



Boletim Técnico n: 43

*RESPUESTA DEL CACAOTERO
AL ABONAMIENTO EN EL SUR DE BAHIA, BRASIL*

*Percy Cabala Rosand
Charles J.L. de Santana
Emo Ruy de Miranda*

Boletim Técnico nº 43

*RESPUESTA DEL CACAOTERO
AL ABONAMIENTO EN EL SUR DE BAHIA, BRASIL*

*Percy Cabala Rosand
Charles J.L. de Santana
Emo Ruy de Miranda*

Centro de Pesquisas do Cacau

Junho de 1976

COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA – CEPLAC

CONSELHO DELIBERATIVO

Presidente

Alysson Paulinelli – Ministro da Agricultura

Vice-Presidente

Benedito Fonseca Moreira – Diretor da CACEX

Ministério da Indústria e Comércio

Carlos Pereira Filho

Governo do Estado da Bahia

José Guilherme Motta

Governo do Estado do Espírito Santo

Emir Macedo Gomes

Banco Central do Brasil

Antonio Luiz Marchesini Torres

Produtores de Cacau

Onaldo Xavier de Oliveira

SECRETARIA GERAL

José Haroldo Castro Vieira – Secretário Geral

DIRETORIA REGIONAL

Diretor Científico

Paulo de T. Alvim

Diretor Administrativo

Roberto Midlej

Diretor do Centro de Pesquisas do Cacau

Fernando Vello

Diretor do Departamento de Extensão

Manoel Malheiros Tourinho

Diretor da Escola Média de Agricultura da Região Cacaueira

Altenides Caldeira Moreau

Editor

Jorge Octavio Alves Moreno

Publicação do CEPEC-CEPLAC

Caixa Postal 7, Itabuna, Bahia, Brasil

Junho de 1976.

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 5 |
| INTERACCIÓN SOMBRA ABONAMIENTO | 7 |
| RESPUESTAS A DOSIS DE FERTILIZANTES | 10 |
| CALIBRACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS | 13 |
| PROGRAMA DE ABONAMIENTO Y REDUCCIÓN DE SOMBRA | 16 |
| CONCLUSIONES | 19 |
| LITERATURA CITADA | 20 |
| RESUMEN | 23 |
| SUMMARY | 24 |

RESPUESTAS DEL CACAOTERO AL ABONAMIENTO EN EL SUR DE BAHIA, BRASIL

*Percy Cabala Rosand**
*Charles J. L. de Santana**
*Emo Ruy de Miranda**

El uso de abonos en el cultivo del cacaotero constituye un área de investigación bastante explorada (8) y muestra una evolución desde los primeros trabajos en los que no se tomó en cuenta la influencia del sombreamiento, hasta las investigaciones llevadas a cabo en Trinidad (28, 29, 31, 32) y que incluyeron además de los fertilizantes, variaciones en las intensidades luminosas, distanciamiento y material botánico.

En Ghana, las investigaciones relacionadas con la interacción Sombra x Abonamiento, solamente tuvieron lugar cuando se llevó a cabo el combate a los insectos y enfermedades (20), siendo relatado el efecto benéfico de la cobertura muerta, corroborando los resultados anteriormente presentados por Hardy (26). Sin embargo, más sorprendentes fueron los aumentos de producción obtenidos en cacaoteros amelonados, cuando se aplicaron abonos en ausencia de sombra que ultrapasaron considerablemente los niveles de productividad señalados anteriormente para el cultivo (21).

Posteriormente fueron presentados nuevos resultados de este experimento que, durante un período de 11 años muestran aumentos que varían de 45% a 145% para abonamiento acompañado de la eliminación de sombra (3). Ultimamente se presentaron los datos correspondientes a 13 y 17 años (4, 6) que muestran reducciones considerables en la producción de las parcelas sin sombreamiento, aunque en forma menos drásticas, cuando se aplicaron abonos. Fué anotado también que en las parcelas sombreadas, los cacaoteros estaban más vigorosos y con mayor cantidad de hojas en las copas que en las parcelas sin sombra.

Con base en estos resultados, Asomaning (8) y Ahenkorah y colaboradores (6), señalan que en cacaoteros amelonados los altos rendimientos producidos por la eliminación de la sombra, se correlaci-

* Eng. Agrº, M.S., Setor de Fertilidade da Divisão de Geociências do CEPEC.

onan inversamente con la longevidad de la planta, pudiendo, sin embargo, ser retardado el envejecimiento y degeneración del cacaotero, mediante el uso de abonos. El declinio de la producción que se observa después de 10 años de cosecha sería resultante de la falta de nutrientes, especialmente fósforo, en cuanto que la reducción de la fracción orgánica señalaría la depauperación del suelo (6).

En nuevo experimento de abonamiento con cacaoteros amazónicos cultivados bajo tres niveles de sombra, se volvieron a encontrar efectos positivos para las mayores intensidades luminosas y para la aplicación de potasio, solo, o junto con fósforo (2). Como consecuencia de los resultados de diferentes experimentos de abonamiento realizados en Ghana, se afirma que, bajo sombra, el cacaotero responde al fósforo y a las combinaciones de este elemento con calcio y magnesio, al paso que el potasio y el magnesio aplicados independientemente, afectaron muy poco la producción, o dieran lugar a rendimientos inferiores (5).

Las principales investigaciones realizadas en Nigeria fueron relatadas por Egbe e Omotoso (23), destacándose un experimento factorial con cacaoteros amelonados, en el que fueron obtenidas mayores producciones en las parcelas sin sombra, corroborándose así las investigaciones llevadas a cabo en Trinidad y Ghana. También fué señalado el efecto residual de la cobertura muerta, principalmente cuando se aplicaron conjuntamente NP e NPKMg.

En el Sur da Bahía, Brasil, las investigaciones de fertilidad del suelo y abonamiento del cacaotero comenzaron en 1963, através del levantamiento nutricional de los suelos por métodos biológicos y químicos, cuyos resultados señalaron una deficiencia generalizada de fósforo en los suelos de esa región (7, 9). Un año después se comenzó a medir en cacaotales de fincas particulares las influencias del abonamiento con y sin remoción de sombra, confirmándose también en este experimento, las grandes respuestas a la fertilización cuando es realizada en ausencia de sombra, aunque las plantas bajo plena exposición luminosa presentaron menor cantidad de hojas y ramas terminales secas (12, 13).

Está comprobado por lo tanto que, aunque se consigan rendimientos más elevados cultivándose el cacaotero bajo altas intensidades luminosas, es aún aventurado realizar la remoción completa de la sombra, la cual además de funcionar como un amortiguador contra los efectos nocivos del viento y la exposición directa, protege el suelo contra un mayor empobrecimiento y lavado (25).

Actualmente hay un creciente interés en usar abonos en ciertas regiones productoras de cacao pero como está comprobado en varias investigaciones, sería contraindicado desde el punto de vista económico aplicar esos insumos en cacaotales sombreados (9, 12, 13),

siendo necesario aumentar la intensidad luminosa para obtener mayor rentabilidad con la práctica del abonamiento.

En estas circunstancias surge también la interrogación sobre el criterio que se usaría para indicar fertilizantes, ya que recomendaciones de orden general corren el peligro de aplicar nutrientes innecesariamente. Aunque el análisis foliar como método de diagnóstico y para orientar el abonamiento está siendo investigado desde hace bastante, los progresos son considerados pequeños (33), notándose recientemente un mayor interés en asociar esa técnica con el análisis de suelos (35) produciendo así un perfeccionamiento de las recomendaciones de abonamiento.

