

revista
THEOBROMA



V. 6 - JANEIRO - MARÇO - 1976 N. 1

Ilhéus - Brasil

REVISTA THEOBROMA

Comissão Editorial

Paulo de Tarso Alvim
Luiz Carlos Cruz
José Correia de Sales
Fernando Vello

Assessores Científicos que participaram da revisão dos trabalhos contidos no presente número:

João Manoel Abreu
James Rudolph LaFleur
Charles José Leondy de Santana
Luiz Ferreira da Silva
Pedrito Silva

Ministério da Agricultura
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC)
Centro de Pesquisas do Cacau
Km 22 da Rodovia Ilhéus/Itabuna
Ilhéus, Bahia, Brasil

Rev. Theobroma	Ilhéus (Bahia)	v. 6	nº1	p. 1 – 39	1976
----------------	----------------	------	-----	-----------	------

**REVISTA THEOBROMA, Ilhéus, Bahia, Brasil, Comissão Executiva
do Plano da Lavoura Cacaueira, 1971 - Trimestral**

1971 :

Distribuição por permuta

Endereço para correspondência

Address for correspondence

CEPLAC

Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC)

Caixa Postal 7

45 600 - Itabuna, Bahia, Brasil

Revista Theobroma, v. 6 nº 1 1976
Ilhéus, Comissão Executiva do Plano
da Lavoura Cacaueira, 1971 -
v. 22,5 cm

1. Cacau - Periódicos. I. Comissão Executiva
do Plano da Lavoura Cacaueira, ed.



CDD 630.7406

CONTEÚDO

1. Tabelas etárias dos polinizadores do cacaueiro *Forcipomyia* spp. (Diptera, ceratopogonidae) em condições de laboratório
S. de J. Soria

Life tables of cacao pollinators Forcipomyia spp. (Diptera, ceratopogonidae) in laboratory conditions (Abstract) p. 5

5
2. Some chemical and mineralogical properties of cocoa soils in Brazil. F.I. de O. Moraes e A.L. Page

Características químicas e mineralógicas de alguns solos de cacau do Brasil. (Resumo) p. 30

15
3. Disponibilidad de suelos para cacao en la Amazonia Brasileña. L.F. da Silva, F.M. Álvares-Afonso e A.C.P. Dias.

Suitable soils for cocoa in the Amazon Region of Brazil. (Abstract) p. 31

31

Rev. Theobroma	Ilhéus (Bahia)	v. 6	nº 1	p. 1 – 39	1976
----------------	----------------	------	------	-----------	------

TABELAS ETÁRIAS DOS POLINIZADORES DO CACAUEIRO
Forcipomyia spp. (DIPTERA, CERATOPOGONIDAE)
EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

Saulo de J. Soria *

ABSTRACT

Life Tables of Cacao Pollinators *Forcipomyia* spp.
(Diptera, Ceratopogonidae) in Laboratory Conditions

The life table technique was used for evaluating survival of *Forcipomyia* spp. in laboratory conditions. "Hernandez' midge-rearing method" is briefly described. Results indicated that life tables technique is useful for evaluating survival of the insects in the laboratory. Mortalities above 95% were observed in the adult stage. Eggs, with the only exception of the ones of *F. (Microbelea) fuliginosa* Meigen, suffered mortalities which varied between 50 and 86%. The egg mortality for *fuliginosa* was 100%. It was consequently concluded that the rearing method should be improved for those egg and adult stages, to allow efficient mass rearing in the laboratory.

INTRODUÇÃO

A tabela etária é um método para calcular o tempo de vida previsto para uma população de insetos na idade em que se encontra. É, assim, um método para registrar ordenadamente dados aplicáveis na distribuição etária da mortalidade.

A importância deste método se baseia na vantagem de se conhecer a probabilidade do inseto per-

manecer vivo e ativo no campo com o conseqüente benefício da sua interferência na polinização e os fenômenos subseqüentes de fertilização e frutificação do cacaueiro. A pesquisa de tabelas etárias constitui um dos objetivos da entomologia econômica do cacaueiro, devido ao interesse que existe em se prognosticar e manipular surtos de insetos nocivos e/ou benéficos.

Os objetivos do presente trabalho foram determinar a eficiência

Recebido para publicação em 24 de setembro de 1975.

* Divisão de Fitoparasitologia, CEPEC.

da técnica das tabelas etárias na avaliação da sobrevivência de *Forcipomyia* no laboratório e determinar as probabilidades de sobrevivência para cada um dos seus estágios, considerando-se como unidade probabilística (1,00) a geração ovo-ovo do inseto.

Os insetos considerados nesta investigação foram as mosquinhas *Forcipomyia* (*Euforcipomyia*) *spatulifera* Saunders, *F.(E.) blantoni* Soria e Bystrak, *F.(Forcipomyia) genualis* (Loew), *F.(F.) poulaineae* Ingram & Macfie, sp. 1 subg. vic. *Lepidobealea*, *F.(Microbealea) fuliginosa*, todas do gênero *Forcipomyia* Meigen.

REVISÃO DE LITERATURA

A população natural de uma espécie de inseto (1) é o resultado da diferença entre a taxa de natalidade e a taxa de mortalidade, podendo abranger indivíduos de diferentes idades. A população natural varia de tal modo que, às vezes, os indivíduos podem ser relativamente escassos ou excessivamente abundantes. Esta variação é consequência da ação de fatores ambientais físicos e bióticos, que tendem a favorecer ou prejudicar o incremento numérico. Medir as potencialidades para o crescimento ou o declínio da população em condições ambientais diferentes é importante, tendo em vista que as populações raramente permanecem constantes.

O método clássico para calcular tabelas etárias (2) foi originalmen-

te desenvolvido pelos agentes de seguro, que precisavam conhecer a expectativa de vida de pessoas. Assim sendo, essa tabela diz a probabilidade que tem o indivíduo de, após o nascimento, alcançar uma idade x qualquer, que é designada como l_x . Ao nascer, ela é designada l_0 .

As tabelas etárias têm sido pouco utilizadas no diagnóstico das enzootias e epizootias de insetos tropicais (2). Por isso, é difícil encontrar registros bibliográficos sobre tabelas etárias de *Forcipomyia*. Elas devem ser elaboradas se se pretende manipular suas populações em condições naturais e de laboratório.

A elaboração das tabelas etárias e a comparação com um período de alguns anos, permitirá revelar a influência dos fatores físicos e bióticos sobre os níveis da densidade das populações em condições naturais e de laboratório.

A experiência adquirida por vários investigadores (2, 3, 5, 7) serviu de base na elaboração de uma tabela etária preliminar para *Forcipomyia*. Harcourt (3) menciona que tabelas etárias foram satisfatoriamente elaboradas para aproximadamente 22 espécies de insetos das regiões Neártica e Paleártica.

A unidade de medida na quantificação das tabelas etárias não foi uniforme no passado. Deevey (2) comparou as tabelas etárias

de diferentes espécies de insetos usando uma escala arbitrária de tempo, baseada na expectativa média de vida, em lugar de usar tempo absoluto. Populações laboratoriais de *Drosophila* demonstraram uma curva de desenvolvimento convexa, indicando mortalidade muito baixa antes de atingir idade avançada ocorrendo em seguida a morte da maioria da população em tempo curto. Seguindo um critério similar, porém não idêntico, Morris e Miller (5), elaboraram uma tabela etária ecológica para a "lagarta do fresno" (*Choristoneura fumiferana*), importante praga florestal na Região Neártica. Este é um bom exemplo de método e foi aproveitado, nas suas linhas gerais, para a elaboração da tabela de *Forcipomyia*, com ligeiras modificações.

MATERIAIS E MÉTODOS

Criação do inseto

O método de criação do inseto usado foi adaptado de Saunders (6) e Hernandez (4), em que as descendências provenientes de uma fêmea são alimentadas com microrganismos (fungos, leveduras e bactérias), cultivados em meio de cultura malte-agar inoculado com extratos de matéria orgânica em decomposição. As culturas foram mantidas em placas de Petri, em condições de laboratório, à temperatura controlada de 23°C e umidade relativa média de 75%. Os adul-

tos foram mantidos vivos, alimentando-se com uma solução aquosa de sacarose a 20%.

Registros

A sobrevivência das descendências completas de *Forcipomyia* (1), foi acompanhada visualmente a intervalos de 12 horas, para registrar a mortalidade durante o período completo de sua existência. O conceito de descendência, neste caso, é o de conjunto de ovos nascidos mais ou menos simultaneamente, como resultado do hábito de ovoposição de *Forcipomyia*. A presença de parasitas e predadores foi paralelamente registrada.

Cálculo da tabela etária

Os elementos utilizados no levantamento e no cálculo das tabelas etárias de *Forcipomyia* foram adaptadas de Allee et al (1), Morris e Miller (5), Harcourt (3) e Varley (7). Seu significado é o seguinte:

x = intervalo de idade no qual a amostra foi tomada. Este intervalo geralmente representa o estágio na história de vida do inseto, com subdivisões no estágio de larva, sempre que possível (Quadro 1);

1_x = número de indivíduos vivos no início do estágio anotado na coluna x ;

d_x = número de indivíduos mortos no intervalo de idade anotado na coluna x.

Para comparar sobrevivência com mortalidade, dentro de cada um dos intervalos etários, foi necessário transformar os dados de l_x e d_x em expressões percentuais da seguinte maneira:

$$100 \text{ } s_x = \frac{(l_x - d_x) \cdot 100}{l_x} = \text{percentual de sobrevivência, e}$$

$d_x = 100 - 100 \cdot s_x =$ percentual de mortalidade, de tal maneira que,

$$100 \cdot s_x + 100 \cdot d_x = 100$$

Deste modo, os percentuais de sobrevivência e mortalidade são índices que se complementam, quando se referem a um intervalo etário determinado, pois são duas fases complementares da existência de um inseto na natureza.

A expressão e_x (expectativa de vida) foi propositadamente deixada de lado, pois sua utilidade é maior nas tabelas etárias ecológicas. No caso de estudos de laboratório, o principal objetivo foi determinar os pontos frágeis no ciclo de vida para poder otimizar o método de criação das mosquinhas.

A interpretação dos resultados se baseou na comparação de simples percentagens de sobrevivên-

cia e/ou mortalidade para cada intervalo de idade e para a geração como um todo de cada um dos insetos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sobrevivência

Sobrevivências naturais equivalentes a 96,8; 95,4; 97,6; 94,1 e 95,4% foram determinadas para o intervalo etário de larva das espécies *spatulifera*, *blantoni*, *genualis*, *poulaineae* e sp. 1, subg. vic. *Lepidobelea*, respectivamente (Quadro 1). Sobrevivências equivalentes a 99,2; 97,6; 99,3; 93,7 e 95,2% foram determinadas para o intervalo etário de pupa das espécies *spatulifera*, *blantoni*, *genualis*, *poulaineae* e sp. 1, subg. vic. *Lepidobelea*, respectivamente.

Os intervalos etários que melhor sobreviveram nas condições de laboratório foram as larvas e pupas. As únicas espécies que apresentaram capacidade de sobrevivência de geração para geração foram *spatulifera* (0,12%) e *genualis* (0,22%) (Quadro 1). A sobrevivência nas espécies *blantoni*, *poulaineae*, sp. 1, subg. vic. *Lepidobelea* e *fuliginosa*, foi praticamente nula, pois os adultos morreram antes de entrarem no período de ovoposição.

Mortalidade

Mortalidades naturais equivalentes a 85,6; 85,9; 50,1; 71,6;

75,5 e 100,0% foram determinadas para o intervalo etário de ovo das espécies *spatulifera*, *blantoni*, *genualis*, *poulaineae* (*Lepidobelea*) sp.1 e *fuliginosa*, respectivamente. Mortalidades equivalentes a 99,2;

100,0; 99,5; 100,0 e 100,0% foram determinadas para o intervalo etário de adulto das espécies *spatulifera*, *blantoni*, *genualis*, *poulaineae*, sp. 1, subg. vic. *Lepidobelea*, respectivamente. As mortali-

Quadro 1 – Tabela etária para a primeira geração (F. 1) das mosquitos *Forcipomyia* spp. criadas no laboratório do CEPEC, Brasil, abril-julho de 1974.

