, tomándose el peso seco total por parcela (Tabla I). Se pudo apreciar que las plantas que recibieron un tratamiento completo fueron las que alcanzaron mayores pesos obteniéndose un rendimiento promedio de 14.16 gramos por planta. Se atribuye a este tratamiento el máximo de producción que pueden alcanzar las plantas en este experimento.

Los resultados obtenidos en el análisis de variancia de los datos del peso seco (Tabla I), nos indican que existe un efecto altamente significativo entre las parcelas que recibieron tratamientos completos y los testigos.

gr.



GRAF. N-1. PESO SECO EN GRAMOS OBTENIDOS AL FINAL DEL EXPERIMENTO EN LOS TRATAMIENTOS:

- |   |               |   |                     |
|---|---------------|---|---------------------|
| 1 | COMPLETO      | 5 | SIN MAGNESIO        |
| 2 | SIN NITROGENO | 6 | SIN MICRO-ELEMENTOS |
| 3 | SIN FOSFORO   | 7 | TESTIGO             |
| 4 | SIN POTASIO   |   |                     |

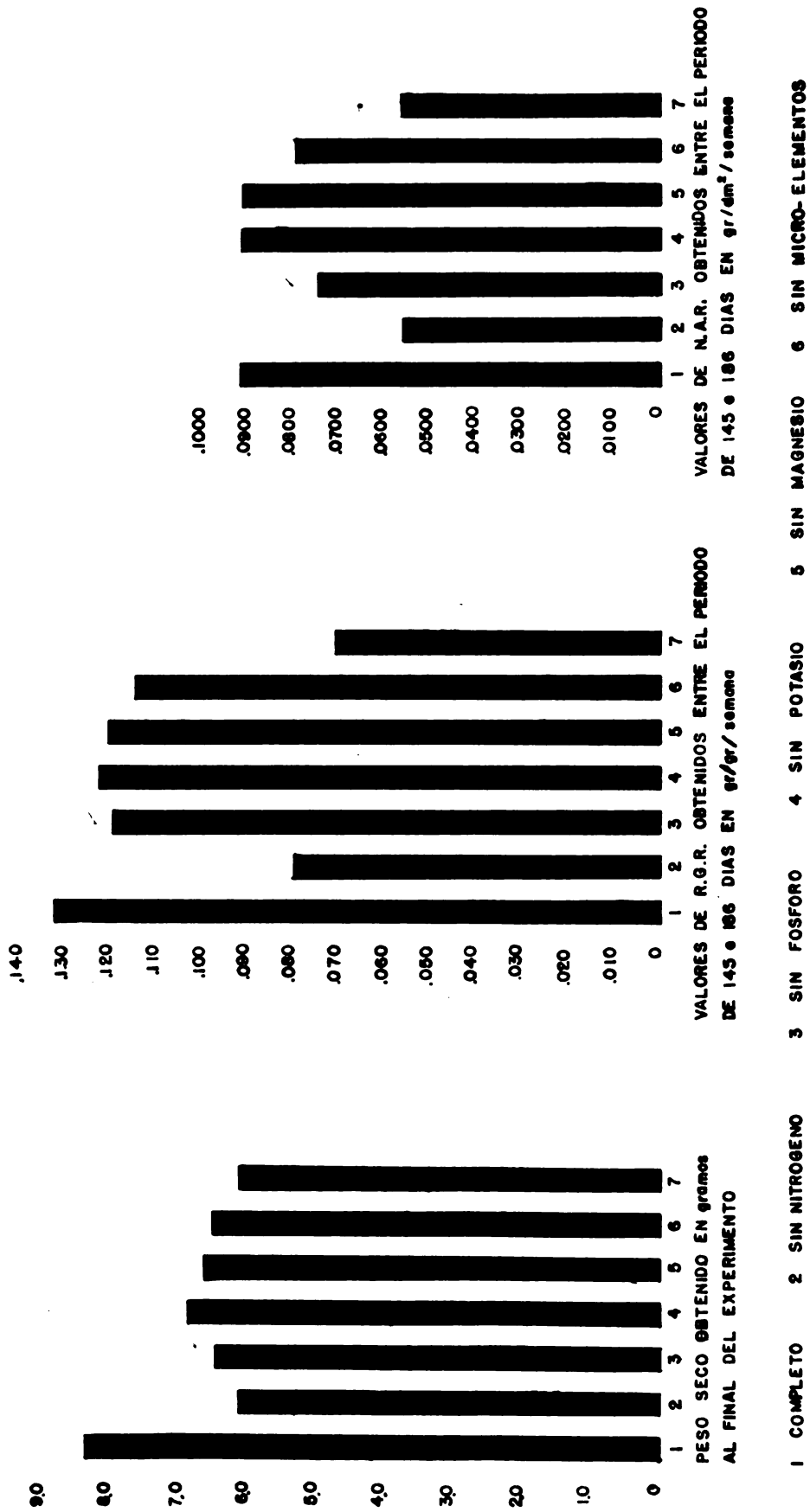
El que recibió menos nitrógeno adquiere valor significativo en relación al fósforo, potasio, magnesio y micro-elementos, y el fósforo difiere significativamente del potasio, magnesio y micro-elementos, no existiendo diferencias significativas entre otras comparaciones.

En el segundo ensayo se usó tierra de los futuros semilleros de cacao del Instituto en Turrialba. El tratamiento completo fué el que dió peso seco más alto tanto en la primera como en la segunda toma de muestras.