El presente trabajo resume las investigaciones realizadas en el Sur de Bahía desde 1964, presentándose, además de los resultados globales obtenidos en el experimento de sombra y abonamiento, los datos de ensayos donde se evalúan las respuestas del cacaotero a dosis crecientes de fertilizantes, así como los trabajos de selección y calibración de análisis de suelos para fines de abonamiento. Son señalados también los resultados obtenidos en el programa de abonamiento y reducción de sombra, tanto al nivel de finca como sobre la producción global de los cacaotales de Bahía.

Interacción Sombra Abonamiento

A mediados de 1964 se escogieron 21 cacaotales de 30 a 40 años de edad, plantados en suelos: Alfisol, Ultisol, Inceptisol, Oxisol y dos Hidromórficos. Luego, se procedió a la eliminación de la sombra, usando métodos mecánicos y arboricidas.

Se adoptó el diseño experimental en bloques al azar con los tratamientos: (a) sin remoción de sombra y sin abonamiento; (b) sin remoción de sombra con abonamiento; (c) remoción de sombra sin abonamiento; y (d) remoción de sombra con abonamiento. En total fueron 21 repeticiones, con 50 cacaoteros por parcela. Inicialmente el tratamiento fertilizante, constó de la aplicación anual por hectárea de 105 kg de N, 146 kg de P_2O_5 , 64 kg de K_2O , 34 kg de MgO y 45,7 kg de CaO, siendo cambiada esa formulación a partir de 1971 para la aplicación de 60 kg de N, 45 kg de P_2O_5 y 90 kg de K_2O , por ser esa formulación la que venía siendo usada en plantaciones comerciales de Sur de Bahía.

El análisis estadístico de las producciones obtenidas en el período 1964 a 1966 señaló diferencias altamente significativas entre locales ($P < 0,01$) y efectos de igual magnitud para el abonamiento en ausencia de sombra. Las producciones de 10 años obedecieron a la siguiente secuencia decreciente: remoción de sombra con abonamiento (1.680 kg/ha) > remoción de sombra sin abonamiento (1.258 kg/ha) >

sin remoción de sombra con abonamiento (1.064 kg/ha) > sin remoción de sombra sin abonamiento (908 kg/ha), corroborando así los resultados presentados anteriormente por diversos investigadores (3, 4, 20, 24, 31, 32).

Los rendimientos del testigo fueron alrededor de 1.000 kg/ha, que corresponde a más del doble de la producción promedio (alrededor de 450 kg/ha) que se obtenía en el Sur de Bahía, indicando así clara respuesta a otras medidas culturales llevadas a cabo en todas las áreas experimentales. Fué constatada también una sensible disminución de la podredumbre negra de las mazorcas (Phytophthora palmivora Butl. Butl.) como consecuencia de la eliminación de la sombra.

A partir de 1967 se suspendió el abonamiento en ocho repeticiones con la finalidad de evaluar el efecto residual, prosiguiéndose la aplicación anual de fertilizantes en igual número de locales.

En el Cuadro 1 están contenidas las producciones obtenidas en estos locales desde 1964, observándose que, en ambos los casos las tendencias de respuestas son similares a las relatadas en la fase inicial del experimento. En promedio, los efectos de la remoción de la sombra y abonamiento fueron de 106% y 71% en los dos experimentos, en cuanto que la aplicación de fertilizantes bajo sombra provocó aumentos en promedio de 17% y 19%; también fueron substanciales los aumentos debidos a la retirada del sombreado, totalizando en promedio 45% y 32% en el primero y segundo ensayo, respectivamente. En el ensayo en donde se midió el efecto residual se verificó que el tratamiento que recibió abonamiento en ausencia de sombra en el período 1964 a 1966, fué superior estadísticamente en los años 1967 y 1968, al tratamiento sin sombra demostrándose un claro efecto residual; en 1969, no se diferenció de aquel en que se retiró la sombra y en 1970 fué superior apenas al testigo. Resultados similares fueron encontrados en Nigéria (36), en cuanto que en Costa Rica solamente fueron observados cambios químicos en el suelo a diferentes profundidades (22).

En ambos ensayos los cacaoteros sometidos a plena exposición luminosa, principalmente cuando no recibieron abonos, presentaron ramas terminales con pocas hojas a semejanza de lo informado en experimento realizado en África Occidental con cacaoteros amelonados (3, 4, 6, 8).

Durante el experimento murieron algunas árboles en las diferentes parcelas, pero el análisis estadístico no demostró influencia de tratamientos sobre la muerte de cacaoteros, lo que permite afirmar que la aplicación de fertilizantes y la caída de ramas resultante de la eliminación de árboles de sombra, no son responsable por tal anomalía.

Quadro 1 - Producciones de cacao en kg/ha obtenidas en las áreas con abonamiento anual continuo y en aquellas en donde se dejó de aplicar esos insumos durante 4 años.

| Tratamientos | Años Agrícolas | | | | | | | | | | Promedio |
|------------------------------------|----------------|------|------|---------|---------|---------|---------|------|------|------|----------|
| | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | |
| Sombra Sin Abonamiento | 746 | 979 | 768 | 822 | 614 | 887 | 766 | 851 | 635 | 855 | 792 |
| Sombra Con Abonamiento | 855 | 1248 | 1220 | 1037 | 707 | 1132 | 970 | 1208 | 790 | 1066 | 1023 |
| Sin Sombra Sin Abonamiento | 916 | 1209 | 1397 | 1435 | 800 | 1236 | 999 | 1290 | 953 | 1237 | 1147 |
| Sin Sombra Con Abonamiento | 954 | 1560 | 1654 | 1433 | 838 | 1771 | 1164 | 1897 | 957 | 1460 | 1369 |
| Sin Sombra Con Abonamiento | 1005 | 1508 | 1940 | 2015 | 1446 | 1771 | 1667 | 1689 | 1400 | 1739 | 1618 |
| Sin Sombra Con Abonamiento | 814 | 1737 | 2130 | 2069(1) | 1421(1) | 2106(1) | 1532(1) | 2112 | 1499 | 2010 | 1743 |
| <u>Efectos %</u> | | | | | | | | | | | |
| Retirada de sombra y Abonamiento | 38 | 50 | 116 | 118 | 67 | 78 | 89 | 76 | 52 | 88 | 77 |
| Retirada de Sombra | 2 | 26 | 57 | 58 | 48 | 50 | 41 | 30 | 70 | 47 | 43 |
| Abonamiento Con Sombra | 23 | 24 | 82 | 75 | 30 | 39 | 30 | 52 | 50 | 45 | 45 |
| Abonamiento Sin Sombra | 12 | 25 | 36 | 38 | 18 | 56 | 20 | 57 | 21 | 37 | 32 |
| Abonamiento Con Sombra | -3 | 3 | 17 | 12 | 41 | 12 | 15 | 13 | 45 | 8 | 17 |
| Abonamiento Sin Sombra | -6 | 10 | 11 | 26 | 36 | 24 | 12 | 35 | 12 | 28 | 19 |
| Abonamiento Con Retirada de Sombra | 10 | 25 | 39 | 40 | 81 | 43 | 67 | 31 | 47 | 41 | 42 |
| Abonamiento Sin Retirada de Sombra | -15 | 11 | 29 | 44 | 69 | 19 | 32 | 12 | 57 | 38 | 30 |
| Abonamiento Con Retirada de Sombra | 35 | 54 | 153 | 145 | 135 | 100 | 117 | 99 | 121 | 103 | 106 |
| Abonamiento Sin Retirada de Sombra | -5 | 39 | 75 | 100 | 101 | 86 | 58 | 75 | 90 | 89 | 71 |

En la Figura 1 están representadas por medio de gráfico poligonales desarrollados por Cabala, Alvim y Miranda (16) algunas características de los suelos recolectados de 0-20 cm en 1964 y en 1971. Obsérvense los aumentos en los contenidos de fósforo disponible y acidificación de los suelos que tuvo lugar en los tratamientos con abonamiento, una reducción en los contenidos cambiables de bases divalentes y de potasio disponible, aun en los tratamientos con abonamiento. Resultados similares fueron anteriormente encontrados en plantaciones de cacaoteros amazónicos de Ghana (1, 2).