Espécies	x*	l_x^{**}	d_x^{***}	100_{sx}^{****}	100_{qx}^{*****}
<i>spatulifera</i>	Ovo	2.865	2.454	14,34	85,65
	Larva	411	13	96,83	03,16
	Pupa	398	3	99,24	00,75
	Adultos				
	caducos	395	392	0,75	99,24
	férteis	3	—	—	—
	Geração F1				
	mortalidade	—	—	—	99,88
	sobrevivência	—	—	0,12	—
<i>blantoni</i>	Ovo	620	533	14,03	85,96
	Larva	87	4	95,40	4,59
	Pupa	83	2	97,59	2,40
	Adultos				
	caducos	81	81	00,00	100,00
	férteis	—	—	—	—
	Geração F1				
	mortalidade	—	—	0,00	—
<i>genualis</i>	Ovo	930	466	49,89	50,10
	Larva	464	11	97,62	2,37
	Pupa	453	3	99,33	0,66
	Adultos				
	caducos	450	448	0,44	—
	férteis	2	—	—	99,55
	Geração F1				
	mortalidade	—	—	—	99,73
	sobrevivência	—	—	0,22	—

Continua

* Intervalo de idade

** Insetos vivos no início do intervalo

*** Insetos mortos no intervalo

**** $100_{sx} = (l_x - d_x) \cdot 100 / l_x$ = percentual de sobrevivência

***** $100_{qx} = (100,00 - 100_{sx})$ = percentual de mortalidade

Quadro 1 - Continuação.

Espécies	x*	1 _x **	d _x ***	100 _{sx} ****	100 _{qx} *****
<i>poulaineae</i>	Ovo	60	43	28,33	71,66
	Larva	17	1	94,11	5,88
	Pupa	16	1	93,75	6,25
	Adultos				
	caducos	15	15	0,00	100,00
	férteis	—	—	—	—
	Geração F1				
	mortalidade	—	—	—	100,00
	sobrevivência	—	—	0,00	—
<i>sp. 1 subg. vic. Lepidobelea</i>	Ovo	90	68	24,44	75,55
	Larva	22	1	95,45	4,54
	Pupa	21	1	95,23	4,76
	Adultos				
	caducos	20	20	0,00	100,00
	férteis	—	—	—	—
	Geração F1				
	mortalidade	—	—	—	100,00
	sobrevivência	—	—	0,00	—
<i>fuliginosa</i>	Ovo	1.045	1.045	0,00	100,00
	Geração F1				
	mortalidade	—	—	—	100,00
	sobrevivência	—	—	0,00	—

* Intervalo de idade

** Insetos vivos no início do intervalo

*** Insetos mortos no intervalo

**** $100sx = (1x - dx) \cdot 100/1x =$ percentual de sobrevivência***** $100qx = (100.00 - 100sx) =$ percentual de mortalidade

dades para cada geração das espécies mencionadas na mesma ordem foram de 99,9; 99,7; 100,0; 100,0 e 100,0%, respectivamente.

A quase totalidade da mortalidade da geração F1 ocorreu nos intervalos etários de ovo e adulto.

Causas da mortalidade

As causas da elevada mortalidade dos ovos (amplitude de varia-

ção de 50,1 a 100,0) não foram ainda experimentalmente determinadas. Suspeita-se ter ocorrido um índice elevado de infertilidade dos ovos, como registrado por Hernandez (4). Isto parece ser particularmente correto no caso de *fuliginosa*, cuja eclosão de ovos foi nula. Suspeita-se também, no caso desta última espécie, que os ovos requerem acondicionamento especial para eclosão, muito diferente daque-

le previsto nestes experimentos. Acredita-se também, de acordo com observações registradas ao longo destas experiências, na interferência de fungos entomófagos parasitando os ovos. Isto pode ter acontecido em vista da dificuldade em se separar os fungos que servem de alimento para as larvas dos que prejudicam os ovos. Parece que a presença de organismos contaminadores — tais como o ácaro *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank, 1781) e o nematóide *Aphelenchoides* sp. — podem ter predisposto a cultura para um fácil parasitismo pelos fungos entomófagos.

As fêmeas e os machos nem sempre se alimentaram nos discos de papel embebidos em solução de sacarose a 20%, como sugerido por Hernandez (4). Nesta ocasião, as fêmeas morreram prematuramente sem deixar ovoposição. Suspeitou-se, entretanto, que o papel de filtro e o açúcar — de qualidade diferente dos usados por Hernandez — possam ter atuado como repelente para os adultos. Como consequência, eles não procuraram alimento e morreram de inanição antes do tempo. Deste modo, a população dos adultos foi quase totalmente eliminada antes de deixar descendência.

A tabela etária para uma única geração de *Forcipomyia* em ambiente restrito do laboratório, não permitiu tirar conclusões que contribuíssem para o conhecimento da dinâmica de suas po-

pulações nos cacauais. Este trabalho permitiu descobrir "pontos frágeis" no desenvolvimento do inseto, que apresentou mortalidade muito elevada. Este conhecimento é de utilidade direta ao se pretender o desenvolvimento de uma técnica que permita criação em massa. Conseqüentemente, deverão ser concentrados esforços no sentido de se conseguir otimização da sobrevivência naqueles intervalos etários (ovo e adulto), nos quais as mortalidades "naturais" foram elevadas.

A determinação da dinâmica de populações de *Forcipomyia* em condições naturais dependerá do levantamento, nos cacauais, das tabelas etárias ecológicas. Para isso, será necessário conduzir experimentos "in loco". Este conhecimento oferecerá as seguintes vantagens práticas: permitirá manipular com mais segurança as populações, seja natural e/ou artificialmente, criadas em condições de campo, e permitirá sincronizar as práticas fitossanitárias destinadas a controlar as populações de insetos nocivos aos cacauais, sem prejudicar os polinizadores.

A tabela etária como método será de utilidade para o biólogo prático, considerando que ela permite o entendimento da epidemiologia da espécie em questão. Se esta é uma praga, a tabela etária ajuda no desenvolvimento de estratégias de controle. Neste caso, o

conceito de controle refere-se particularmente à prevenção de danos econômicos importantes.

ação da sobrevivência de *Forcipomyia* no laboratório.

CONCLUSÕES

- a. A elaboração de tabelas etárias mostrou ser eficiente na avaliação da sobrevivência de *Forcipomyia* no laboratório.
- b. É necessário aprimorar a metodologia de criação para otimizar sobrevivência de *Forcipomyia* nos intervalos etários de ovo e adulto.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Willis W. Wirth, do Departamento de Agricultura e Museu Nacional de História Natural dos EE.UU., pela identificação dos insetos, ao Dr. Synval Silveira Neto, pela revisão do manuscrito, aos Eng.-Agrôs J.M. de Abreu, P. Silva, J.A. Ventocilla e I. Ramos, pelas sugestões na elaboração do trabalho, e ao Sr. F. Galvão, pela ajuda na redação do presente manuscrito.

LITERATURA CITADA

1. ALLEE, W.C. et al. Principles of animal ecology. Philadelphia, Saunders, 1949. 837 p.
2. DEEVEY, E.S. Life tables for natural populations of animals. Quarterly Review of Biology 22: 283-314. 1947.
3. HARCOURT, D.G. The development and use of life tables in the study of natural insect populations. Annual Review of Entomology 14: 175-196. 1969.
4. HERNANDEZ, J. Insect pollination of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Costa Rica. Ph.D. Thesis. Madison, University of Wisconsin, 1965. 167 p.
5. MORRIS, R.F. e MILLER, C.A. The development of life tables for the spruce bud worm. Canadian Journal of Zoology 32(4): 283-301. 1954.
6. SAUNDERS, L.G. Methods for studying *Forcipomyia* midges (Diptera, Ceratopogonidae) with special reference to cocoa pollinating species. Canadian Journal of Zoology 37: 33-51. 1959.
7. VARLEY, G.G. e GRADWELL, G.R. Recent advances in insect population dynamics. Annual Review of Entomology 15: 1-24. 1970.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a validade da técnica das tabelas etárias para avaliar a sobrevivência e/ou mortalidade dos polinizadores do cacaueiro *Forcipomyia* spp. no laboratório. O método utilizado para criar as mosquinhas foi o denominado "método de Hernandez", que consiste em alimentar as larvas com microrganismos criados em meio de cultura maltose-agar. Os resultados indicaram que a técnica é eficiente para avaliar sobrevivência e/ou mortalidade. Observaram-se mortalidades superiores a 95% no estágio de adulto. Os ovos sofreram mortalidades que variaram entre 50 e 86%, com exceção dos de *F. (Microbelea) fuliginosa* Meigen, que sofreram mortalidade de 100%. É necessário aprimorar o "método de Hernandez" para otimizar a sobrevivência dos polinizadores nos mencionados intervalos.



SOME CHEMICAL AND MINERALOGICAL PROPERTIES OF COCOA SOILS IN BRAZIL

*Francisco Ilton de Oliveira Morais **
*Albert L. Page ***

ABSTRACT

Soil samples were collected from the traditional cocoa producing zone of Southern Bahia as well as from areas potentially available for cocoa production both in Bahia State and in the Amazonian region. The pH of the soils ranged from 3.8 to 6.7. The pH's determined in water were in all cases higher than in KCl. The decrease in pH with depth agreed with the trend observed for KCl extractable acidity. Most of the soils showed rather low values for base content but only in few cases was aluminum the dominant cation. The CEC by neutral NaOAc varied from 2.64 to 16.20 me/100 g and decreased with depth. Organic carbon showed the same trend. Considerable positive charge was present, especially in the B horizons, giving low effective net negative charge. In spite of the low negative charge measured at the field pH, a large pH dependent charge was present.

X-ray analysis of the clay ($< 2 \mu$) fraction revealed that differences in fertility among soils tested were mainly due to differences in clay mineralogy. The Amazonian soils apparently have less phosphate fixing capacity than the Southern Bahian soils, as indicated by their lower levels of iron oxides, and this can have practical significance relative to phosphate fertilizer practices.

INTRODUCTION

The Southern Bahia State is at the moment the principal region of cocoa production in Brazil. Although the region is estimated to

cover 90,000 square kilometers the lack of suitable soils for cocoa is the main limiting factor to the expansion of the area under cultivation. To meet the increasing demand for cocoa products the Bra-

Received for publication in September 5, 1975.

* Division of Soils, CEPEC.

** University of California, Riverside, Calif., U.S.A.

Revista Theobroma. CEPEC, Ilhéus, Brasil, 6(1): 15-30. Jan.-mar. 1976

zilian Government is giving special emphasis to the establishment of new areas in the Amazonian region.

Amazonia is the largest humid tropical area in the world. It comprises about 47% of the total land surface of Brazil and besides having adequate climatic conditions, it presents a vast reservoir of potentially productive lands well suited for cocoa and other tropical crops.

Quantitative characterization of soils from Southern Bahia and the Amazonian region are scarce. Reconnaissance surveys indicate that Oxisols are the most widely represented soil group in these areas. Alfisols, Ultisols and Mollisols are

important soils for cocoa but are of limited and localized occurrence (5, 14).

This paper presents information on the chemical and mineralogical properties of selected soils from Southern Bahia and Amazonia in order to provide basic knowledge to assess soil fertility work.