Las parcelas sin nutrientes fueron las que dieron pesos secos más bajos en ambos muestreos. Todos los demás tratamientos fluctuaron entre los valores correspondientes al tratamiento completo y al testigo.

Este experimento fué analizado estadísticamente en base a los datos del peso seco como un "split-plot", habiéndose obtenido valores altamente significativos entre ambos muestreos. Todos los tratamientos (sin uno de los elementos nutritivos) difieren significativamente del tratamiento completo y del testigo. El tratamiento sin nitrógeno fué inferior (significativamente al nivel de 95%) que los tratamientos sin fósforo, sin potasio, sin magnesio y sin micro-elementos. No hubo diferencias significativas entre los demás tratamientos del experimento (Tabla II).





7 TESTIGO

Rata Relativa de Crecimiento (R.G.R.) y

Rata Neta de Asimilación (N.A.R.):

En la imposibilidad de obtener valores de RGR y NAR de las comparaciones individuales del primero y segundo muestreo, se consideraron solamente los valores totales del primer muestreo en relación a los valores totales del segundo, y de esta manera determinar la Rata Relativa de Crecimiento para este período, haciendo uso de la fórmula:

$$R.G.R. = \frac{\log e W_2 - \log e W_1}{t_2 - t_1}$$

Donde:

W<sub>1</sub> = peso en gramos del primer muestreo.

W<sub>2</sub> = peso en gramos del segundo muestreo.

t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub> = intervalo de tiempo entre muestreos.

Los valores obtenidos para cada tratamiento fueron los siguientes:

TABLA III

| Completo | -N    | -P    | -K    | -Mg   | -M.E. | -Nutrientes |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 0.133    | 0.080 | 0.120 | 0.123 | 0.121 | 0.115 | 0.071       |

En base a los valores del peso seco total y a los del area foliar determinada en la forma descrita en Materiales y Métodos, se obtuvo la Rata Neta de Asimilación por uni-

dad de area, usando la fórmula propuesta por Gregory, que es la siguiente:

$$NAR = \frac{(W_2 - W_1) (\log_e L_2 - \log_e L_1)}{(t_2 - t_1) (L_2 - L_1)} = \text{gr/dm}^2/\text{semana}$$

Donde:

- $W_1$  - peso en gramos del primer muestreo.
- $W_2$  - peso en gramos del segundo muestreo.
- $L_1$  - area foliar del primer muestreo tomada en dms.
- $L_2$  - area foliar del segundo muestreo tomada en dms.
- $t_2 - t_1$  - intervalo de tiempo entre muestreos

Los valores encontrados para cada tratamiento fueron:

TABLA IV

| Completo | -N <sub>p</sub> | -P     | -K     | -Mg    | -M.E.  | -Nutrientes |
|----------|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| 0.0920   | 0.0562          | 0.0744 | 0.0914 | 0.0913 | 0.0789 | 0.0566      |

Como solamente se dispuso de un solo valor para cada tratamiento, el análisis estadístico no fué posible.

### III. Inyecciones

Los resultados de estos experimentos se basaron en el número de mazorcas sanas producidas. Se efectuaron cosechas periódicas, agrupándose la producción por mensualidades en el caso de las inyecciones líquidas, y por trimestres en las "inyecciones" sólidas.

Los efectos de las "inyecciones" sólidas no fueron notorios sino hasta el cuarto trimestre, después de aplicados los tratamientos. El análisis estadístico muestra que existe una probabilidad de 95% en favor del tratamiento de cobre y de las aplicaciones de clavos, con relación al tratamiento de zinc y al testigo en el quinto trimestre, sin embargo no se obtuvieron diferencias significativas (Tabla V). En este experimento la producción normal máxima fué registrada en el cuarto trimestre.

Las inyecciones líquidas no dieron diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla VI).

En el transcurso de este experimento se presentó un marchitamiento prematuro de los frutos (Cherelle wilt). Las pérdidas ocasionadas por esta causa fueron registradas semanalmente en cada árbol.

De un estudio de correlación realizado entre el porcentaje de frutos con marchitamiento y el número total de frutos producidos por árbol, se encontró que existe una correlación en grado significativo entre la cantidad de frutos sanos producidos y los perdidos por esta causa (Gráfico 5). Estadísticamente se pudo determinar también que no existe ninguna influencia de los minerales empleados en los tratamientos sobre la incidencia del marchitamiento prematuro de los frutos jóvenes (Tabla VII).