Las respuestas al abonamiento en ausencia de sombra en una plantación localizada en latossolo (Oxisol) fueron sorprendentes. Sin embargo, esas respuestas fueron más notables en los primeros años, pues a partir de 1967, los rendimientos de los cacaoteros abonados en ausencia de sombra cayeron considerablemente, situándose en segundo lugar el abonamiento bajo sombra, encuaneto el testigo, a partir de 1969, se mostró superior al tratamiento remoción de sombra sin abonamiento. En investigaciones realizadas con este suelo fue constatado que además de tener bajo contenidos totales de fósforo así como de las diferentes fracciones inorgánicas (11), presenta también limitaciones de elementos menores (34) y baja retención de agua (15), cuando comparado con suelos adecuados al cultivo del cacaotero.

Respuestas a Dosis de Fertilizantes

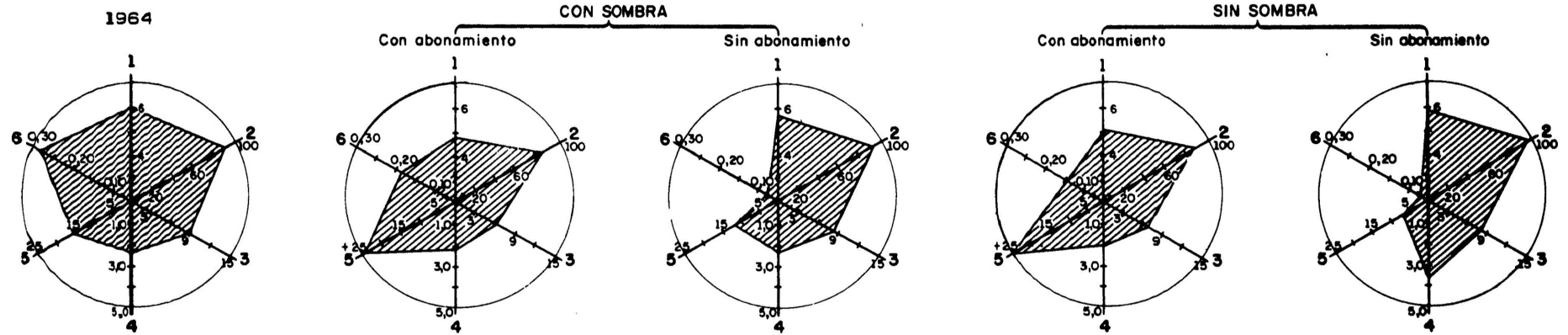
Con la finalidad de evaluar las respuestas del cacaotero a dosis crecientes de nitrógeno, fósforo y potasio, se comenzó en 1965, la preparación de ocho plantaciones del cultivar Catongo, con distanciamiento de 3 m, usándose el plátano como sombra provisional.

Durante la fase inicial de crecimiento, las plantas recibieron un abonamiento uniforme para acelerar su desarrollo, midiéndose anualmente los diámetros de las plantas a 30 cm de la superficie del suelo. Las producciones obtenidas en 1970 fueron considerada como prueba en blanco, señalando el análisis estadístico solamente diferencias entre locales.

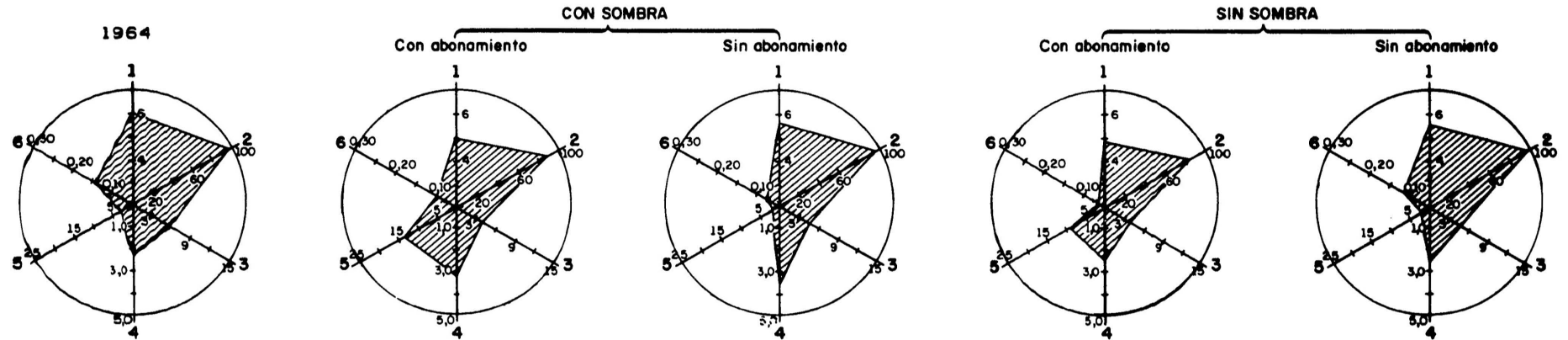
En 1971 se iniciaron los tratamientos con fertilizantes, utilizándose al diseño experimental de bloques al azar, con combinaciones que obedecían al arreglo Compuesto Central no Rotable, resultante de las combinaciones Factorial, Axial y Central. Dos replicaciones fueron instaladas por local, siendo el nitrógeno, fósforo y potasio aplicados en cinco dosis, con intervalos regulares de 30 kg/ha de N; 45 kg/ha de P_2O_5 y 30 kg/ha de K_2O .

El análisis estadístico de las producciones obtenidas en 1971, siendo pequeñas, mostraron diferencias entre locales como también para los tratamientos aplicados ($P < 0,05$). En 1972 y 1973 las producciones fueron superiores, señalando el análisis estadístico diferen-

FERTILIZACION ANUAL ININTERRUMPIDA



FERTILIZACION ANUAL INTERRUMPIDA EN EL PERÍODO 1967-1970.



1) pH Agua 1:2,5

2) 100 - Al %

3) Ca + Mg mEq / 100 g

4) Materia Orgánica %

5) P-disponible PPM

6) K-disponible mEq/100 g

Figura 1 - Algunos cambios químicos experimentados en las áreas con abonamiento anual continuo y en aquellas en donde no se usó esta práctica durante 4 años.

cias altamente significativas ($P < 0,01$) entre locales y también para tratamientos. Las producciones de 1974, inferiores a las del año anterior, mostraron los mismos efectos ($P < 0,01$) tanto para locales como para tratamientos.