MATERIAL AND METHODS

Soils — Eighteen soil samples representing the A and B horizons of three Oxisols, three Ultisols, two Alfisols and one Molisol were used in this investigation. Some selected characteristics of these soils are presented in Table 1. Profiles 1 through 4 were obtained from

Table 1 — *Selected soil characteristics.*

Sample Number	Horizon	Soil Depth (cm)	Classification			Location	Annual Prec. (mm)
			Series Name	Great Group*	Great Group**		
1	A	0 - 29		Yellow Latosol	Haplorthox	Bragantina region/ Para State	2,500
	B	29 - 105					
2	A	0 - 33		Yellow Latosol	Acrorthox	IPEAAOC-Manaus/ Amazonas State	2,100
	B	33 - 150					
3	A	0 - 35	Xibiu	Red Yellow Podzolic	Tropudult	Ouro Preto Coloniza- tion Project/ Federal Territory of Rondonia	2,200
	B	35 - 154					
4	A	0 - 32	Ouro Preto	Red Yellow Podzolic (eutrophic)	Tropudalf	Ouro Preto Coloniza- tion Project/ Federal Territory of Rondonia	2,200
	B	32 - 112					
5	A	0 - 14	Cepec	Red Yellow	Tropudalf	Una/ Bahia State	1,800

* Old system of soil classification.

** New comprehensive system of soil classification. (7th Approximation)

continued

Table 1 - Continued

Sample Number	Horizon	Soil Depth (cm)	Classification			Location	Annual Prec. (mm)
			Series Name	Great Group*	Great Group**		
6	B	14 - 70	Vargito	Podzolic (euthrophic)	Tropudult	Camacã / Bahia State	1,800
	A	0 - 28		Red			
7	B	28 - 82	Una	Yellow Podzolic	Haplusthox	Nova Canaã / Bahia State	1,200
	A	0 - 36		Red			
8	B	36 - 148	Itabuna	Yellow Latosol	Tropudult	Ipiatú / Bahia State	1,200
	A	0 - 22		Red			
9	B	22 - 102	Itamirim	Yellow Podzolic	Argiustol	Aiquara / Bahia State	1,000
	A	0 - 20		Brunizen			
	B	20 - 70					
			Parent Material	Age	Drainage	Vegetative Cover	
1	A	0 - 29	Unconsolidated acid sediments (Kaolinitic clays. + Quartz sands)	Quaternary	Good	Evergreen tropical forest	
	B	29 - 105					
2	A	0 - 33	Unconsolidated acid sediments (Kaolinitic clays. + Quartz sands)	Tertiary	Good	Evergreen tropical forest	
	B	33 - 150					
3	A	0 - 35	Intermediary Rocks	Precambrian	Good	Evergreen tropical forest	
	B	35 - 154					
4	A	0 - 32	Acid to Basic Rocks	Precambrian	Good	Evergreen tropical forest	
	B	32 - 112					
5	A	0 - 14	Basic Rocks	Precambrian	Good	Cocoa trees	
	B	14 - 70					
6	A	0 - 28	Siltstone	Cretaceous	Fair	Cocoa trees	
	B	28 - 82					
7	A	0 - 36	Acid Rocks	Precambrian	Excellent	Pasture	
	B	36 - 148					
8	A	0 - 22	Intermediary Rocks	Precambrian	Fair	Pasture	
	B	22 - 102					
9	A	0 - 20	Basic Rocks	Precambrian	Fair	Pasture	
	B	20 - 70					

* Old system of soil classification.

** New comprehensive system of soil classification. (7th Approximation)

the Amazonian region whereas profiles 5, 6, 7, 8 and 9 were from Southern Bahia State (Figure 1). Detailed description of the morphology of these soils have been made by Vieira et al (18), Rodrigues et al (8), and Silva et al (13, 14).

Analytical work — Samples of the soils were taken from unfertilized areas and kept in moisture proof bags until screened and then placed in air-tight containers. The samples were air-dried and ground with a rubber pestle to pass through a 2 mm sieve.

The pH measurements were made in H_2O and N KCl with a soil to solution ratio of 1:2.5. An amount of air-dry soil equivalent to 10 g of oven-dry soil was equilibrated with 25 ml solution for approximately 30 minutes. The pH readings were taken with the glass and calomel electrodes immersed in the suspension which was kept under constant stirring. Organic carbon was determined by the Walkley and Black (19) procedure. Exchangeable bases were displaced by N NH_4OAc pH 7.0. Sodium and potassium were determined by flame photometry; calcium and magnesium by atomic absorption. Exchange acidity was determined following the technique of Yuan and Fiskell (20). Cation exchange capacities were determined by the N $NaAOc$ pH 7.0 method described by Chapman (3). The electric charges on the soil particles were determined after Schofield (10) using N $CaCl_2$ solutions.

The mineralogical composition was determined following the procedure described by Jackson (6), using X-ray diffraction analysis. Soil samples were initially freed of divalent cations, organic matter and iron oxides, then the clay fraction was separated by centrifugation and suspended in distilled water. Clay suspensions with and without the iron oxides were prepared for comparison. Oriented aggregates were prepared by carefully depositing 25 mg aliquot of the suspensions on a 3.8 x 2.5 cm glass slide and evaporating. The samples were X-rayed following Mg-and-K-saturation. When needed the Mg-saturated iron free clays were glycol solvated and the K-saturated iron free clays heated to 350 and/or 550° C. Iron was determined in the dithionite-citrate-bicarbonate leachates by atomic absorption. Mechanical analysis was made by wet sieving and pipette sampling as described by Day (4). Total surface area was evaluated by the ethylene glycol monoethyl ether (EGME) method of Carter, Heilman and Gonzalez (2).

RESULTS

Chemical properties — Relevant chemical characteristics are presented in Table 2. The pH (H_2O) of the soils ranged from 3.8 to 6.7. The lowest value is found in the top soil of the highly weathered Acrorthox (sample 2) the highest in the top soil of the Argiustol sample 9 — Itamirim). The Haplorthox and Acrorthox (samples 1 and 2)

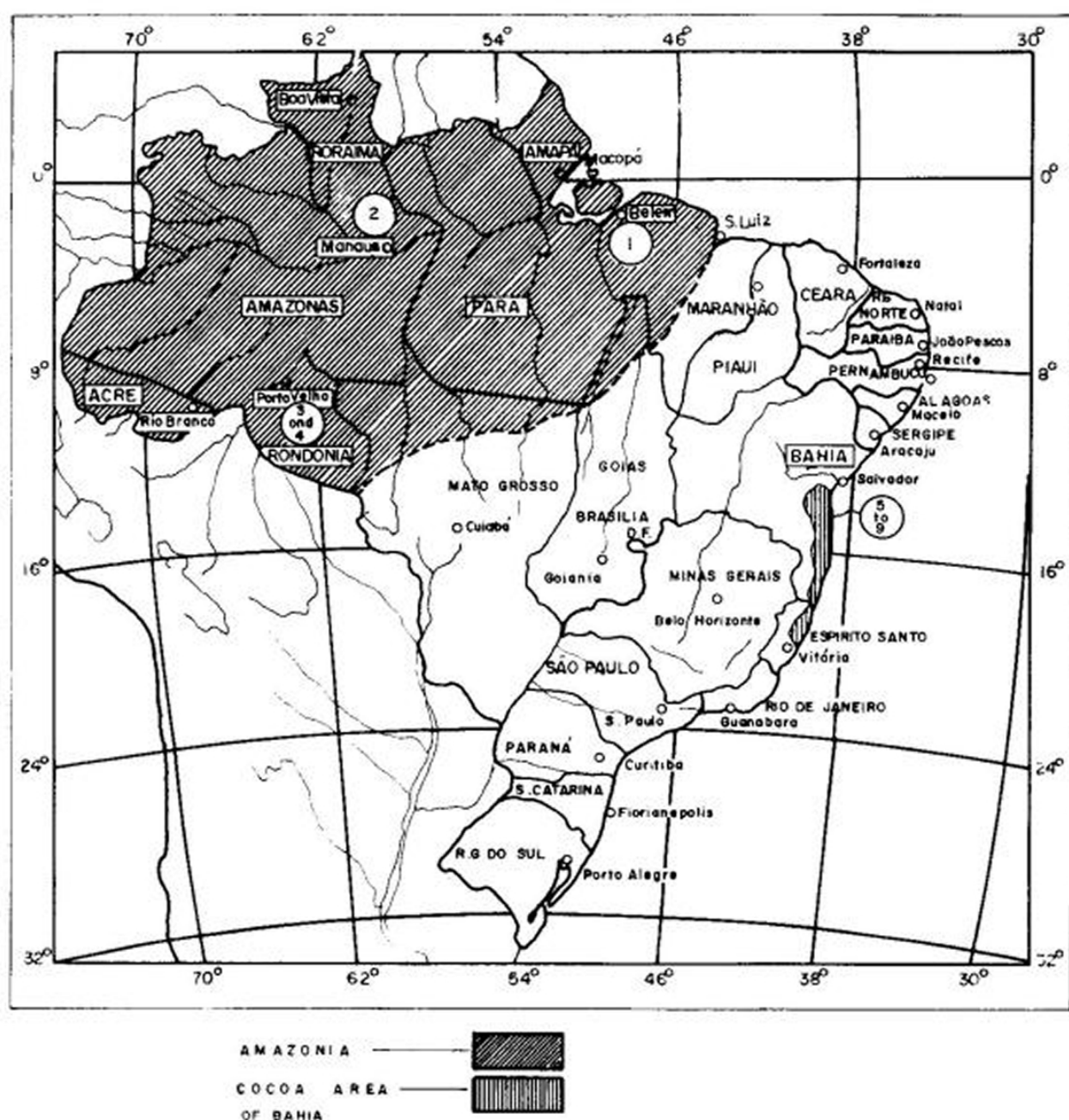


Figure 1—Map of Brazil showing the areas where the soil samples were collected.

from Amazonia and a Tropudult (sample 6 – Vargito) from Southern Bahia showed an increase in pH with depth, the remaining soils a decrease. KCl extractable acidity showed the same trends. In all cases the pH determined in H_2O was higher than that measured in N KCl.

The Oxisols (samples 1, 2 and 7), two Ultisols (samples 3 and 6), and the B horizon of two Alfisols (samples 4 and 5) and an Ultisol (sample 8) showed rather low base content (range 0.22 – 2.91 me/100 g) whereas the Mollisol (sample 9) and the A horizon of an alfisol (sample 5) showed high values

Table 2 - Chemical properties of the soils*.

Sample Number**	Soil	pH (1:2.5)		Organic Carbon %	Bases			
		H ₂ O	KCl		Ca	Mg	K	Na
me/100 g								
1	Haplorthox A	4.2	3.5	1.69	0.28	0.10	0.07	0.09
	Haplorthox B	4.9	4.4	0.61	0.08	0.03	0.03	0.08
2	Acrorthox A	3.8	3.6	4.08	0.20	0.11	0.09	0.09
	Acrorthox B	4.8	4.3	0.59	0.17	0.03	0.02	0.09
3	Tropudult A	5.7	4.9	1.12	1.33	0.39	0.07	0.08
	(Xibiu) B	4.7	4.3	0.22	0.17	0.08	0.09	0.08
4	Tropudalf A	5.9	5.4	1.96	4.13	0.58	0.29	0.19
	(Ouro Preto) B	5.4	4.6	0.29	1.80	0.26	0.22	0.18
5	Tropudalf A	6.0	5.5	3.40	9.00	3.10	0.58	0.14
	(Cepec) B	5.0	4.5	0.71	1.90	0.60	0.23	0.18
6	Tropudult A	4.4	3.6	1.74	0.86	0.43	0.15	0.12
	(Vargito) B	4.5	3.7	0.40	0.24	0.19	0.05	0.08
7	Haplustox A	5.0	4.3	3.18	0.68	0.53	0.15	0.13
	(Una) B	4.7	4.4	0.65	0.31	0.20	0.11	0.12
8	Tropudult A	5.4	4.8	1.77	3.68	1.40	0.38	0.18
	(Itabuna) B	4.9	4.4	0.31	0.35	0.14	0.11	0.15
9	Argiustol A	6.7	5.8	1.72	7.50	4.50	0.11	0.26
	(Itamirim) B	6.5	5.7	0.55	4.25	5.25	0.08	0.15

		Exchange Acidity		CEC	Electric Charges (CaCl ₂ 1 N)		
		H	Al	NaAOC pH 7.0	Neg.	Pos.	Net.
me/100 g							
1	Haplorthox A	0.60	1.03	5.63	2.65	1.72	0.93
	Haplorthox B	0.42	0.11	2.64	1.83	2.41	+0.58
2	Acrorthox A	1.16	2.09	14.08	4.58	3.09	1.49
	Acrorthox B	0.38	0.26	7.57	2.76	3.64	+0.88
3	Tropudult A	0.14	+	6.75	2.65	0.77	1.88
	(Xibiu) B	0.33	0.13	4.55	2.10	2.96	+0.86
4	Tropudalf A	0.16	+	8.28	5.24	-0.56	5.80
	(Ouro Preto) B	0.19	+	7.04	4.03	0.05	3.98
5	Tropudalf A	0.19	+	16.20	14.60	1.30	13.30
	(Cepec) B	0.31	0.07	9.70	6.20	2.60	3.60
6	Tropudult A	1.46	2.62	7.90	6.50	1.10	5.40
	(Vargito) B	1.18	2.35	7.36	7.20	3.80	3.40
7	Haplustox A	0.53	0.55	7.50	4.50	1.40	3.10
	(Una) B	0.37	0.35	5.20	3.50	2.40	1.10
8	Tropudult A	1.90	0.25	7.40	8.20	0.90	7.30
	(Itabuna) B	1.20	1.12	9.40	7.50	6.30	1.20
9	Argiustol A	2.30	+	13.50	13.50	0.30	13.20
	(Itamirim) B	1.40	+	11.00	11.40	0.90	10.50

+ Less than 0.05 me/100 g

* Mean values of duplicate determinations.