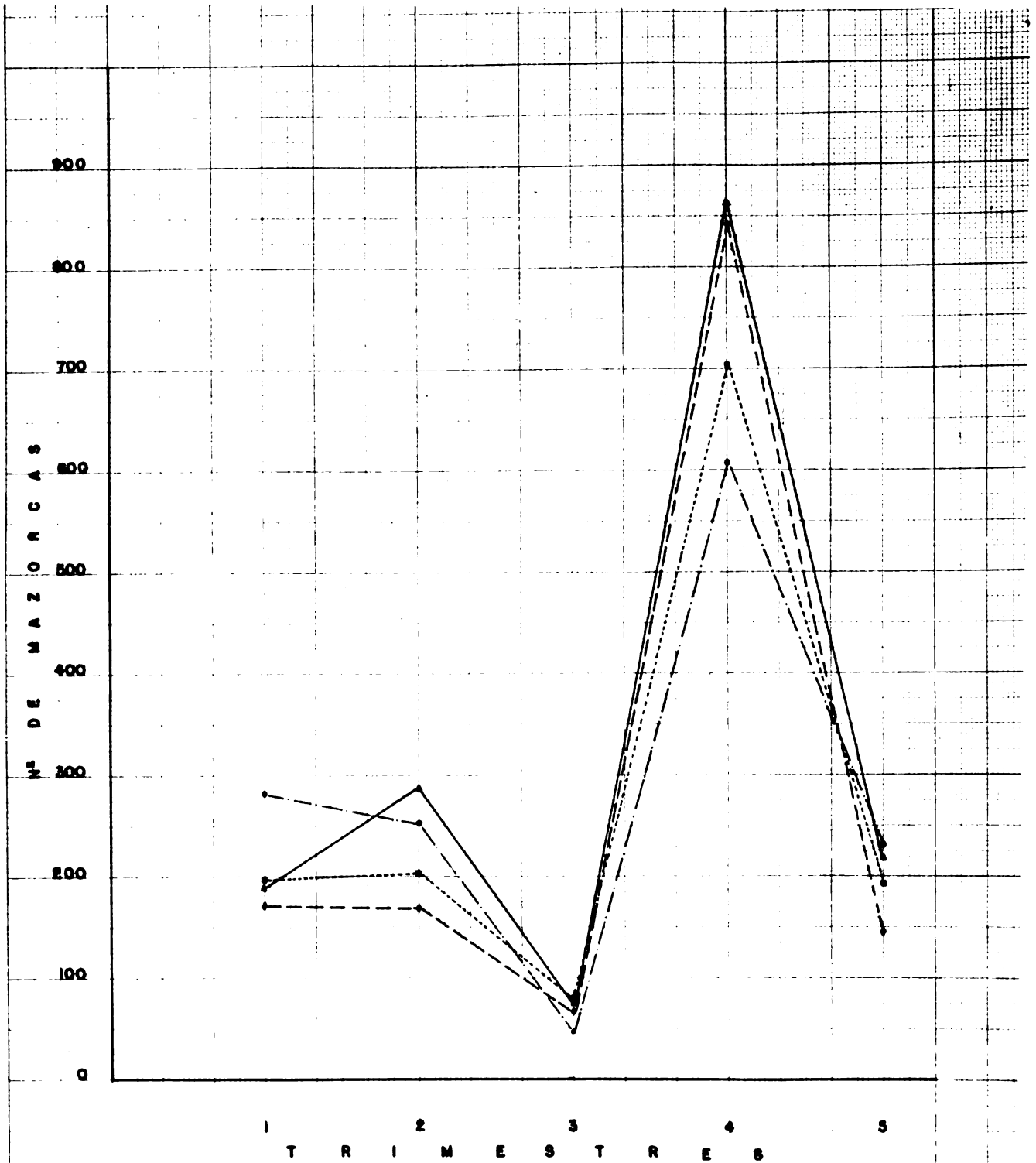


GRAFICO Nº3 NUMERO DE MAZORCAS SANAS PRODUCIDAS TRIMESTRALMENTE EN  
20 ARBOLES A QUE FUE SOMETIDO CADA TRATAMIENTO

----- ZINC    - - - - COBRE    ——— CLAVOS    - - - - TESTIGO

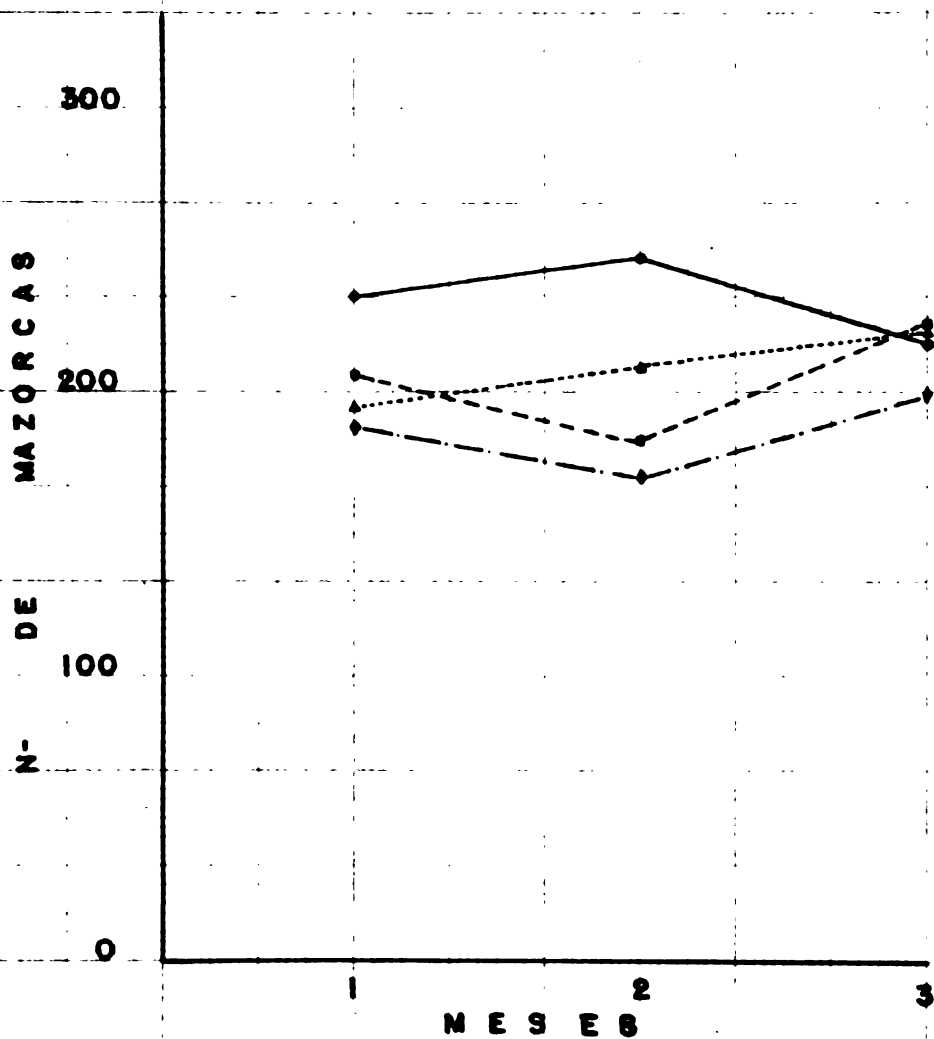


GRAFICO N-4 NUMERO DE MAZORCAS SANAS PRODUCIDAS MENSUALMENTE EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS

----- NPK      - - - - - PK      \_\_\_\_\_ N      - . - . - T

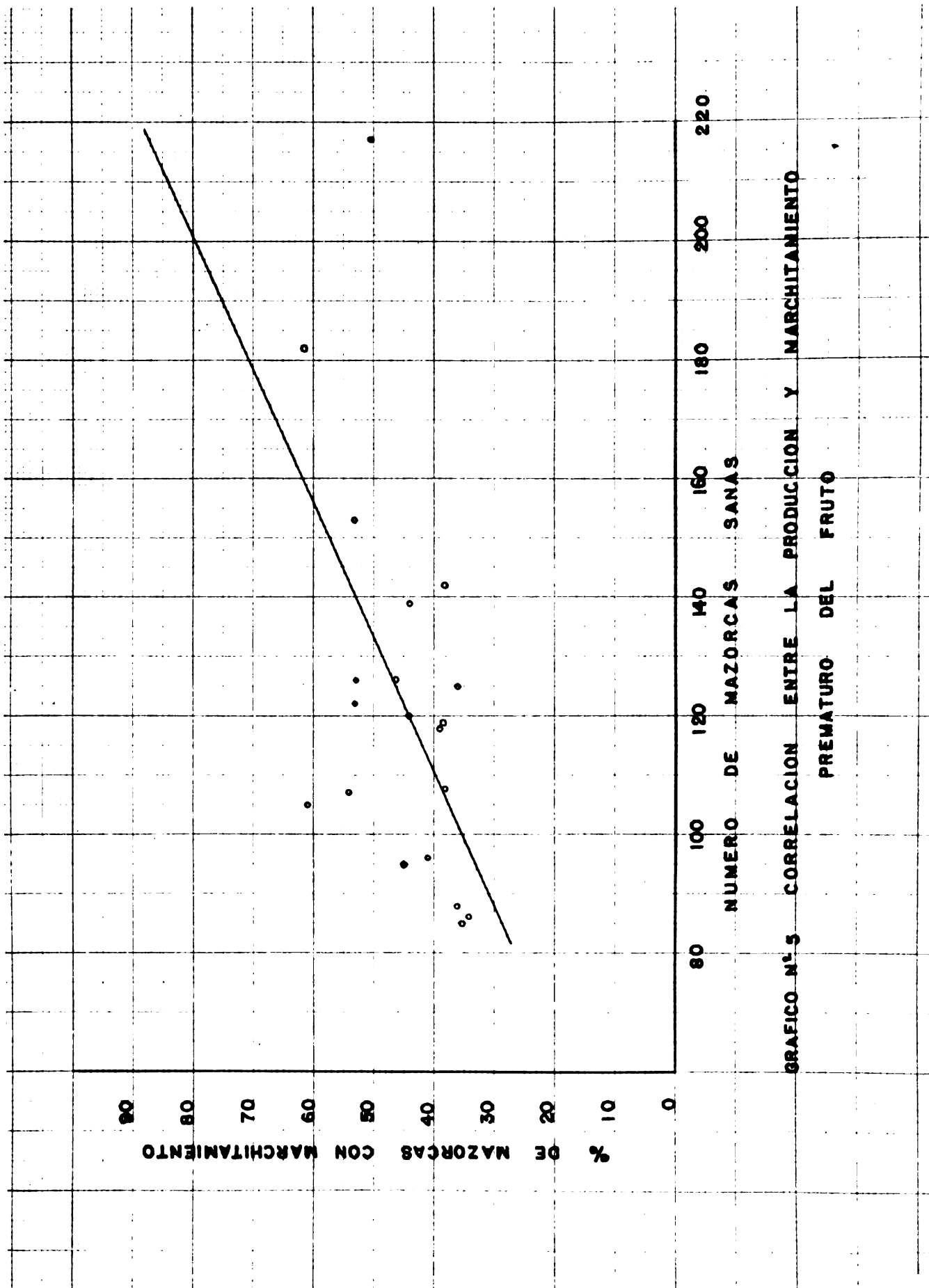


GRAFICO N° 5 CORRELACION ENTRE LA PRODUCCION Y MARCHITAMIENTO PREMATURO DEL FRUTO

TABLA VII. Análisis de Variancia del Porcentaje de frutos con marchitamiento prematuro.