Las tendencias de respuesta al nitrógeno en presencia de dosis constantes de fósforo y potasio; al fósforo en la presencia de nitrógeno y potasio, así como para este último en presencia de nitrógeno y fósforo, están representadas en la Figura 2. Obsérvese que durante los 4 años, las respuestas más notables son debidas a la aplica-

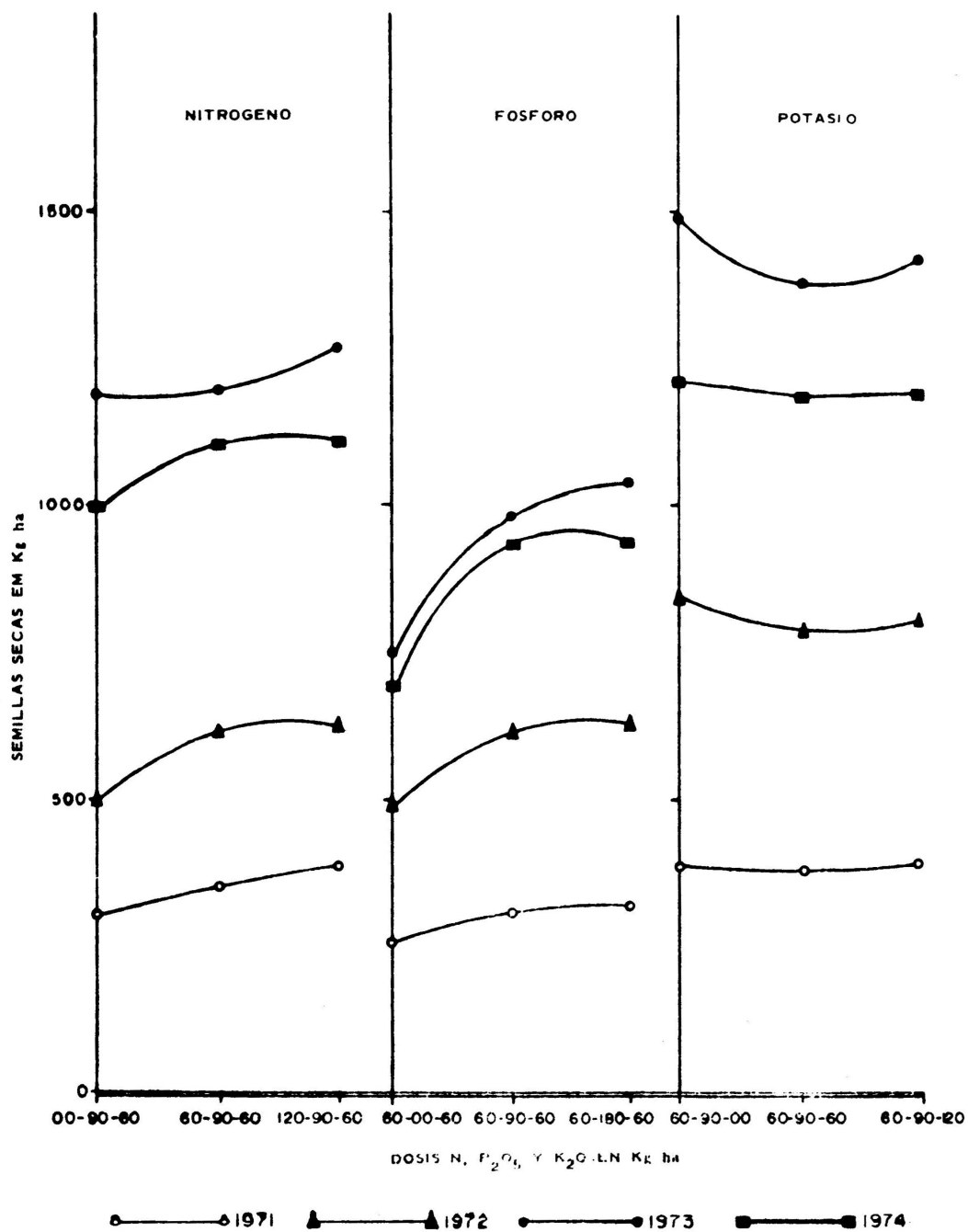


Figura 2 — Respuestas de cacaoteros Catongo a dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.

ción de fósforo, principalmente cuando se comparan las dosis de 0 y 90 kg/ha de P_2O_5 , pues la aplicación de 180 kg/ha de P_2O_5 aunque ocasiona aumentos físicos en relación a la dosis de 90 kg/ha, no debe justificar su empleo desde el punto de vista económico. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en Ghana (5), donde el mejor tratamiento fue aquel en que se aplicaron 80 lb/acre de P_2O_5 . No obstante, las producciones obtenidas no se diferenciaron mucho de la dosis de 40 lb/acre.

El segundo nutriente en importancia es el nitrógeno, con efectos más notables en los años de 1971 y 1972. También en este caso, el uso de la dosis de 60 kg/ha debe ser la más indicada desde el punto de vista de recomendación de abonos, cuando se compara con la dosis de 120 kg/ha. En fincas particulares de Ghana, la respuesta al nitrógeno ha sido negativa (5).

Con relación al potasio, aunque se hayan encontrado respuestas en dos áreas, en promedio, se constatan efectos depresivos sobre la producción, principalmente cuando se aplican 60 kg/ha de K_2O . En consecuencia de estos efectos, la superficie de respuesta evaluada, corresponde a aquella denominada en punto de silla y que ocurre con bastante frecuencia en experimentos de abonamiento*.

El análisis químico de muestras de suelos recolectados a 0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 cm y 3 años después de aplicarse los abonos, mostraron aumentos considerables en las cantidades disponibles de fósforo y potasio como consecuencia de la adición al boleado de 0, 90 y 180 kg/ha de P_2O_5 así como 0, 60 y 120 kg/ha de K_2O . Los aumentos fueron más notables hasta la profundidad de 15 cm, ocurriendo cambios pequeños en la faja 15-20 cm, principalmente con referencia al fósforo.

Calibración del Análisis de Suelos

En muestras representativas de suelos de Bahía fueron aplicados niveles crecientes de fósforo y potasio, adicionándose de modo complementar nitrógeno y elementos menores. Después, fueron cultivadas plántulas de cacaoteros Catongo cuyas producciones de biomasa y cantidades de fósforo y potasio absorbidas fueron consideradas como variables de respuesta (14, 35).

Los mismos suelos, después de la caracterización química, fueron usados para la evaluación del fósforo y potasio disponibles, por diferentes técnicas, cuyos resultados se correlacionaron con la

* Comunicación personal del Dr. Gilberto Paetz, en la Semana de Estudos sobre a Interpretação de Resultados de Adubação, EMBRAPA, Brasília, Marzo de 1974.

respuesta de las plántulas, pasándose en seguida a delimitar las fajas de disponibilidad para esos nutrientes. Fue igualmente realizada la determinación del fósforo total, orgánico y las formas inorgánicas presentes en los suelos investigados.

Se comprobó que los Alfisols tienen mayores contenidos de P-total, siguiéndose uno de los Vertisols, encunanto que los demás suelos presentaron valores inferiores a 1.000 ppm. Se nota también, que las fracciones inorgánicas siguen de manera general la siguiente secuencia decreciente: P-inorgánico inactivo > P-Fe > P-Ca > P-Al > P-NH₄Cl, lo que confirma los resultados anteriormente obtenidos en ocho perfiles de suelos de Bahía (10).

Los valores disponibles de fósforo por los métodos de Mehlich (Carolina del Norte) con y sin reposo, Truog, Olsen-modificado, Olsen, Egner-Riehm y Bray-1, muestran que las dos primeras técnicas son más enérgicas en la extracción de ese elemento, corroborándose los resultados encontrados en investigación anterior (14).