** Soils 1 through 4 were obtained from the Amazonian region; soils 5 through 9 from Southern Bahia.

(range 9.73 – 13.01 me/100 g). The sum of bases in the A horizon of soils 4 and 8 was intermediate (5.15 and 5.64 me/100 g). Ca is the principal exchangeable cation in the soils with high and intermediate base content, Al or H+Al dominated the exchange complex of the other soils. Exchangeable bases and CEC decreased with depth in agreement with the trend observed for organic carbon.

Cation exchange capacities (CECs) ranged from 2.64 to 16.20 me/100 g, and organic carbon contents from 0.22 to 4.08%. Considerable positive charge was present in most of the soils, especially in the B horizon, giving low effective net negative charges. It is interesting to note that the B horizon of soils 1, 2 and 3 displayed a net positive charge at the field pH whereas the A horizon of soil 4 showed negative adsorption of chloride (Table 2). Comparison of the values for net electric charge with CEC revealed the presence of a large pH dependent charge (range 3.12 – 8.20 me/100 g). However, the pH dependent CEC for the argiustol and the A horizon of a Tropudult (sample 8 – Itabuna) from Southern Bahia was practically absent as indicated by the close agreement between the charges measured with CaCl_2 and NaAOc .

Mineralogical properties – The mineralogical data presented in Table 3 show a wide variation in clay content among soils (range

12-67%). In all profiles the amounts of clay increased with depth, which may be attributed to clay translocation from the surface horizons. Free iron oxides were in the range from 0.23 to 8.72%, and total surface area from 32 to 195 m^2/g . The surprisingly low values for Fe_2O_3 content in the haplorthox and acrothox (samples 1 and 2) soils from Amazonia were related to the composition of their parent materials (Table 1).

Kaolinite was the only clay mineral present in the Oxisols (samples 1, 2 and 8) with diagnostic peaks at 7.13 (001), 3.59 (002), and 2.39 (003) Angstroms units. The other minerals present were quartz (3.35 Å), gibbsite (4.81 Å and 4.35 Å), and goethite (4.18 Å, 2.69 Å, and 2.54 Å). A representative X-ray diffractogram is shown in Figure 2. Gibbsite and goethite were found in all profiles. Quartz was absent in the Haplorthox (sample 8) soil (Table 3).

The layer silicate clay mineralogy of the tropudults was either predominantly kaolinitic (samples 3 and 8) or a mixture of kaolinite and interstratified minerals (sample 6). Goethite is found in all three soils and gibbsite in soils 3 and 6. Quartz is found in the A horizon of soil 8 as well as in soil 6 (Table 3). Hematite with a (104) peak at 2.71 Å was present in soil 3 (Figure 3). The presence of interstratified or mixed layered minerals in sample 6 (Southern Ba-

Table 3 – Mineralogical properties of the soils.

Sample Number *	Soil	% Constituents Mineral Fraction			Minerals of the Clay (<2 μ) fraction **	% Fe ₂ O ₃	Surface Area (m ² /g)
		Sand	Silt	Clay			
1	Haplorthox A	84.0	3.7	12.3	K ¹ Gb ² Go ² Q ²	0.23	32.3
	Haplorthox B	67.2	12.7	20.1	K ¹ Gb ² Go ² Q ²	0.30	55.5
2	Acrorthox A	18.4	31.6	50.0	K ¹ Gb ² Go ²	0.90	130.4
	Acrorthox B	9.9	23.5	66.6	K ¹ Gb ² Go ² Q ²	0.95	130.9
3	Tropudult A	77.0	7.9	15.1	K ¹ Gb ² Go ² H ²	1.38	37.4
	(Xibiu) B	45.2	11.6	43.2	K ¹ Gb ² Go ² H ²	2.75	46.6
4	Tropudalf A	47.6	38.6	13.8	K ¹ Mi ² Gb ² Q ² H ²	3.95	64.0
	(Ouro Preto) B	47.8	25.8	24.4	K ¹ Mi ¹ V ² I ² Gb ² Q ² H ²	4.69	36.8
5	Tropudalf A	28.1	21.9	49.1	K ¹ Gb ¹ Mi ² Q ² Go ²	7.15	108.3
	(Cepec) B	21.3	16.9	61.8	K ¹ Gb ¹ I ² Q ² Mi ² Go ²	8.72	70.8
6	Tropudult A	34.1	27.8	38.2	K ¹ I ¹ Q ¹ Gb ¹ Go ²	6.00	83.6
	(Vargito) B	24.7	23.0	52.2	K ¹ I ¹ Q ² Gb ¹ Go ²	3.43	123.3
7	Haplorthox A	35.0	18.9	46.1	K ¹ Gb ² Go ²	4.58	118.2
	(Una) B	28.2	16.7	55.0	K ¹ Gb ² Go ²	4.58	131.9
8	Tropudult A	46.2	27.0	26.4	K ¹ Q ² Go ²	2.00	138.1
	(Itabuna) B	27.3	23.8	49.6	K ¹ Go ²	2.72	136.8
9	Argiustol A	42.3	32.9	14.2	M ¹ V ¹ K ¹ Mi ² Q ¹ Go ²	3.23	117.1
	(Itamirim) B	49.3	23.1	23.3	M ¹ V ¹ K ¹ Mi ² Q ² Go ² Gb ²	2.72	195.0

* Soils 1 through 4 were obtained from the Amazonian region; soils 5 through 9 from Southern Bahia.

** M = montmorillonite, V = vermiculite, K = kaolinite, I = Interstratified, Mi = Micas, Go = goethite, Gb = gibbsite, H = hematite, Q = quartz. 1 = dominant, 2 = present.

hian soil), with peaks at 24.54 Å and 12.27 Å (Figure 4), was an indication of a less advanced stage of weathering.

Figure 5 shows that the Argiustol is dominated by kaolinite, micas, and 2:1 layer silicates. The presence of a quartz peak at 4.27 Å in addition to the 3.35 Å one suggest high amounts of this mineral. The 2:1 minerals present were montmorillonite and vermiculite as in-

dicated by the expansion of the 14.73 Å peak to 18.4 Å upon glycol solvation of the Mg-saturated sample and by the collapse of the 14.73 Å peak upon K-saturation (Figure 5). Gibbsite was present only in the B horizon, goethite in the A as well as in the B horizon (Table 3).

For the Tropudalfs kaolinite predominates but quartz, gibbsite and micas were also present (Ta-

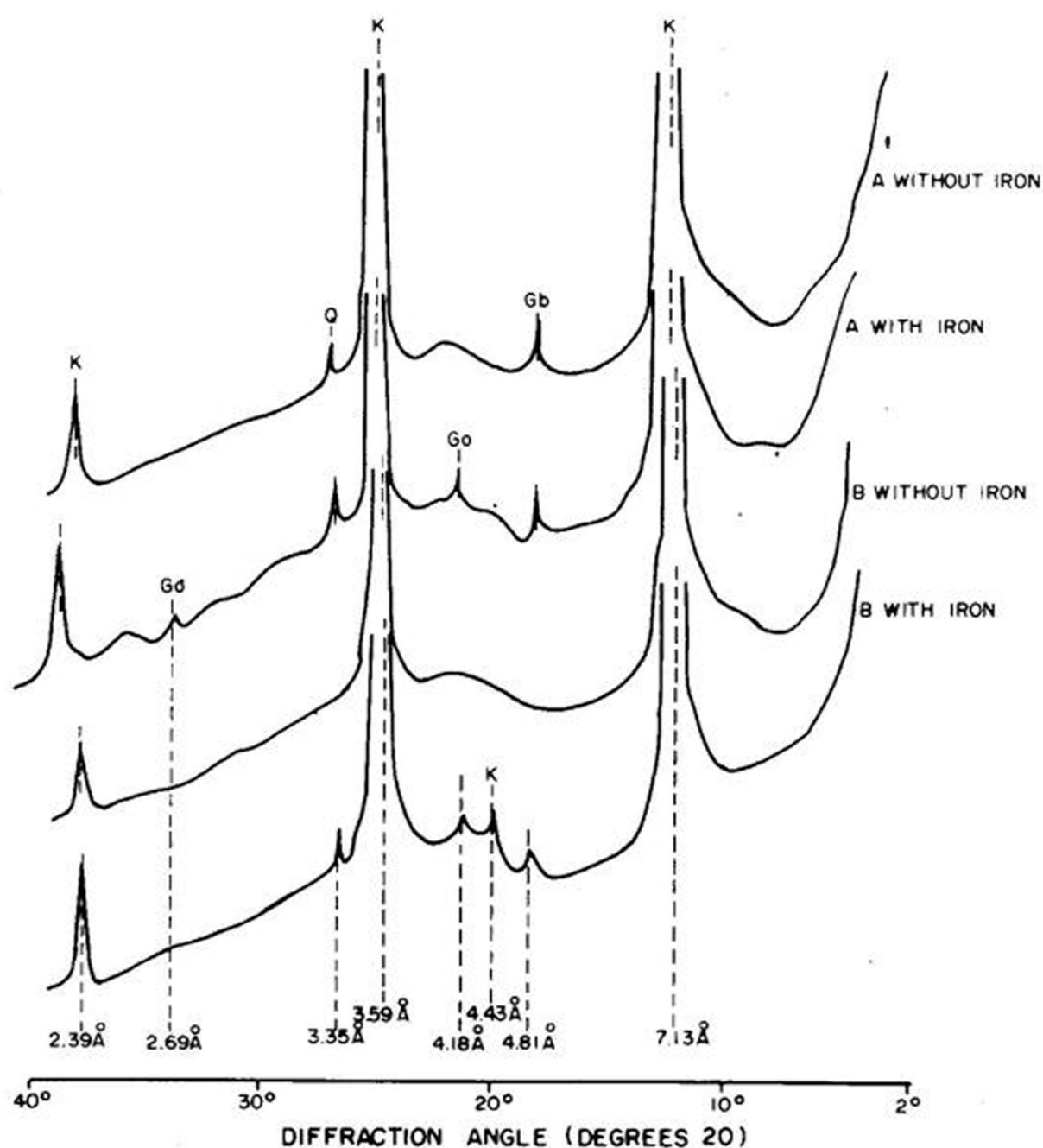


Figure 2 — X-ray diffractograms of the clay fraction of the A and B horizons of the haplorthox (Sample 1) soil from Amazonia.