| Fuente de Variación | G.L. | S.C.     | C.M.  |
|---------------------|------|----------|-------|
| Total               | 19   | 1.369,72 |       |
| Repeticiones        | 4    | 343,99   | 85,99 |
| Tratamientos        | 3    | 179,92   | 59,97 |
| Error               | 12   | 845,81   | 70,48 |



## DISCUSION

### Síntomas de deficiencia

En los estudios de deficiencias minerales en plantas cultivadas, los síntomas que causan la carencia del calcio y magnesio son variables (37). Esto parece ocurrir también en plantas de cacao, mientras que Markell, Evans & Murray (12 y 26), indicaron como principales manifestaciones de la deficiencia de estos minerales la ocurrencia de necrosis en los ápices y en las margenes de las hojas. En este trabajo se observó que tanto en el Ca como en el Mg, la característica más notoria radica en una zona necrótica en cada espacio intervenal, no habiendo necrosis en los bordes ni apices de las laminas; la semejanza de los síntomas presentados por estos elementos minerales posiblemente sea debida al antagonismo entre estos nutrientes.

En general, los síntomas descritos muestran los efectos más característicos causados por la carencia de los elementos minerales en las plantas de cacao. Con una ligera variación en el calcio y el magnesio, los demás síntomas descritos concuerdan con los efectuados por otros autores (10, 12, 16, 17, 18, 19, 26).

### Ensayos en Invernadero

En los últimos años se han llegado a establecer que determinadas plantas sirven como excelentes indicadoras de

la fertilidad del suelo. En el caso particular de este estudio, se trató de averiguar si la planta de cacao puede ser usada satisfactoriamente como planta indicadora de la disponibilidad nutricional de un suelo destinado a este cultivo.

Por los resultados ya descritos, podemos observar que desde el primer ensayo los datos tomados en base al peso seco fueron muy satisfactorios, encontrándose diferencias muy pronunciadas que nos indican que el suelo de la finca "La Lola" en estudio muestra una escasa disponibilidad de nutrientes. Los resultados nos muestran que existe una mayor cantidad de nitrógeno disponible, en comparación con otros nutrientes, constituyendo el fósforo el elemento mineral más limitante.

El uso del análisis estadístico para efectos de interpretación da una buena idea sobre la aplicación de este método de invernadero para fines de diagnóstico.

Un segundo experimento se llevó a cabo para comprobar la reacción de la planta sobre una nueva clase de tierra, eligiéndose para esto, suelo de los futuros semilleros de cacao del Instituto, en Turrialba. Los resultados en peso seco de este segundo experimento muestran que se trata de un suelo de escasa disponibilidad en la mayor parte de los nutrientes, siendo la deficiencia de nitrógeno más acentuada que la de los demás minerales.

La diferencia entre el tratamiento completo y los demás tratamientos, indica que no solamente este suelo es deficiente en determinados nutrientes, sino que desde un punto de vista general, muestra una falta de disponibilidad, pudiéndose indicar que se trata de un suelo pobre.

En este estudio se trató también de averiguar si los datos obtenidos representan una medida satisfactoria de la fertilidad del suelo en estudio. Para este propósito se determinó la Rata Relativa de Crecimiento y la Rata Neta de Asimilación, medidas de crecimiento usadas especialmente en Inglaterra y utilizadas en cacao por Goodall en el Africa (14) y Murray en Trinidad (28). Por medio de estas medidas se pudo valorar el incremento relativo del crecimiento y la rata de asimilación en determinado período.

El valor máximo de R.G.R. corresponde al tratamiento completo, en el que se obtuvo 0.133 gramos/semana, correspondiendo a un estado de desarrollo de la planta de 20 a 23 semanas.

Murray (28) encontró un valor promedio de 0.145 gr/semana en plantas provenientes de estaca y con 30 semanas de desarrollo. Otra investigación sobre esta medida fué efectuada por Goodall (14) quien encontró para plantas provenientes de semilla y de 30 semanas de desa-

rrollo, un valor de 0.131 gr/semana. Las diferencias encontradas parecen ser por efecto de condiciones ambientales.

La rata de incremento asimilatorio en peso seco por unidad de area foliar es el resultado del efecto de las ganancias de la fotosíntesis menos las pérdidas resultantes de la respiración. Sin embargo, estas dos funciones fisiológicas están circunscritas a numerosos factores internos inherentes a cada especie vegetal y a factores externos o ambientales. Aun más, los minerales constituyen uno de estos factores y la asimilación de la planta depende íntimamente del estado de disponibilidad en que se encuentran los nutrientes en el suelo. La falta de elementos disponibles para la planta traería como consecuencia un desequilibrio interno que causaría un descenso asimilatorio.

En el caso de ensayos en invernadero, cuando se trata de controlar los factores ambientales y se deja en juego solamente el factor mineral, se obtienen muy buenos resultados.