Tanto los contenidos relativos de fósforo como las producciones relativas de masa de las plántulas se correlacionaron en menor grado que cuando se tomó en cuenta los contenidos absolutos de fósforo y las producciones de masa obtenidas en el tratamiento en que se omitió ese nutriente. Estas variables mostraron también altas asociaciones ($r > 0,75$) con el fósforo disponible evaluado por los métodos de Egner-Riehm, Mehlich*, Truog y con las fracciones P-Ca y P-Al, no sucediendo lo mismo con los valores evaluados por los demás métodos y con la fracción P-Fe.

Al representarse graficamente los contenidos de fósforo disponible por el método de Mehlich con las producciones relativas de las plántulas de cacaoteros**, se delimitó el nivel crítico de 5 ppm utilizándose la técnica de Cate y Nelson (18), como se verifica en la Figura 3; la faja de disponibilidad media está situada entre 6 y 15 ppm, no siendo encontradas practicamente respuestas cuando los contenidos son superiores a 15 ppm. Para las condiciones de Nigeria (36) y utilizándose el método de Bray y Kurtz fue delimitado el nivel de 10 ppm para suelos deficientes y el valor de 12 ppm para suelos no deficientes. El método de Olsen, también dió buenas correlaciones, pero dejó de ser usado debido a la laboriosidad de la técnica.

En la misma Figura están representados los tenores de fósforo disponible de muestras de suelos 0-20 cm recolectadas en 1973 en los ensayos con cacaoteros Catongo referidos anteriormente y en las parcelas que recibieron 0; 90 y 180 kg/ha de P₂O₅, siendo considerada

* Carolina del Norte con reposo de una noche.

** Producción relativa = (masa en ausencia de P/masa del tratamiento completo) x 100.

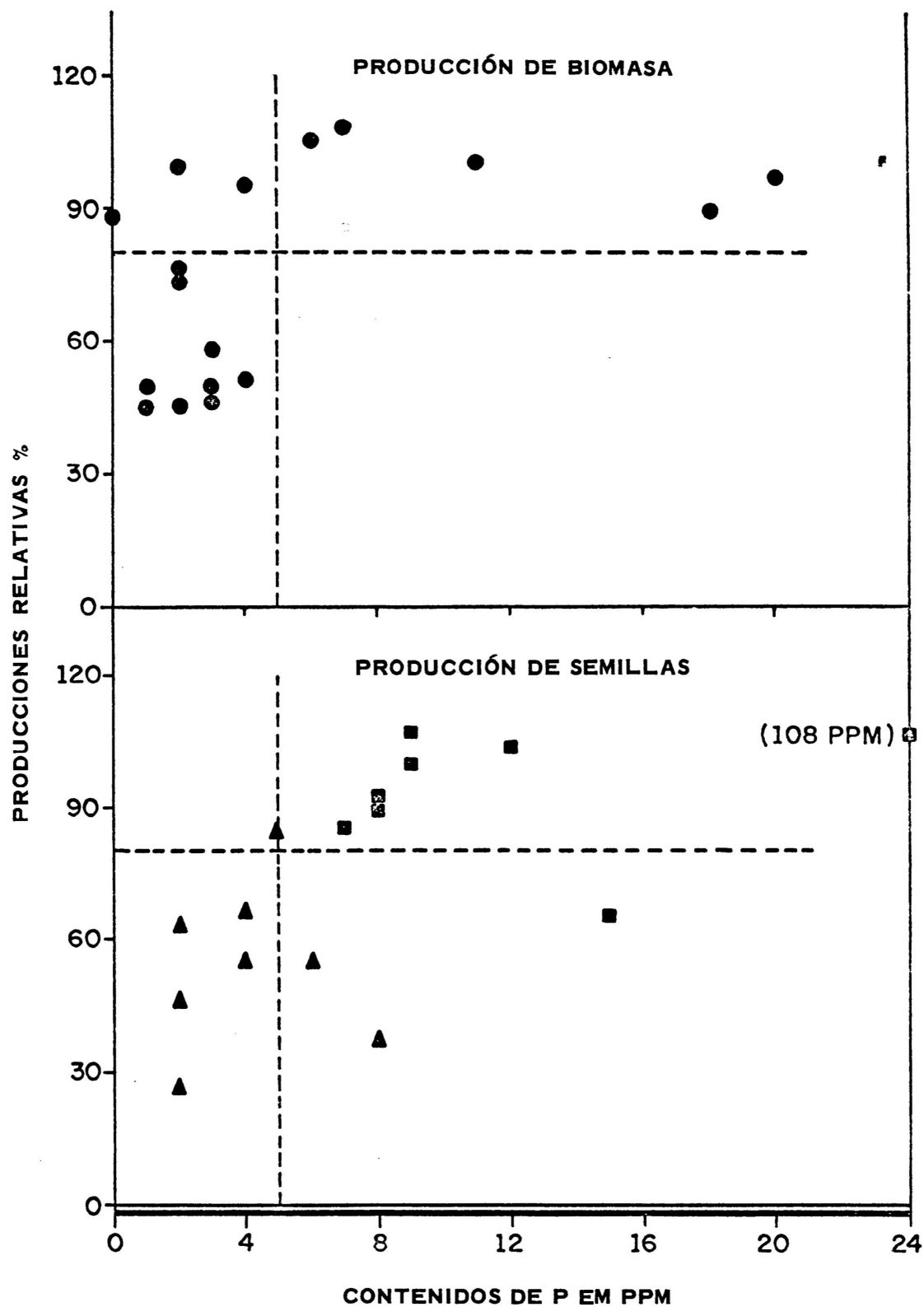


Figura 3 - Determinación del nivel crítico para el fósforo en función de los contenidos disponibles de este elemento, evaluados por el método de Mehlich y producciones del cacaotero en biomasa y semillas.

como segunda variable la producción relativa* de semillas de cacao obtenidas en el año de 1973. Obsérvese que hay una coincidencia bastante aceptable en la delimitación del nivel de 5 ppm, lo que permite utilizar esta técnica para fines de recomendación de abonos fosfatados.

En relación al potasio disponible, se constató que los métodos investigados presentaron una capacidad extractora que obedecía el siguiente orden decreciente: $\text{HNO}_3 \text{ N} > \text{Truog} > \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 0,1 N} > \text{NH}_4\text{OAc N pH 7} > \text{Mehlich}$. De manera general, fueron pequeñas o nulas las respuestas a este elemento cuando los suelos presentaban valores superiores a 0,12 mEq/100 g (35).

Al correlacionarse los valores de potasio disponible con las respuestas de las plántulas de cacaoteros, fueron obtenidos mejores coeficientes de correlación para el método $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 0,1 N}$; siendo determinado el nivel crítico de 0,12 mEq/100 g para los métodos de Mehlich, Truog y $\text{HNO}_3 \text{ N}$ y el de 0,13 mEq/100 g para los métodos de $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 0,1 N}$ y $\text{NH}_4\text{OAc N pH 7}$ (35). Estos niveles son inferiores a los propuestos por Hardy (27) para el cultivo del cacaotero y están bien próximos al nivel usado en el Brasil para gran número de cultivos (19).

Programa de Abonamiento y Reducción de Sombra

En 1966 fue iniciado el programa de abonamiento y reducción de sombra en cacaotales del Sur da Bahía y Norte de Espírito Santo, con miras al aumento de la producción brasileña de cacao a corto y mediano plazo.