ble 3). In addition to these minerals, the B horizon of the tropudalf from Amazonia (sample 4) had vermiculite and interstratified layer silicates with diagnostic peaks at 14.24 Å and 11.62 Å, respectively (Figure 6). Interstratified minerals were also present in

the B horizon (not shown) of the tropudalf from Bahia (sample 5) with a 12.62 Å diagnostic peak.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Results of this investigation show a wide variation in the chem-

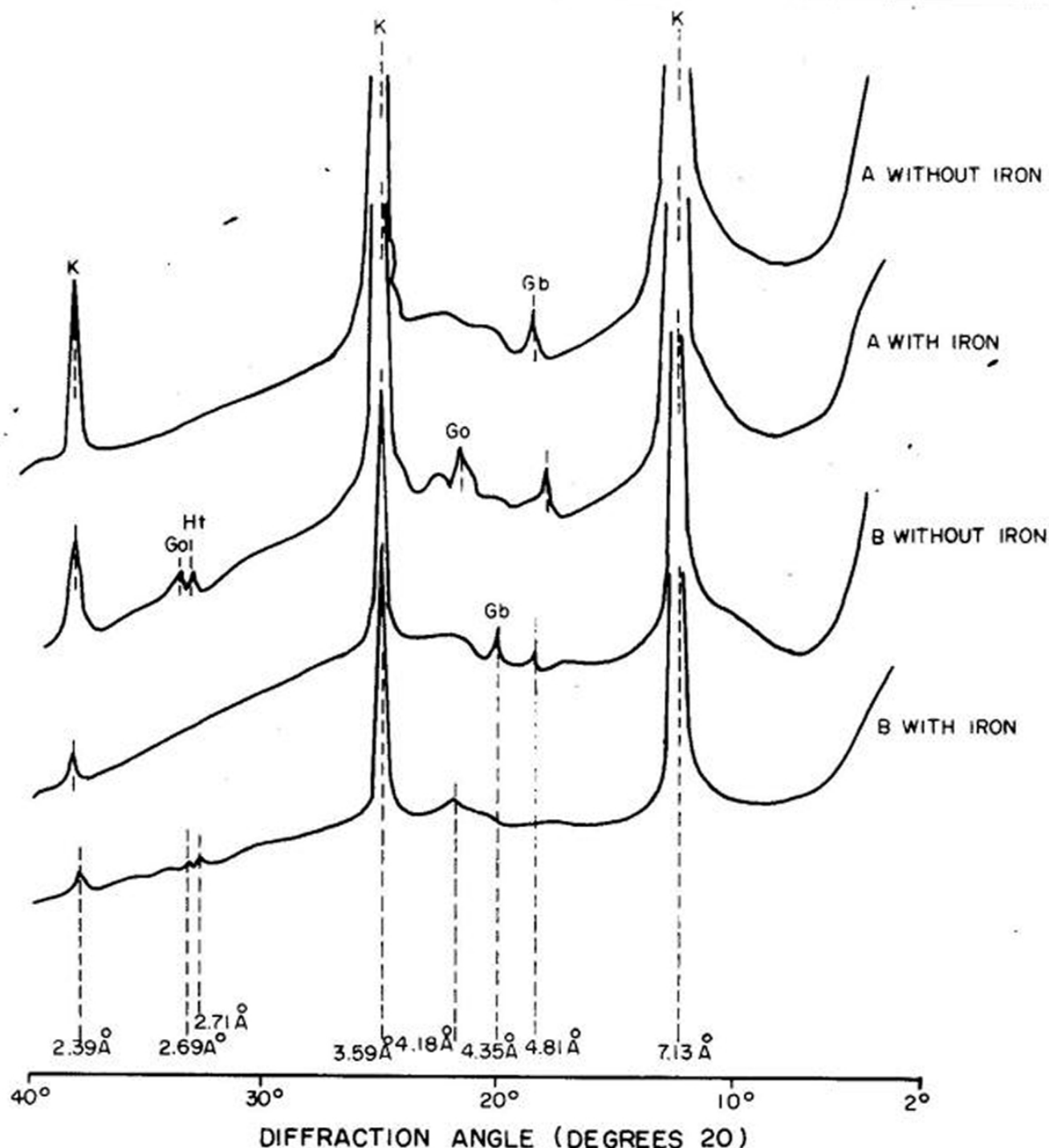


Figure 3 — X-ray diffractograms of the clay fraction of the A and B horizons of a Tropudult (Sample 3-Xibiu) soil from Amazonia.

ical and mineralogical properties of the soils studied. There is a gradation in natural fertility from the highly weathered Oxisols and Ultisols to the Alfisols and the Mollisol as indicated by an increase in pH, base content, ef-

fective CEC and a decrease in exchangeable aluminum (Table 2). These differences among soils are mainly the result of differences in the composition of their clay mineralogy. The Oxisols and most of the Ultisols are predominantly

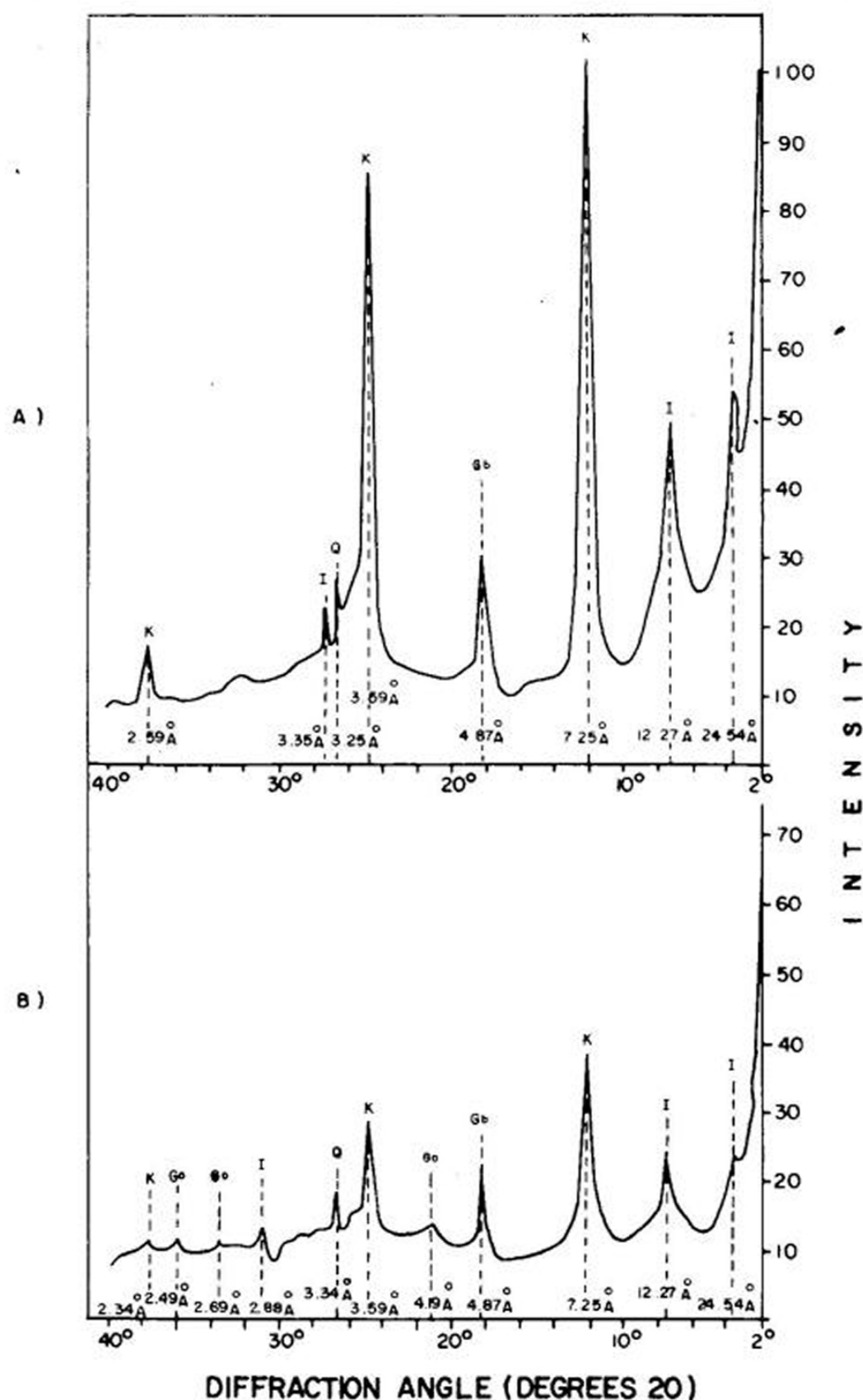


Figure 4 — X-ray diffractograms of the clay fraction of the B horizon of the Tropudult (Sample 6 - Vargito) soil from Southern Bahia. a) without iron; b) with iron.

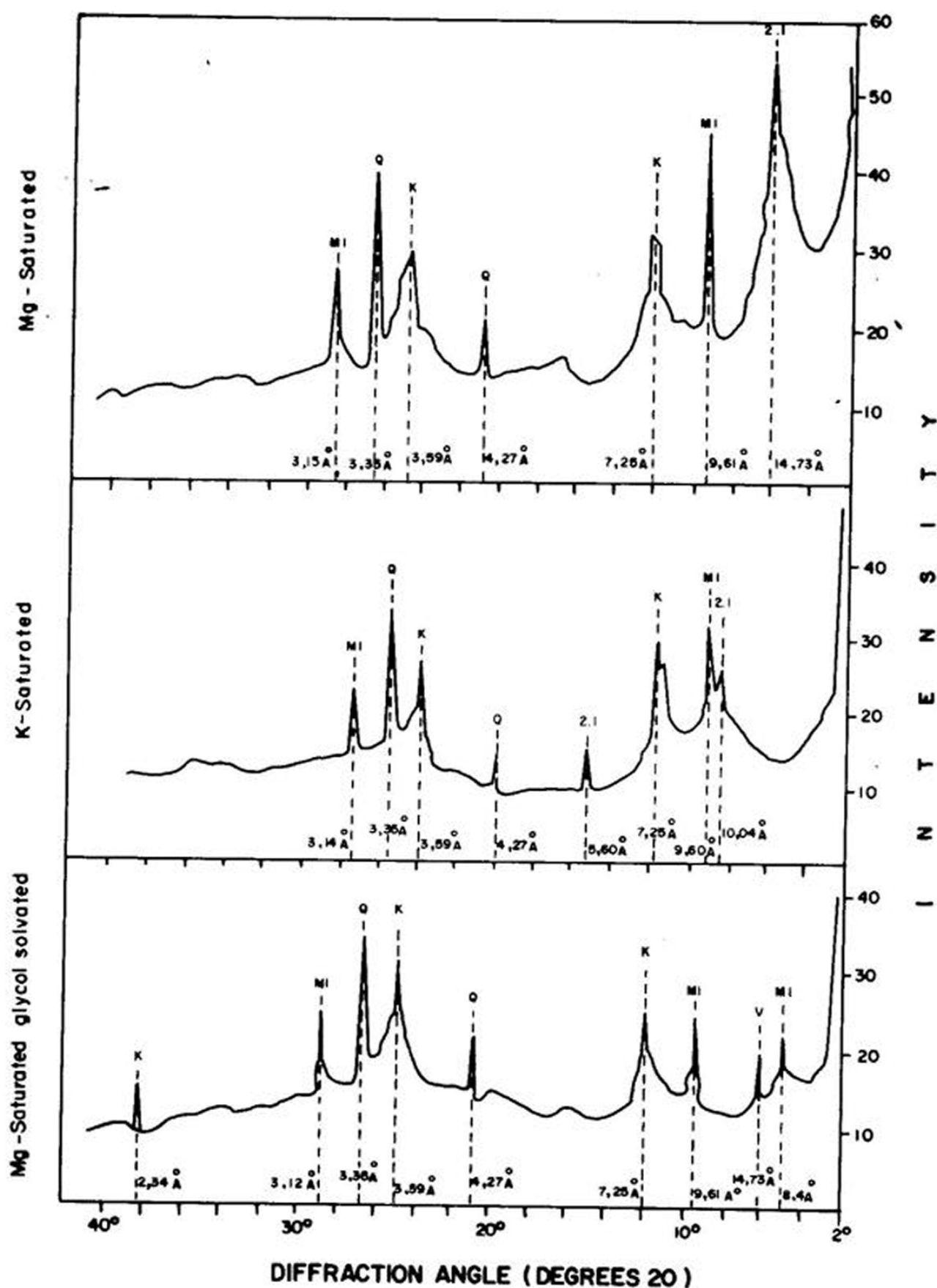


Figure 5 — X-ray diffractograms of the clay fraction of the A horizon of the Argiustol (Sample 9-Itamirim) soil from Southern Bahia.