Por los datos de la Tabla IV, se puede observar que la deficiencia de un elemento constituye un factor limitante para la asimilación como sucede con la mayor parte de los tratamientos, no aconteciendo así en las plantas bajo el tratamiento que tiene todos los elementos nutrititi

vos en el cual incrementan su mayor poder asimilatorio, que es de 0,0920 gr/dm<sup>2</sup>/semana. Este valor puede ser comparado con los obtenidos por otros autores, así Murray (28) en Trinidad, encontró un valor promedio de 0,099 gr/dm<sup>2</sup>/semana, utilizando plantas provenientes de estaca que se cultivaron (se asume que hayan sido en invernadero) en soluciones nutritivas completas hasta una edad de 30 semanas. Los valores de Murray y el obtenido en esta investigación, parecen estar muy cerca del máximo poder asimilatorio de la planta de cacao. Goodall (14) determinó el N.A.R. encontrando un valor promedio de 0,072 gr/dm<sup>2</sup>/semana, utilizando plantas provenientes de semilla cultivadas en condiciones de campo. Los diferentes valores encontrados en condiciones de invernadero y de campo hacen suponer que la planta de cacao es muy susceptible a condiciones del medio ambiente, factores que por su influencia en el metabolismo de la planta reflejan en el peso seco.

Se ha indicado el comportamiento de la planta de cacao en estos ensayos en invernadero sobre las medidas de peso.seco, R.G.R. y N.A.R.

La primera determinación de peso seco fué interpretada en base al análisis estadístico. Sin embargo, en las dos determinaciones siguientes no fué posible hacer una interpretación estadística. Los valores individuales ob-

tenidos permitieron también una interpretación similar a la que se obtuvo por medio de la medida del peso seco (Gráfico 2).

El método de invernadero usado en estos estudios para fines de diagnóstico, demuestra ser muy satisfactorio. La planta de cacao es capaz de indicar en corto tiempo la disponibilidad de nutrientes de un suelo.

Este método por su facilidad de ejecución es aplicable en la práctica.

### Inyecciones

En este experimento de "inyecciones" sólidas, se encontraron diferencias altamente significativas en el número de frutos en el tercer trimestre, en favor del tratamiento de cobre, indicando de esta manera que el suelo en el cual se encuentran estos árboles, muestra deficiencia de este elemento.

El tratamiento de clavos también dió lugar a un incremento de la producción, pero no se puede afirmar que fué debido a un efecto mineral, pues existe la posibilidad de que el anillamiento causado por la técnica empleada en el tratamiento haya sido un factor que influyó en los resultados.

El método de "inyecciones" sólidas es poco apropiado para el diagnóstico de deficiencias minerales en cacao, porque ofrece diferencias poco aparentes y a largo plazo.

En el caso de las inyecciones líquidas, ninguno de los tratamientos tuvo un valor estadísticamente significativo, pero se pudo apreciar un ligero aumento entre el primero y el segundo mes en los tratamientos que recibieron nitrógeno. El aumento de producción en estas parcelas posiblemente se debió a una deficiencia de este elemento mineral, lo que vendría a confirmar la suposición establecida de que en el area estudiada la clorosís que muestran los árboles es debida a esta deficiencia.

En el transcurso de este experimento se presentó una incidencia de marchitamiento prematuro de la mazorca. La causa de esta enfermedad no ha sido hasta ahora bien determinada.

Humphries (21), Cope (9), Pound y Verteuil (32), Jaramillo (22), encontraron que estaba relacionada a un efecto mineral. Sin embargo, estos resultados demuestran que no existe ninguna influencia de los minerales empleados en los tratamientos. Por la correlación significativa al 95% entre la cantidad total de frutos producidos y la cantidad de frutos con marchitamiento, parece que la presencia de esta enfermedad sea debida a una deficiencia en substancias orgánicas de acuerdo con los trabajos de Alvim (2).

En general, el ensayo de diagnóstico de deficiencias

minerales por medio de inyecciones líquidas parece ser bastante satisfactorio pero necesitan ser mayormente estudiados en lo que se refiere a concentraciones y cantidades de nutrientes a aplicarse. Parece que éstas fueron las causas para que solo se produjera un aumento en el primer período y no en todo el experimento, por lo que posiblemente no hubo significación.-



RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. Los síntomas de carencia de los elementos minerales se hacen más fácilmente perceptibles en las hojas.
2. Se incluyen fotografías a colores de los síntomas más característicos de deficiencias minerales del cacao.
3. El análisis de un suelo de la finca "La Lola" por medio del método biológico, indica que existe poca disponibilidad de minerales siendo el nitrógeno el que se encuentra en mayor cantidad de disponibilidad en relación a los otros nutrientes, constituyendo el fósforo el elemento mineral más limitante. *ojo No se pudo probar por el método de Widenburg*
4. Por el mismo sistema indicado se analizó un suelo de los futuros semilleros de cacao del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica; dicho análisis muestra la escasa disponibilidad mineral, indicando que se trata de un suelo pobre, siendo la deficiencia de nitrógeno más acentuada que los demás minerales.
5. Bajo condiciones de invernadero se obtiene una influencia favorable del efecto mineral sobre las plantas de cacao en las medidas de la Rata Neta de Asimilación (N.A.R.) y de la Rata Relativa de Crecimiento (R.G.R.)
6. Por los resultados obtenidos en los ensayos en invernadero se ha llegado a probar con éxito la validez de la planta de cacao como indicadora de la disponibilidad nu-

tricional de un suelo destinado a este cultivo.

7. El método en invernadero usado para fines de diagnóstico es recomendable por ofrecer resultados satisfactorios en un período corto y por su facilidad en la ejecución y aplicación práctica.