Este programa se fundamentaba en los resultados preliminares obtenidos en las áreas experimentales del ensayo sombra y abonamiento antes citado. Las siguientes directrices fueron establecidas: (a) asociar el abonamiento con la reducción de la sombra; (b) aplicar fertilizantes con base en el análisis de suelos y en función de la retirada de nutrientes; (c) realización concomitante de otros tratamientos culturales y (d) no aplicar más de 10-20% del rendimiento bruto esperado por hectárea con la nueva tecnología.

El período 1966 a 1968 puede considerarse como de introducción de la práctica en haciendas cacaoteras, pues solamente se abonaron 3.500 ha. En 1969 se abonaron casi 23.000 ha; un promedio de 84.000 ha en el período 1970 a 1972 y en los dos últimos años corresponde abonar alrededor de 31% del área plantada con cacaoteros, o sean, 124.000 ha.

* Producción relativa = $(\text{producción NK} + 0 \text{ o } 90 \text{ kg P}_2\text{O}_5 / \text{producciones NK} + 180 \text{ kg P}_2\text{O}_5) \times 100$.

La reducción de la sombra permanente, aunque no acompañó al comienzo el crecimiento del área abonada, en el computo global se ejecutó en alrededor de 155.000 ha. Es interesante señalar que en el período 1966 a 1974 fueron analizadas em torno de 146.000 muestras de suelos para fines de recomendación de abonos. En esos 9 años se aplicaron alrededor de 15.000 toneladas de N, 39.000 toneladas de P_2O_5 , 25.000 toneladas de K_2O y 48.000 toneladas de enmienda calcarea.

Los resultados que se vienen obteniendo con la aplicación de la nueva tecnología al nivel de hacienda, son bastante expresivos, conforme lo demuestra el acompañamiento de la producción llevada a cabo por Menezes (30) en 80 fincas cacaoteras, en el año agrícola 1971/1972 y donde se constató que fincas que abonaron hasta 33% de sus cacaotales producían en promedio 540 kg/ha (36,2 arrobas/ha). Fincas que abonaron de 34 a 67% de sus plantaciones tuvieron rendimientos de 870 kg/ha (58,0 arrobas/ha) encunto que aquellas que abonaron de 68 a 100% de sus cacaotales, la productividad subió para casi 1.000 kg/ha (66,5 arrobas/ha).

Los reflejos de este programa sobre la producción brasileña de cacao son también expresivos, conforme lo demuestran las producciones de los últimos 6 años que culminaron con la mayor producción de cacao que se obtuvo en este país y que fue en el año de 1974.

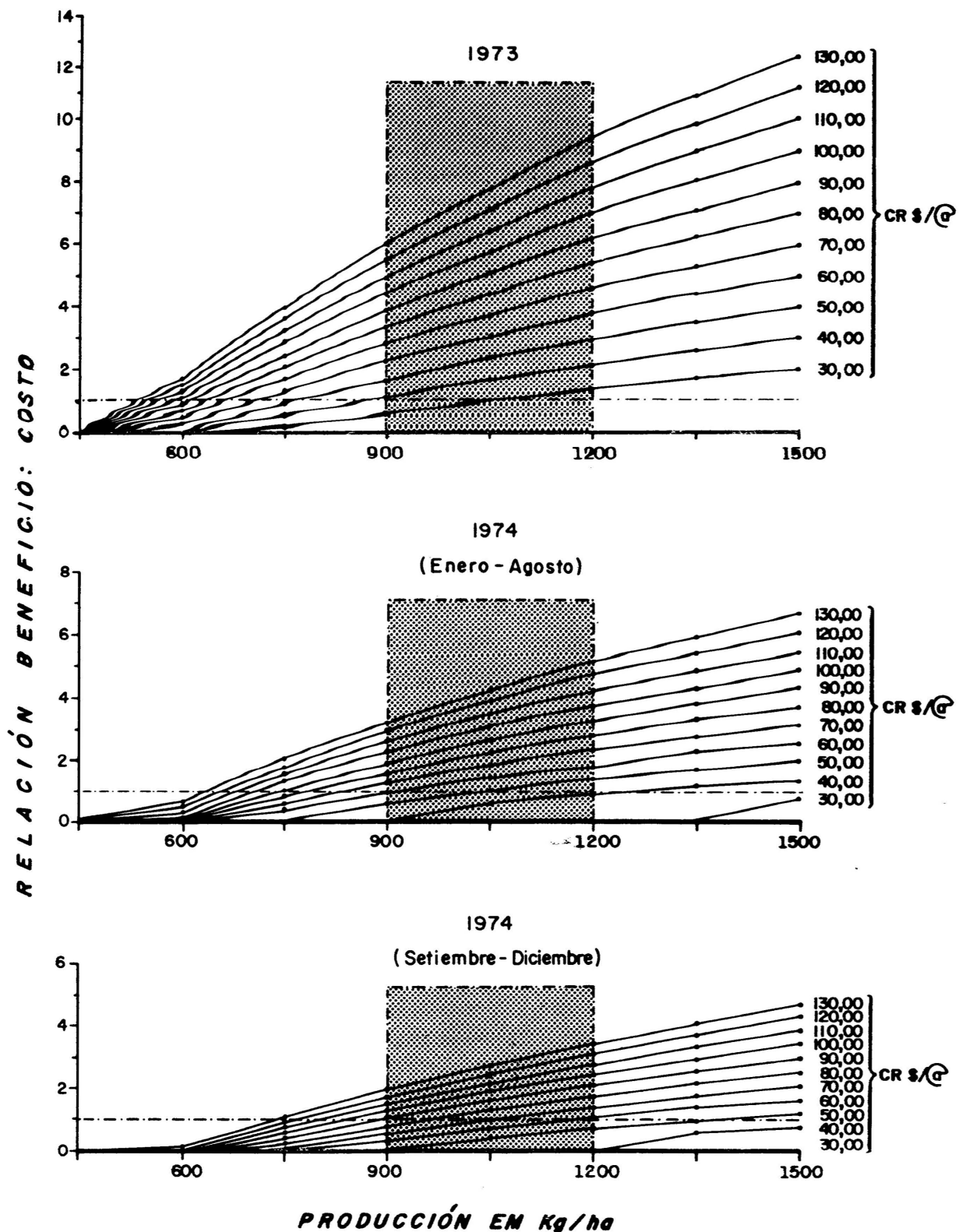
La fuerte elevación reciente en el precio de los fertilizantes, ha hecho con que sean estimados periódicamente los costos unitarios de cacao, con y sin abonamiento, habiéndose encontrado que para producciones de 900 kg/ha tiene lugar una reducción de 12,8% en el costo unitario y 31,6% para rendimientos de 1.200 kg/ha (17).

El cálculo de las relaciones Beneficio/Costo para rendimientos y precios crecientes de comercialización del producto permitieron también evaluar la rentabilidad de la nueva tecnología con referencia a los años de 1973* y 1974**. El segundo año fue dividido en dos períodos en los cuales se consideraron aumentos en relación a 1973 de 20% en mano de obra y elevación de fertilizantes de Cr\$ 39,00 para Cr\$ 80,00 y Cr\$ 135,00 por saco de 50 kg de mezcla.