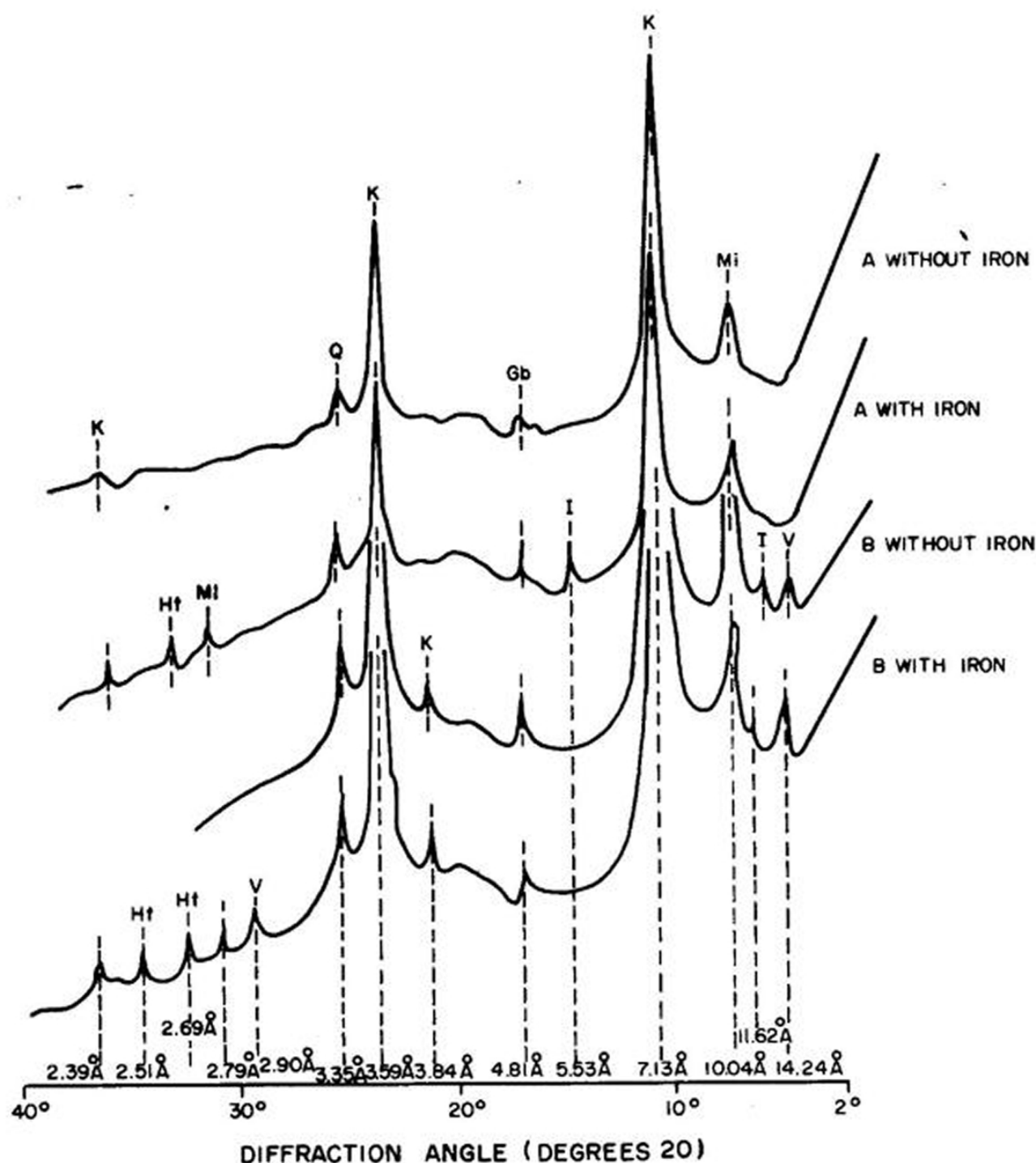


Figure 6 — X-ray diffractograms of the clay fraction of the A and B horizons of a Tropudalf (Sample 4-Ouro Preto) soil from Amazonia.

kaolinitic whereas the Alfisols and the Mollisol present a mixed mineralogy composed of kaolinite and one or two of the vermiculite, montmorillonite and interstratified minerals (Table 3).

Accumulation of organic matter and metallic cations in the surface horizons is a characteristic property of all soils; lower amounts are always present in the sub-surface soils. This conforms to ob-

servations of others who have worked with tropical soils. For example, Sanchez and Buol (9) have found these parameters to be higher in the A than in the B horizons of the well-drained soils of the upper amazon basin of Peru. Similar results have been reported by Sombroek (16), Cabala-Rosand (1) and Lepsch and Buol (7) for some brazilian soils.

Contrary to common thinking the Amazonian oxisols show striking low values for free iron oxides in their clay fractions (Table 3). In spite of the low Fe_2O_3 content the B horizon of these soils present a net positive charge at the field pH. Sumner and Reeve (17) have shown that the presence of iron oxide impurities gave rise to positive

adsorption of chloride by kaolinite. Furthermore, experimental evidence indicates that kaolinite develops positive charges on its edge at low pH values (11).

On the basis of the characteristics of good cocoa soils set forth by Smith (15), it can be concluded that the alfisols (samples 4 - Ouro Preto and 5 - Cepec) and the Mollicsol (sample 9 - Itamirim) are more suited to be cropped with this culture than the Ultisols and Oxisols. These latter soils need to be improved through liming and/or fertilizer applications before becoming productive. These results support the conclusions of Silva et al (12) and Silva, Carvalho Filho and Santana (13) who have described the cocoa soils of Southern Bahia and Amazonia.

LITERATURE CITED

1. CABALA-ROSAND, F.P. Influência del encalado en las formas, fijación y disponibilidad de fósforo en suelos de la region cacaotera de Bahia, Brasil. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas de la OEA, 1970. 97 p.
2. CARTER, D.L., HEILMAN, M.D. and GONZALEZ, C.L. Ethylene glycol mono ethyl ether for determining surface area of silicate minerals. *Soil Science* 100: 356-360. 1965.
3. CHAPMAN, H.D. Cation-exchange capacity. In Black C.A., ed. *Methods of soil analysis*. Agronomy N° 9, Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 896-926.
4. DAY, P.R. Particle fractionation and particle size analysis. In Black, C. A., ed. *Methods of soil analysis*. Agronomy N° 9, Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. pp. 545-567.

5. FALESI, I.C. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia Brasileira. In Zoneamento agrícola da Amazônia. IPEAN, Boletim Técnico Nº 54, 1972. pp. 17-67.
6. JACKSON, M.L. Soil chemical analysis – advanced course. Copyright by the author, Madison, Wisconsin, University of Wisconsin, 1956, 250 p.
7. LEPSCH, I.F. and BUOL, S.W. Investigations in an oxisol-ultisol toposequence in S. Paulo State, Brazil. Soil Science Society of America Proceedings 38:491-496. 1974.
8. RODRIGUES, T.E. et al. Levantamento detalhado dos solos do IPEAAOC, Manaus, Brasil, IPEAAOC, Boletim Técnico Nº 1. 63 p. 1967.
9. SANCHEZ, P.A. and BUOL, S.W. Properties of some soils of the upper Amazon basin of Peru. Soil Science Society of America Proceedings, 38:117-121. 1974.
10. SCHOFIELD, R.K. Effect of pH in electric charges carried by clay particles. Journal of Soil Science 1:1-8. 1949.
11. ——— and SAMSON, H.R. The defloculation of kaolinite suspensions and the accompanying changeover from positive to negative adsorption. Clay Mineral Bulletin 2:45-51. 1953.
12. SILVA, L.F. da et al. Características dos principais solos de cacau da Bahia. In Conferência Internacional de Pesquisas em Cacau, 2a., Salvador e Itabuna, Bahia, Brasil, 19-26 novembro, 1967. Itabuna, Centro de Pesquisas do Cacau, 1969. pp.412-416.
13. ———, CARVALHO FILHO, R. and SANTANA, M.B.M. Solos do Projeto Ouro Preto. Itabuna, Bahia, Brasil, Centro de Pesquisas do Cacau, Boletim Técnico Nº 23. 1973. 30p.
14. ——— et al. Solos da região cacaueira da Bahia. Itabuna, Bahia, Brasil, CEPLAC, 276 p. (typewritten)
15. SMITH, A.J. La selección de suelos para cultivo del cacao. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Boletim sobre Suelos Nº 5, 1967. 77 p.
16. SOMBROEK, W.G. Amazon soil. Wageningen, the Netherlands, Center for Agricultural Publications and Documentation, 1966. 292p.

17. SUMNER, M.E. and REEVE, N.G. The effect of iron oxide impurities on the positive and negative adsorption of chloride by kaolinites. *Journal of Soil Science* 17: 275-279. 1966.
18. VIEIRA, L.S. et al. Levantamento de reconhecimento dos solos da região Bragantina, Estado do Pará. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 2: 1-63. 1967.
19. WALKLEY, A. and BLACK, C.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38. 1934.
20. YUAN, T.L. and FISKELL, L.G.A. All studies: soil and plant analysis of aluminon method. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 7: 115-117. 1959.

RESUMO

Características Químicas e Mineralógicas de Alguns Solos de Cacau do Brasil

O experimento foi realizado nos laboratórios da Universidade da Califórnia (Riverside - EUA) e do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC - Itabuna, Bahia, Brasil), utilizando-se perfis representativos das regiões cacaueiras da Bahia e Amazônia. Os solos usados pertencem às ordens Mollisol, Alfisol, Ultisol e Oxisol, de acordo com o novo sistema de classificação do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

Os valores de pH situam-se entre 3,8 e 6,7. Em todos os casos, o pH determinado em água é maior do que aquele medido em KCl. O teor de bases é bastante alto nos Alfissolos e Mollissolos, sendo, porém, relativamente baixo nos demais solos. Nestes, o hidrogênio e o alumínio são os cations dominantes. A capacidade de troca catiônica (CTC) determinada em solução neutra de acetato de sódio varia entre 2,64 e 16,20 mEq/100 g decrescendo com a profundidade. O carbono orgânico apresenta tendência semelhante.

A análise dos solos por difratometria de raios-X revela que as diferenças observadas na fertilidade dos solos estudados são devidas, principalmente, à mineralogia da fração argila. Ademais, é possível que, em virtude de possuírem teores mais elevados de óxidos livres de ferro, os solos da região cacaueira da Bahia apresentem maior capacidade de fixação de fósforo do que os solos amazônicos. Este fato pode ter aplicação prática em relação à fertilização fosfatada e merece estudos mais detalhados.

DISPONIBILIDAD DE SUELOS PARA CACAO EN LA AMAZONIA BRASILEÑA

*L. Ferreira da Silva **

*F. M. Alvares-Afonso ***

*A. C. Pinto Dias ****

ABSTRACT

Suitable soils for cocoa in the Amazon region of Brazil

The availability of suitable soils is one of the limiting factors for expansion of cocoa in Bahia, so the Centro de Pesquisas do Cacau is surveying new areas for expansion mainly in the Brazilian Amazonia.