8. Por el método de diagnóstico por medio de "inyecciones" sólidas aplicadas a los troncos de los árboles de cacao, de la finca "La Lola", se ha encontrado deficiencia de cobre en dichas áreas. Los clavos usados en uno de los tratamientos parecen causar un cierto efecto sobre la traslocación.

9. El método de "inyecciones" sólidas muestra ser poco apropiado para el uso de diagnóstico por su efecto escaso y tardío.

10. El método de inyecciones líquidas para fines de diagnóstico merecen ser más estudiados especialmente con respecto a cantidades y concentraciones a aplicarse.

11. Los minerales aplicados en las soluciones líquidas no redujeron el marchitamiento prematuro de los frutos (cherry wilt). Se observó una correlación entre el número de mazorcas maduras sanas cosechadas y el porcentaje de frutos con marchitamiento.-

## ABSTRACT

These studies were carried out in the Inter-American Institute of Agricultural Sciences, Turrialba, Costa Rica, and on the experimental farm of the Inter-American Cacao Center of the Institute, located in the Atlantic Zone near Madre de Dios, Costa Rica.

There were three principal problems dealing with the diagnosis of mineral deficiencies: 1) to determine nutrient deficiency symptoms of cacao plants; 2) to establish a diagnostic system which is easy to apply and applicable to any cacao area; 3) to test injection techniques as diagnostic methods on cacao trees.

### Symptoms of deficiency

Cacao plants resulting from asexual cuttings and seedlings were cultivated under greenhouse conditions in a medium consisting of quartz sand with additions of nutritive solutions (Hoagland). At the end of 10 months the more characteristic symptoms caused by the lack of the following elements were recorded: N, P, K, Mg, Ca, Fe, S, B, Zn, Cu, and Mn. Colored pictures were taken to show the most characteristic symptoms of each deficiency.

### Greenhouse tests

Cacao plants of clone 613 were grown in pots under

greenhouse condition to be used as indicator plants. Two experiments were carried out with two types of soil. Nutrient solutions were added every 45 days and the experiment included the following treatments: check (no nutrients), complete nutrient solution, and without N, P, K, Mg and Minor elements. The first experiment was with soil from "La Lola" farm. The duration of this experiment was 145 days, after which time the dry weight was determined. The results show that there is deficiency of mineral elements in available form and that phosphorus is the main limiting one. Nitrogen was found to be less of a limiting factor than the other elements in this soil.

The second experiment was with a poor soil from an area on the Institute grounds. In this experiment two harvestings were made, one at 145 days and the other at 186 days. Data were taken on dry weight, relative growth rate (R.G.R.) and net assimilation rate (N.A.R.). These data agree with the dry weights obtained and indicate a deficiency of nutrient elements, nitrogen being the main limiting factor.

The method of using a greenhouse and the cacao plant as an indicator, was found to be very practical and satisfactory. It is possible to determine with this

type of experiment within a short time the nutrients necessary for the growth of cacao.

The responses to these applications became evident only between the sixth and ninth month during which period there was an increase in yield from the copper and nail treatments.

### Liquid Injections

In this experiment, also carried out at "La Lola", two applications containing the following nutrients were made of liquid injections into the trunk: Urea 1%,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0.2%, and  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.5%. The first application was made at the beginning of the experiment and the other was made two months later. Each injection consisted of 3 liters per tree. Five months thereafter, the number of healthy pods produced was recorded and it was found that there were no significant differences between the treatments. While this experiment was conducted, cherelle wilt occurred on the fruits, but no relation could be found between the percentage of wilted pods and the applied solutions. However, there was a significant positive correlation between the number of healthy pods and the percentage of pods affected with cherelle wilt.

LITERATURA CITADA

1. ALVIM, PAULO DE T. Curso de laboratorio de fisiología vegetal. Sin publicar. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1953. 44 p. (mimeografiado).
2. \_\_\_\_\_ Studies on the cause of cherelle wilt of cacao. Turrialba (In press).
3. \_\_\_\_\_, BOWMAN, G. F. & GARCIA, F. Physiological and ecological studies. Unpublished Annual Report, Plant Industry Department, 1952. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1953. pp. 26-27.
4. BINGHAM, FRANK T. Soil test for phosphate; new method of chemical analysis of soil for available phosphate is rapid and accurate. California Agriculture 3(8):11, 14. Aug. 1949.
5. BOLLEY, HENRY A. Tree feeding and tree medication. In North Dakota, Agricultural Experiment Station. Fourteenth annual report, 1904. pp. 55-58.
6. CAPO, BERNARDO G. A modification of Mitscherlich's method for the determination of the nutrient contents of a soil. Puerto Ric. University. Journal of Agriculture 22(2):137-169. 1938.
7. CIFERRI, RAFAEL & CIFERRI, FIORELA. Reconocimiento de la explotación cacaotera de los valles de riego del sector central (Estado Aragua). Caracas, Venezuela, Dirección de Agricultura, Sección de Cacao, 1949. 153 p. (mimeografiado).
8. COLLISON, R. C., HARLAN, J. D. & SWEENEY, M. P. Direct tree injection in the study of tree nutrition problems. New York (Geneva) Agricultural Experiment Station Technical Bulletin No. 192. 1932. 36 p.
9. COPE, F. W. Some factors controlling the yield of young cacao. III. Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad) Annual report on cacao research 9:6-12 (1939). 1940.
10. EVANS, H. Some problems in the physiology of cacao.

Agricultural Society of Trinidad and Tobago,  
Journal 51(3):277, 279-281, 283-285, 287-289,  
291-292. Sept. 1951.