En la Figura 4 están representadas las líneas de rentabilidad calculadas para los años antes citados, observándose que durante el año agrícola de 1973 con un precio de comercialización promedio de Cr\$ 77,40 por 15 kg de cacao (columna de la derecha) la relación Beneficio/Costo se situó alrededor de 3,2 para productividades de

* 1973 - Cr\$ 5,995 a 6,180 por US\$ 1,00

** 1974 - Cr\$ 6,300 a 7,395 por US\$ 1,00





 FAJA DE PRODUCTIVIDAD ESPERADA
  LIMITE MINIMO DE RENTABILIDAD

Figura 4 — Líneas de rentabilidad del abonamiento en los años de 1973 y 1974, en función de los precios de comercialización del producto y rendimientos esperados.

900 kg/ha de 5,2 para rendimientos de 1.200 kg/ha. En el período Enero a Agosto de 1974, con un precio promedio del producto de Cr\$ 110,00 por 15 kg de cacao y considerándose los aumentos señalados em mano de obra e insumos, la relación Beneficio/Costo bajó para 2,45 para rendimientos de 900 kg/ha y para 4,1 para producciones de 1.200 kg/ha. Aún, con la elevación del precio del producto para Cr\$ 130,00 por 15 kg en el período Setiembre a Diciembre de 1974, esa relación experimentó reducciones para los valores 2,00 y 2,60 para rendimientos de 900 y 1.200 kg/ha.

Es interesante señalar, sin embargo, que aún con las reducciones experimentadas en la relación Beneficio/Costo en el año de 1974, la nueva tecnología presenta rentabilidades superiores a las consideradas como mínimas en la agricultura moderna. Aumentos exagerados en el precio de los insumos o reducciones acentuadas en el precio del producto, pueden hacer conque se ultrapase el límite mínimo de rentabilidad establecido para el cultivo del cacaotero que corresponde a una relación Beneficio/Costo de 1, o sea 100% de rentabilidad.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las investigaciones relacionadas con las respuestas del cacaotero, a los fertilizantes en el Sur da Bahía, permiten concluir:

- Aunque se hayan obtenido durante 10 años elevadas producciones cuando realizado el abonamiento y remoción de sombra en cacaoteros de fincas particulares, el aspecto de las plantas a plena exposición luminosa, no permite recomendar la eliminación total de la sombra, hasta que se disponga de cultivares adaptados a fuertes intensidades luminosas e informaciones científicamente comprobadas para contornar la acción perjudicial del viento;
- El programa de abonamiento y reducción de sombra, asociados a las demás prácticas culturales constituye sin embargo, un medio eficaz para aumentar la productividad de los cacaotales de Bahía;
- El fósforo es el nutriente que más limita la producción del cacaotero en esta región y no es necesario aplicar anualmente más de 90 kg/ha de P_2O_5 para obtenerse adecuadas rentabilidades y aumentos en los contenidos disponibles de ese elemento;
- Las respuestas al nitrógeno son más sorprendentes en los primeros dos años del abonamiento, encunto que el potasio viene ocasionando efectos depresivos sobre la producción;
- Para fines de recomendación de abonos con base en el análisis químico de suelos, los valores disponibles de fósforo y potasio evalua-

dos por el método de Mehlich, constituyen indicadores adecuados, siendo los niveles críticos de 5 ppm y 0,12 mEq/100 ml, respectivamente.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a los ingenieros agrónomos Edison Pires do Prado, F. Ilton de O. Morais y Maria Bernadeth M. Santana por la valiosa colaboración prestada en la ejecución de este trabajo.

LITERATURA CITADA

1. ACQUAYE, D.K. et al. Potassium deficiency in unshaded amazon cocoa (Theobroma cacao L.) in Ghana. *Journal of Horticultural Science (Grã Bretanha)* 40 (2): 100-108. 1965.
2. AHENKORAH, Y. e AKROFI, G.S. Amazon caçao (Theobroma cacao L.) shade and manurial experiment (K₂-01) at the Cocoa Research Institute of Ghana. I. First five years. *Agronomy Journal (EE.UU)* 60 (6): 591-594. 1968.
3. _____. The status of amelonado shade manurial experiment (K₁) at Tafo. *In Conferencia Internacional de Pesquisas em Cacau, 2a., Salvador e Itabuna, Bahia, Brasil, 19 a 26 de novembro de 1967. Memórias. Itabuna, Centro de Pesquisas do Cacau, 1969. pp. 325-330.*
4. _____. Amelonado shade and fertilizer experiment K₁. *In Annual Report of the Cocoa Research Institute of Ghana. 1968/69. Accra, Cocoa Research Institute, 1970.*
5. _____. Recent results of fertilizer experiments on shaded cacao (Theobroma cacao L.) in Ghana. *In International Cocoa Research Conference, 3rd., Accra, Ghana, 23-29 Nov., 1969. Tafo, Ghana, Cocoa Research Institute, 1971. pp. 65-78.*
6. AHENKORAH, Y., AKROFI, G.S. e ADRI, A.R. The end of first cocoa shade and mañurial experiment at the Cocoa Research Institute of Ghana. *Journal Horticultural Science* 49: 43-51. 1974.
7. ALVIM, P. de T. e FONSECA, R. Estudio sobre fertilidad de los suelos de la región cacaotera de Bahía, por medio de priebas con microparcels. *Cacao (Costa Rica)* 11 (2): 4-5. 1966.
8. ASOMANING, E.J.A. Recent cocoa nutrition studies: with particular reference to the Ghana experience. *In International Cocoa Research Conference, 4th., Trinidad and Tobago, 1972. 15 p. (mimeo).*

9. CABALA-R., F.P. et al. Deficiências minerais e efeitos da adubação na região cacauceira da Bahia. In Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau, 2a., Salvador e Itabuna, Bahia, Novembro 19-26, 1967. Memórias. Itabuna, Centro de Pesquisas do Cacau.
10. _____. Influencia del encalado en las formas, fijación y disponibilidad de fósforo en suelos de la región cacaotlera de Bahía, Brasil. Tesis Mag. Sc., Turrialba, IICA. 1970. 97 p.
11. _____ e FASSBENDER, H.W. Formas del fósforo en suelos de la región cacaotera de Bahía, Brasil. Turrialba 20 (4): 439-444. 1970.
12. _____ MIRANDA, E.R. de e PRADO, E.P. do. Efeito da remoção de sombra e da aplicação de fertilizantes sobre a produção do cacauceiro da Bahia. Cacau (Costa Rica) 15 (2): 1-10. 1970.
13. _____ et al. Efeito da remoção de sombra e da aplicação de fertilizantes sobre a produção do cacauceiro na Bahia. Revista Theobroma(Brasil) 1 (4): 43-57. 1971.
14. _____ e SANTANA, M.B.M. Comparação de extratores químicos de fósforo em solos do Sul da Bahia. Turrialba 22 (1): 19-26. 1972.
15. _____ e CADIMA-Z., A. Aplicação de melhoradores físicos e químicos em oxisols. In Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 8a., Santa Maria, Rio Grande do Sul, Julho 16 a 23, 1973.
16. _____, ALVIM, P. de T. e MIRANDA, E.R. de. Representação da fertilidade do solo através de gráficos poligonais. In Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 9a., Belo Horizonte, MG, 15-18 Outubro, 1974. Comunicações da Equipe de Fertilidade do CEPEC, 1974. pp. 30-35.
17. _____, MIRANDA, E.R. de SANTANA, C.J.L. de. Rentabilidade da adubação no cultivo do cacauceiro. In Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, 9a., Belo Horizonte, MG, Outubro 15 a 18, 1974.
18. CATE, R. e NELSON, L.A. A rapid method for correlation of soil test analyses with plant response data. Raleigh North Carolina. North Carolina State University and International Soil Testing. Boletín Técnico no. 1. 1965. 13 p.
19. _____. Sugestões para adubação na base de análise de solo. Primeira Aproximação. Recife, Pernambuco, Brasil. North Carolina State University, International Soil Testing Project, 1966. 16 p.