The present conclusion is that there are four important regions for expansion in Brazil: (1) the Transamazonian Highway region, between Altamira and Itaituba; (2) the Low Amazon River basin (Alenquer, Óbidos and Oriximiná); (3) the Southern zone of the State of Pará (São Felix do Xingu); and (4) the Federal Territory of Rondonia (Western Brazilian Amazonia). Good soils for cocoa in these areas are estimated (1st. approximation) to cover 10.000 km².

The expansion of cocoa in these regions will be carried out in 3 different levels: (1) colonization programmes with small sized holdings of 10 hectares for individual family units; (2) medium sized holdings (300 ha); and (3) larger estates (1000 ha).

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de cacao proviene casi en su totalidad (99,1%) de apenas 15 países, entre

los cuales está el Brasil, cuya contribución es de aproximadamente 14%, contribución esta bien distante de la producción africana que es de cerca del 70% y que

Recibido para publicación el 2 de Octubre de 1975.

Presentado en la V Conferencia Internacional de Investigaciones en Cacao. Nigeria, Setiembre de 1975.

* División de Geociencias, CEPEC/CEPLAC.

** Programa Especial de la Amazonia, CEPLAC.

*** Servicios Especiales en Manaus, CEPLAC.

Revista Theobroma. CEPEC, Ilhéus, Brasil, 6(1): 31-39. Jan.-mar. 1976.

corresponde a Gana, Nigeria, Costa de Marfil y Camarones (4).

El cacao se está usando cada vez más en la producción de diversidad de artículos, apesar de que se mantenga el equilibrio entre la producción y el consumo (4).

Se considera que el Brasil necesita duplicar su producción dentro de los próximos 10 años, para continuar sosteniendo su actual participación en el mercado mundial, previéndose desde luego los aumentos de la producción africana en tal período.

Ante estas consideraciones, resulta importante el establecimiento de un programa de expansión de la cacaicultura brasileña, destinado a aumentar el área actualmente cultivada que es de 400.000 hectáreas. Para lograr este objetivo, es necesario establecer nuevos polos cacaotaleros fuera de las zonas productoras tradicionales, debido a que en estas no existe disponibilidad de suelos aptos, con área suficiente para un emprendimiento de tal envergadura.

El presente artículo tiene por objetivo principal, presentar los resultados del estudio de áreas existentes en la Amazonia, realizado por la CEPLAC y cuyas condiciones edafo-climáticas son similares a las de la tradicional Región Cacaicultura del Estado de Bahía.

Polos para cacao en la Amazonia

Hay dos factores importantes en la selección de áreas para el cultivo del cacao: el clima y el suelo.

El clima, está relacionado con la disponibilidad de agua, ya que el cacao es una planta muy sensible a los períodos críticos del estío, en cuanto que el suelo está relacionado con la fertilidad natural y con las condiciones físico-hídricas, caracterizadas principalmente por la disponibilidad de nutrientes y por la capacidad de retención del agua (12).

Con estas especificaciones del ambiente, fueron seleccionadas cuatro zonas en la Amazonia, correspondientes al Estado del Pará y al Território Federal de Rondonia (Figura 1). Las características de esas zonas son las siguientes:

- (1) **Transamazónica** (Trecho localizado entre Altamira e Itaituba)

Se trata de una carretera nueva que interliga el Estado del Maranhão, en la Amazonia Oriental, con el Estado de Acre, en el extremo sudoeste.

El período lluvioso de esta región se extiende de diciembre a mayo, con una precipitación superior a los 1.300 mm. Los meses restantes son relativamente secos, con una precipitación promedia

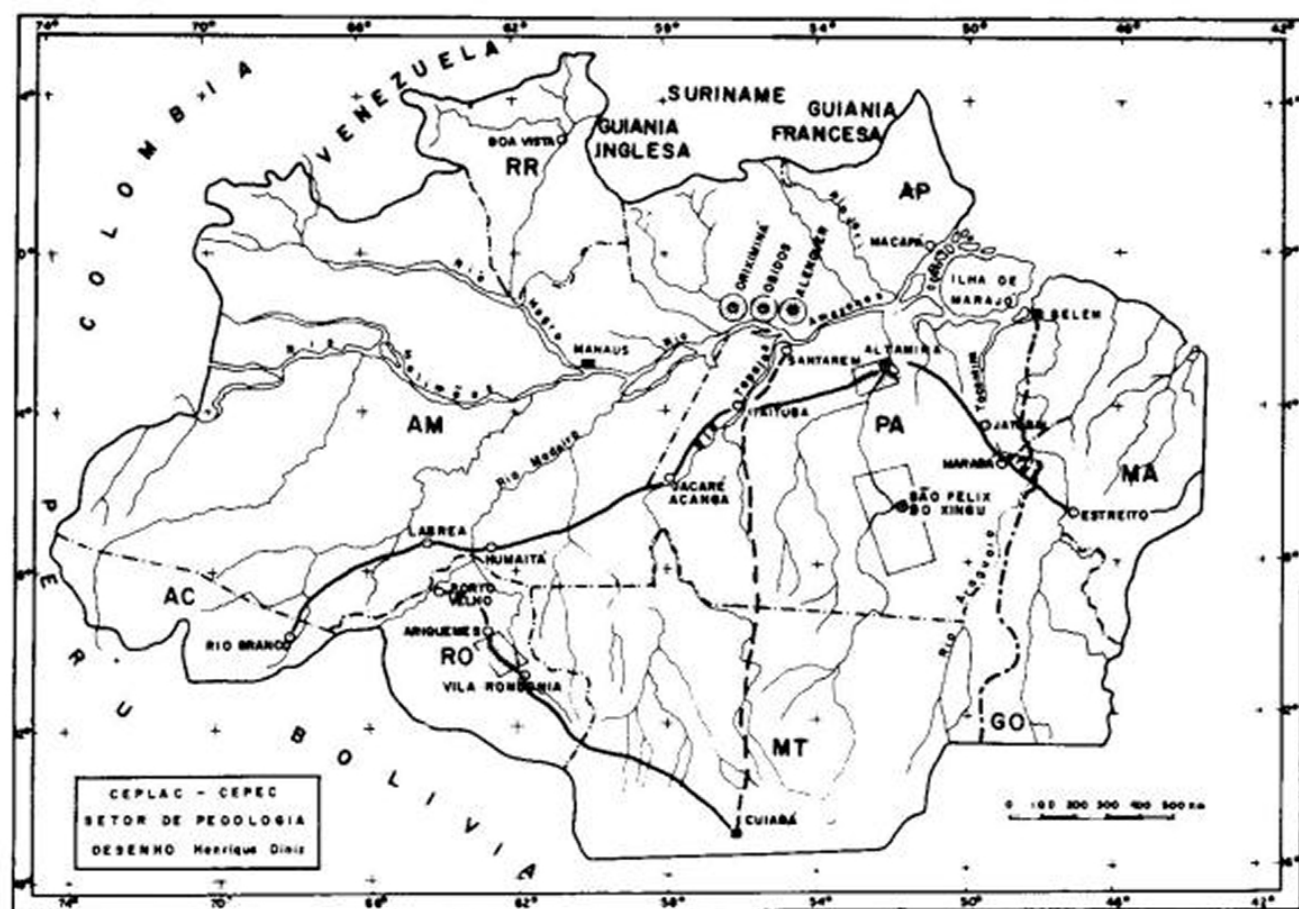


Figura 1 — *Distribución de los cuatro polos para cacao en la Amazonia Brasileña.*

mensual de 50 mm, para un total de alrededor de 300 mm (8). Tanto la temperatura ambiente como la humedad relativa, son bastante altas, registrándose promedias de 25,6°C a 26,6°C y 78 a 84%, respectivamente.

Aunque existen varios tipos de suelos, se presentan mucho los Alfisols (Tierra Rosa) originada de rocas básicas, cuya característica principal es su elevada fertilidad natural (Cuadro 1). Estos suelos son bien drenados, profundos y con buena capacidad para retener el agua. Con una extensión de cerca de 85.000 hectáreas, son

considerados suelos apropiados para el cultivo del cacao (7).

(2) **Bajo Amazonas** (Oriximiná, Óbidos e Alenquer)

Esta región comprende los municipios del Estado de Pará, en donde existen plantaciones nuevas de cacao con buen aspecto vegetativo (5).

Las condiciones climáticas son semejantes a las de la Transamazónica, con una precipitación anual de 1.800 mm, de los cuales el 80% cae durante los meses de diciembre a mayo.

Cuadro 1 – *Propiedades químicas de los Alfisols de la región de la carretera Transamazónica.*

Horizonte	pH (Agua)	Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	P (ppm)
A	6,0	0,0	6,4	0,55	0,02	6,97	3
B	6,0	0,0	4,0	0,05	0,02	4,07	3

El área disponible está calculada en alrededor de 60.000 hectáreas de suelos Alfisols (Tierra Rosa) y Oxisols eutróficos (Eutrothoxs) apropiados para el cultivo del cacao.

(3) **Sur del Pará** (São Felix do Xingu)

Trátase de una región de difícil acceso todavía, localizada en la confluencia de los ríos Xingu y Fresco.

El índice pluviométrico anual es elevado, presentándose también un período seco bien definido (13) y una área de Alfisols (Tierra Rosa) calculada en aproximadamente 1.000.000 de hectáreas (10).

(4) **Território Federal de Rondonia** (Trecho comprendido entre Ariquemes y Vila Rondonia)

El área está atravesada por la carretera BR-364 que conecta Porto Velho a Cuiabá y está drenada por grandes cursos de aguas, como el Jiparaná, Jaru y Jamari.

La precipitación anual es superior a los 1.800 mm, con índices

más altos entre octubre y abril, siendo los más bajos los comprendidos entre junio y agosto, con promedio mensual inferior a los 60 mm (Figura 2).

En dos áreas estudiadas, con 130.000 hectáreas, se identificaron siete grupos de suelos (6, 11), cuatro de los cuales fueron clasificados como Clase II (Buena) para cacao (12), haciendo un total del 70% del área estudiada.

Esta clase de suelo (unidades Ouro Preto, Xibiu, Rondonia y Viveiro) se caracteriza por una fertilidad media (Cuadro 2), profundidad efectiva superior a los 150 cm y buenas condiciones físicas.

Se estima en 500.000 hectáreas la superficie de esta región de suelos buenos para cacao, en donde ya se tienen resultados de cacaotales de 3 años de edad, con excelente desarrollo vegetativo.