11. EVANS, H. & FENNAH, R. G. Investigations on the mineral nutrition of cacao. In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1945-1951. St. Augustine, Trinidad, 1953. pp. 38-52.
12. \_\_\_\_\_ & MURRAY, D. B. A colour-illustrated guide to the diagnosis of mineral deficiencies in cacao. In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1945-1951. St. Augustine, Trinidad, 1953. pp. 65-66.
13. FERNANDEZ F., TOMAS. Ensayo agrobiológico y aplicación de la ley de Mitscherlich en el abonamiento de la caña de azúcar. *Agronomía (Perú)* 17(69): 5-15. Mayo-Junio 1952.
14. GOODALL, D. W. Growth analysis of cacao seedlings. *Annals of Botany (n.s.)* 14(54):291-306. April 1950.
15. \_\_\_\_\_ & GREGORY, F. G. Chemical composition of plants as an index of their nutritional status. Great Britain Imperial Bureau of Horticulture and Plantation Crops Technical Communication no. 17. 1947. 167 p.
16. GREENWOOD, M. & DJOKOTO, R.K. Symptoms of mineral deficiency in cacao. *Journal of Horticultural Science* 27(4):223-236. Oct. 1952.
17. \_\_\_\_\_ & HAYFRON, F. J. Iron and zinc deficiencies in cacao in the Gold Coast. *Empire Journal of Experimental Agriculture* 19(74):73-86. April 1951.
18. \_\_\_\_\_ & POSNETTE, A. F. A morphological change induced in leaves of *Theobroma cacao* by mineral deficiency. *Nature (London)* 159(4042):542-544. April 19, 1947.
19. HARDY, F. Marginal leaf-scorch of cacao; its relationship to soil potash deficiency (with a note on the ecology of cacao thrips). Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad) Annual report on cacao research 6:13-24 (1936) 1937.

20. HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Circular 347, rev. 1950. 32 p.
21. HUMPHRIES, E. C. Progress report on "Studies in the physiology of Theobroma cacao, with special reference to cherville wilt". Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad) Annual report on cacao research 10:12-22 (1940). 1941.
22. JARAMILLO A., RODRIGO. La urea y el marchitamiento de frutos jóvenes; nota preliminar. Cacao en Colombia 1:101-106. 1952.
23. JENNY, H., VLAMIS, J. & MARTIN, W. E. Greenhouse assay of fertility of California soils. Hilgardia 20(1):1-8. 1950.
24. McDONALD, J. A. A sensitive pot test for phosphate deficiency in soils. Tropical Agriculture (Trinidad) 10(4):108-111. April 1933.
25. \_\_\_\_\_ Some effects of deficiencies of essential nutrient elements on the growth of young cacao plants. Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad) Annual report on cacao research. 4:83-85 (1934). 1935.
26. MASKELL, E. J., EVANS, H. & MURRAY, D. B. The symptoms of nutritional deficiencies in cacao produced in sand and water cultures. In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1945-1951. St. Augustine, Trinidad, 1953. pp. 53-64.
27. MORGAN, M. F. Tobacco as an indicator plant in studying nutritional deficiencies of soils under greenhouse conditions. American Society of Agronomy. Journal 21(2):130-136. Feb. 1929.
28. MURRAY, D. B. A note on the growth analysis of cacao. In Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1945-1951. St. Augustine, Trinidad, 1953. pp. 77-78.
29. PARRA H., JAIME. Las chapolas de café en el estudio de los suelos. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. Boletín Informativo 4(42):15-26. Junio 1953.



30. PARRA H., JAIME. Controles biológicos en suelos de la serie 60; informe de progreso del proyecto experimental no. QA-10. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. Boletín Informativo 4(47):24-28. Nov. 1953.
31. \_\_\_\_\_ Fertilidad en la serie de suelos Chinchiná. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. Boletín Informativo 3(27):30-38. Mar. 1952.
32. POUND, F. J. & VERTEUIL, J. DE. Studies of fruitfulness in cacao. IV. An experiment designed to test the gross effects of applications of nitrogen, potassium and phosphorus on the cacao tree. Imperial College of Tropical Agriculture (Trinidad) Annual report on cacao research 3:28-32 (1933). 1934.
33. ROACH, W. A. Plant injection for diagnostic and curative purposes. Great Britain Imperial Bureau of Horticulture and Plantation Crops. Technical Communication no. 10. 1938. 78 p.
34. SCHUSTER, C. E. & STEPHENSON, R. E. Sunflower as an indicator plant of boron deficiency in soils. American Society of Agronomy. Journal 32(8): 607-621. Aug. 1940.
35. VANDECAVEYE, B. C. Biological methods of determining nutrients in soil. In Bear, F. E. et al. Diagnostic techniques for soils and crops; their value and use in estimating the fertility status of soils and nutritional requirements of crops. Washington, D. C., American Potash Institute, 1948. pp. 199-230.
36. VILLAFUERTE, JOSE I., Turrialba, Costa Rica. Información sobre ensayos de invernadero. Comunicación personal. 1953.
37. WALLACE, T. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms; a colour atlas and guide. 2d ed. New York, Chemical Publishing Co., 1953. 107 p.
38. WEST AFRICAN CACAO RESEARCH INSTITUTE. Annual report, April 1948-March 1949. Tafo, Gold Coast, 1950. pp. 37-42.