20. CUNNINGHAM, R.K. e ARNOLD, P.W. The shade and fertilizer requirements of cacao (Theobroma cacao L.) in Ghana. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 13: 213-221. 1962.
21. CUNNINGHAM, R.K. Fertilizer experiments in the humid tropics. *Proceeding of Soil and Crop Science Society of Florida*. 1966. v.26.
22. DIAZ-ROMEU, R. e JIMENEZ SAENZ, E. Efecto residual de la aplicación de fertilizantes a suelos para cacao. *American Society for Horticultural Science. Caribbean Region. Proceedings* 14: 76-88. 1967.
23. EGBE, N.E. e OMOTOSO, T.I. Nutrition of cacao in Nigeria. *In Progress in tree crop research in Nigeria (Cacao, Kola and Coffee)*. Ibadan, Cocoa Research Institute of Nigeria, 1971. pp. 78-95.
24. EVANS, H. e MURRAY, D.B. A shade fertilizer experiment on young cacao. *Imperial College of Tropical Agriculture. Report on Cacao Research, 1945/1951*. 1953. pp. 67-76.
25. GEUS, J.G. de. Fertilizer guide for tropical and sub-tropical farming. Zurich, Centre d'Étude de l'Azote, 1967. 727 p.
26. HARDY, F. The chemical and ecological research on cacao. *Tropical Agriculture (Trinidad)*, 12 (7): 175-178. 1935.
27. _____. *Manual de cacao. Edición Española*. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 439 p.
28. MALIPHANT, G.K. Cultural and manurial experiments, River Estate a review. *In Interamerican Cacao Conference, 8th, Trinidad and Tobago, 15-25 June, 1960. Proceedings*, Trinidad, Government Press, 1960. pp. 319-329.
29. _____. Long term effects of fertilizer on cacao in relation to shade. *In Conference Internationale sur les Recherches Agronomiques Cacaoyeres, la., Abidjam, Nov. 15-20, 1965. Paris, Jouve, 1967*. pp. 102-108.
30. MENEZES, J.A. de S. Produtividade e taxa marginal de retorno de insumos modernos em fazendas de cacau, região caçueira da Bahia, ano agrícola 1971/1972. *Tese M.S. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1972*. 85 p.
31. MURRAY, D.B. A shade and fertilizer experiment with cacao. *Progress Report. Imperial College of Tropical Agriculture. A report on cacao research, 1952*. St. Augustine, Trinidad, 1953. pp. 11-21.
32. _____. Response of cacao to fertilizers. *Nature. (Grã Bretanha)* 182 (4649): 1613. 1958.

33. MURRAY, D.B. e MALIPHANT, G.K. Problems in the use of leaf and tissue analyses in cacao. In Conference Internationale sur les Recherches Agronomiques Cacaoyeres, la., Abidjam, 15-20 Novembre, 1965. Paris, Jouve, 1967. pp. 36-38.
34. SANTANA, C.J.L. de IGUE, K. Formas de micronutrientes em solos da região cacauera da Bahia. Turrialba (Costa Rica) 1 (22): 73-80. 1972.
35. _____ e SANTANA, M.B.M. Aferição de níveis de potássio em solos da região Sul da Bahia. Revista Theobroma 3 (4): 22-34. 1973.
36. WESSEL, M. Fertilizer requirements of cacao (Theobroma cacao L.) in South-Western Nigeria. Koninklijk Institute voor del Tropen. 1971. 104 p.

RESUMEN

En cacaoteros adultos con y sin sombra se midieron la influencia del abonamiento y el efecto residual de los fertilizantes sobre la producción, así como algunas características edáficas.

Las producciones de 10 años, obedecen al siguiente orden: Remoción de Sombra Con Abonamiento (1.680 kg/ha) > Remoción de Sombra Sin Abonamiento (1.258 kg/ha) > Sin Remoción de Sombra Con Abonamiento (1.064 kg/ha) > Sin Remoción de Sombra Sin Abonamiento (908 kg/ha). Cacaoteros abonados en ausencia de sombra presentan rendimientos casi 3 veces mayores que el promedio de Bahía, produciendo el testigo prácticamente el doble, como resultado de la influencia positiva de otras prácticas culturales. Los cacaoteros sin sombra, principalmente cuando no son abonados, presentaron copas con ramas terminales secas y con menos hojas que los sombreados.

Los análisis químicos de suelos colectados antes de la aplicación de los tratamientos (1964) y decorridos 8 años (1971), muestran una reducción en los valores de pH, principalmente en los tratamientos con abonamiento, que presentaron, sin embargo, mayores contenidos de fósforo disponible. Los contenidos cambiables de calcio + magnesio y de potasio disponible muestran reducciones acentuadas.

En ocho cacaotales Catongo se están evaluando las respuestas a cinco dosis de nitrógeno, fósforo y potasio. Se utiliza el Diseño Experimental en Bloques al Azar y tratamientos que obedecen al Compuesto Central no Rotable. Los rendimientos de 1970 muestran solamente diferencias entre locales ($P < 0,01$). En 1971 cuando comenzaron a aplicarse los tratamientos, las producciones fueron pequeñas; sin embargo, el análisis estadístico además de mostrar diferencias entre locales, muestra también efectos significativos para

tratamientos ($P < 0,05$). En 1972, 1973 y 1974 las producciones fueron superiores, indicando aumentos altamente significativos ($P < 0,01$) para tratamientos y locales. Se obtuvieron producciones menores cuando no se aplicó fósforo o se usaron dosis pequeñas. Los efectos positivos para el nitrógeno fueron más notables en 1971 y 1972, lo que no sucedió para el potasio en ninguno de los 4 años.

Se hace referencia a los trabajos de selección y calibración del análisis de suelos para fines de abonamiento. Se presenta la evolución del programa de abonamiento y reducción de sombra y su influencia sobre la producción global de cacao, sobre los rendimientos obtenidos en 80 fincas y sobre la rentabilidad de la práctica.

RESPONSE OF CACAO TO FERTILIZERS IN SOUTHERN BAHIAN SOILS

SUMMARY

The influence of fertilizers on the yield of shaded and unshaded cocoa trees in several commercial areas of Bahia was determined. Yield calculated as the dry weight of cocoa beans was determined over a period of 10 years. The following results were obtained: Unshaded with Fertilizers (1,680 kg/ha) > Unshaded with no Fertilizers (1,258 kg/ha) > Shaded with Fertilizers (1,064 kg/ha) > Shaded with no Fertilizers (908 kg/ha). Non-fertilized unshaded cocoa trees in particular present a less dense canopy with several dry skeletonized branch tips. Chemical analyses of soil from the experimental areas were also made.

Five levels of nitrogen, phosphorus and potassium in various combinations were tested using Catongo variety grown in different soil conditions. Results covering a period of 1971-1974 showed a highly significant increase in production related mainly to applied phosphorus. The beneficial effects of nitrogen could be detected only in 1971 and 1972. No effect could be detected for potassium in any year.

The paper also includes a discussion on the evolution of the fertilizer programme over the last 9 years and its influence on production and net profits.