Possibilidade del Polo Cacaotalero en Rondonia

El cultivo del cacao en Rondonia surgió como una alternativa

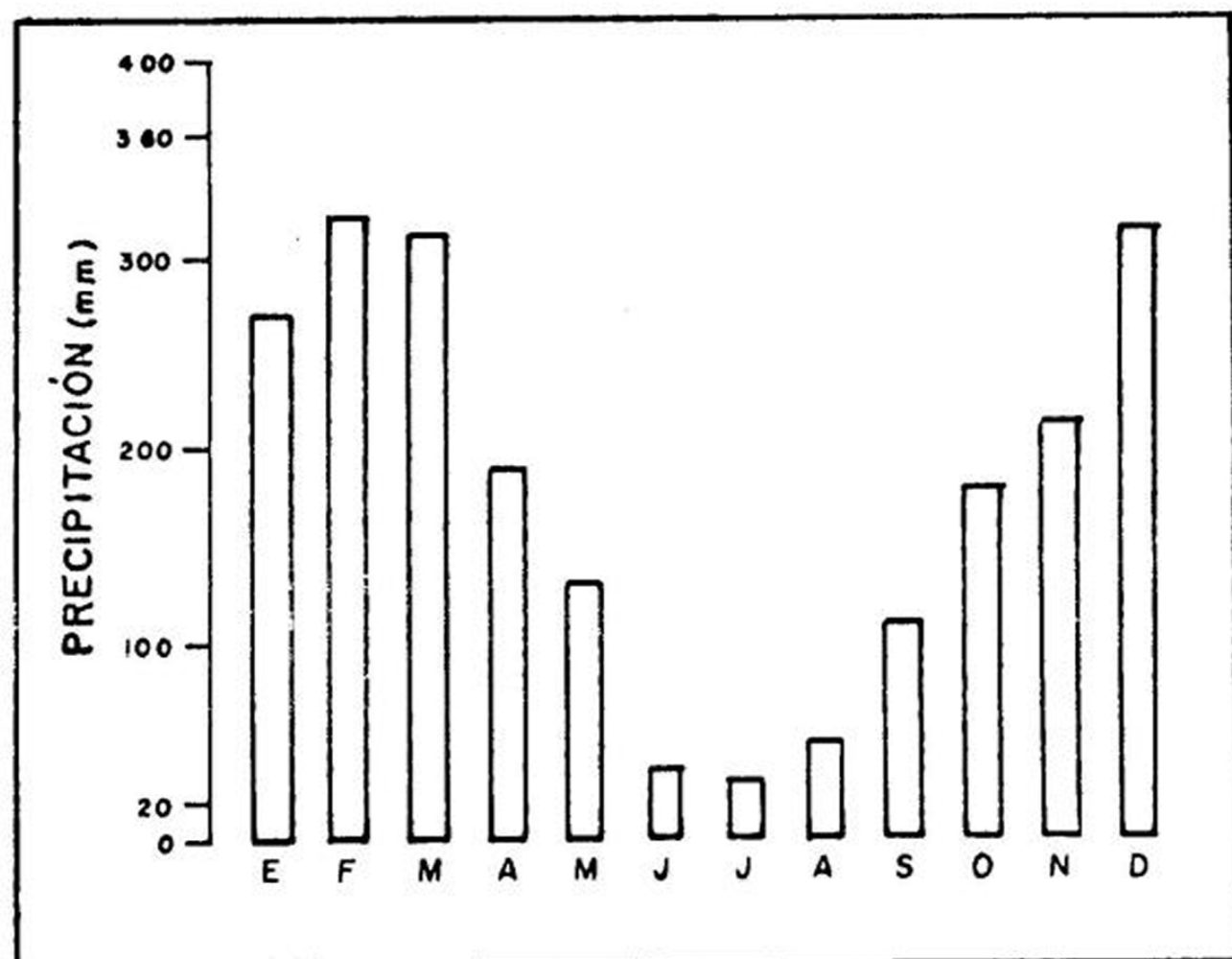


Figura 2 — Promedios mensuales de lluvia (1961 — 1970).

Cuadro 2 — Algunas características químicas de suelos buenos para cacao en el Territorio Federal de Rondonia: Proyecto de Colonización de Ouro Preto.

Unidades	Nº de Muestras	Prof. (cm)	pH	Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺	K ⁺	P (ppm)
Ouro Preto	13	00-20	6,3	0,0	6,7	0,34	6,0
	7	20-40	6,0	0,0	4,1	0,25	1,0
Xibiu	22	00-20	6,3	0,0	4,9	0,34	8,0
	9	20-40	6,3	0,0	3,8	0,42	5,0
Rondonia	7	00-20	6,5	0,0	5,4	0,21	9,3
Viveiro	6	00-20	6,1	0,0	4,3	0,24	3,4
	3	20-40	5,9	0,1	1,9	0,20	1,0

para fijar el agricultor a la tierra (1), en los proyectos de colonización oficial del INCRA (Instituto Nacional de Colonización y Reforma Agraria), iniciándose con el Proyecto Integrado de Colonización Ouro Preto, situado en las orillas de la Carretera Cuiabá-Porto Velho, distante 320 kilómetros de Porto Velho, capital del Territorio Federal de Rondonia.

Allí, fueron sembradas 645 hectáreas de cacaotales, en el período comprendido entre 1971-1974, reuniendo 228 familias de agricultores (9).

El desarrollo de los cacaotales, gracias a las buenas condiciones edafo-climáticas y al material genético utilizado, es bastante prometedor. La producción se inicia entre los 18 y los 20 meses de edad, alcanzando 150 kilos de cacao seco por hectárea y por año, a los 3 años, esperándose una producción de 1.000 a 1.200 kilos aproximadamente, por hectárea, para el octavo año.

A partir del año agrícola 1975/76 se trabajará con 210 familias, utilizándose una área promedia familiar de 10 hectáreas, debido a dos razones principales (2): 1. Puede ser explotada con la fuerza de trabajo del conjunto familiar; y 2. Proporciona un nivel de renta satisfactorio.

De las 4.200 familias establecidas hasta 1974 en el Proyecto Integrado de Colonización Ouro

Preto (9), 2.800 están en suelos favorables al cultivo del cacao. Se pretende trabajar con 2.500 familias, lo cual daría una superficie global de 25.000 hectáreas. Trabajo igual será desarrollado en otros núcleos de colonización, desde que dispongan de suelos y clima aptos para el cultivo del cacao.

Sistemática para la Implantación de los Polos Cacaotaleros

La implantación del cultivo del cacao en la Amazonia Brasileña, es deseable desde tres aspectos básicos (3):

1. Estratégico, por tratarse de un cultivo capaz de fijar el hombre a la tierra y colaborar en la ocupación de los vacíos demográficos;
2. Ecológico, por tratarse de un cultivo típicamente conservacionista y mantenedor del equilibrio ambiental; y
3. Económico, por asegurar al agricultor una remuneración conveniente, contribuyendo a mejorar las balanzas de pagos regional y nacional, a través del crecimiento del encaje bancario.

Para la implantación de los polos cacaotaleros amazónicos, deberá utilizarse la forma de acción dada a los cacaotales familiares de Rondonia, descrita anteriormente, estimulando también las em-

presas grandes y medianas, como ya se está haciendo en Rondonia. La empresa de tamaño mediano estará constituida por tierras en su-basta, con extensiones máximas de 1.000 hectáreas y cuyo propietario se comprometerá a cultivar con cacao, por lo menos el treinta por ciento de su área.

Complementando las actividades dirigidas hacia al establecimiento de los cacaotales mediante la conjunción de esfuerzos del INCRA-CEPLAC, surgirán plantaciones con agricultores autónomos, y grandes proyectos que contarán con la ayuda de los incentivos fiscales de la SUDAM (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia) y del IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal).

De esta manera, el esfuerzo conjunto de pequeños, medianos y grandes cultivadores de cacao localizados en los lugares pre-establecidos de la Amazonia, será posible la implantación en los próximos diez años, de una superficie global de 200.000 hectáreas.

CONCLUSIONES

Los polos cacaotaleros de la Amazonia Brasileña en términos de política agrícola, son importantes porque permiten una mejor distribución de la producción de cacao en el país, evitándose las fluctuaciones indeseables, ocasionadas por la participación casi exclusiva de un Estado (Bahía), cuya producción está en aproximadamente el 95% del total nacional.

Además, los datos recogidos en 645 hectáreas de cacaotales en Rondonia que hacen posible este polo amazónico, pueden utilizarse en otros polos, debido a las condiciones edafo-climáticas similares.

Gracias a las posibilidades de expansión del cultivo del cacao con la utilización de estas áreas de la Región Amazónica, se llega a la conclusión de que los suelos aptos para este cultivo, pueden cubrir una extensión de más de un millón de hectáreas.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Luiz Carlos Cruz por las sugerencias, revisión y traducción del presente artículo.

LITERATURA CITADA

1. ÁLVARES-AFONSO, F.M. Possibilidades de implantação de cacauais no Território Federal de Rondonia. Relatório de Viagem.

- Itabuna, Bahia, Centro de Pesquisas do Cacau, 1970. 71 p. (Datilografado)
2. ÁLVARES-AFONSO. O polo cacaueiro de Rondônia. s.1., CEPLAC, (Programa Especial da Amazônia).
 3. ————. Os polos cacaueiros da Amazônia. s.1., CEPLAC, (Programa Especial da Amazônia). *
 4. ALVIM, P. de T. y ROSÁRIO, M. Cacau ontem e hoje. Ilhéus, CEPLAC, 1972. 83 p.
 5. DIAS, A.C.P. y MELO, A.A.O. de. Seleção de áreas de solos bons para cacau nos Estados do Pará e Amazonas; (Relatório de viagem). In Itabuna, Brasil, Centro de Pesquisas do Cacau. Informe Técnico 1974. (no prelo).
 6. ————. Solos do Projeto Ouro Preto; (Área de Expansão II). Itabuna, Brasil, Centro de Pesquisas do Cacau, 12 p. (Datilografado)
 7. FALESI, I.C. y BASTOS, T.X. Zoneamento agrícola da Amazônia; 1a. aproximação. Boletim Técnico do IPEAN nº 54: 1-153. 1972.
 8. ————. Solos da rodovia Transamazônica. Boletim Técnico do IPEAN nº 55: 1-196. 1972.
 9. INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. INCRA na Amazônia Ocidental, conquistando, humanizando. Rio Branco, Acre, 1974.
 10. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Projeto RADAM. Levantamento de recursos naturais; folha SB. 22 Araguaia e parte da folha SC. 22 Tocantins. Rio de Janeiro, Brasil, 1974. v. 4. p. irr.
 11. SILVA, L.F. da, CARVALHO FILHO, R. y SANTANA, M.B.M. Solos do Projeto Ouro Preto. Itabuna, Brasil, CEPEC, Boletim Técnico nº 23. 1973. 31 p.
 12. ———— y ————. Classes de solos para cacau na Bahia, Brasil. Revista Theobroma 1(2): 39-54. 1971.
 13. VIEIRA, L.S., OLIVEIRA, N.V.C. y BASTOS, T.X. Os solos do Estado do Pará. Cadernos Paraenses nº 8: 1-175. 1971.

RESUMEN

La no disponibilidad de áreas extensas de suelos aptos para el cultivo del cacao en el Estado de Bahía, es un factor limitante para que el Brasil supla las necesidades del mercado internacional en los próximos diez años.

En consecuencia, el "Centro de Pesquisas do Cacau" está estudiando la posibilidad de establecer nuevos polos de implantación de cacaotales, principalmente en la Región Amazónica, que tengan condiciones edafoclimáticas similares a las de la tradicional Región Cacaotalera de Bahía. Entre estos polos se destacan los siguientes:

1. Transamazónica
2. Bajo Amazonas (Alenquer, Óbidos y Oriximiná)
3. Sur del Pará (São Felix do Xingu)
4. Amazonia Occidental (Rondonia).

Cuentan con suelos de fertilidad mediana a alta, profundidad efectiva superior a 150 centímetros, buena capacidad de retención del agua y están clasificados como aptos para el cultivo del cacao.

En Rondonia ya se tienen datos suficientes para la implantación de un polo cacaotalero, como lo demuestran las 645 hectáreas sembrados, con edad actual de 3 años y con un desarrollo vegetativo excelente.

La implantación del cultivo del cacao en la Amazonia, será orientada con base en tres modalidades:

1. A nivel de colono (10 hectáreas)
2. A nivel de haciendas medianas (300 hectáreas máximo)
3. A nivel de empresa (1.000 hectáreas).

De los estudios realizados, se concluye que en la Región Amazónica se consiguen suelos aptos para el cultivo del cacao, en una superficie de aproximadamente un millón de hectáreas.



INFORMAÇÃO AOS COLABORADORES

Os conceitos e opiniões, emitidos nos artigos, são da exclusiva responsabilidade dos autores. São aceitos para publicação trabalhos que se constituam em real contribuição para um melhor conhecimento dos temas relacionados com problemas agronômicos e sócio-econômicos de áreas cacaueiras.

Os artigos devem ser datilografados em espaço duplo, com o máximo de 2.500 palavras ou 10 folhas tamanho carta (28,0 x 21,5 cm), em uma só face e com margens de 3 cm por todos os lados. Os originais devem ser acompanhados de duas cópias perfeitamente legíveis.

Desenhos e gráficos devem ser feitos com tinta nankin e não ultrapassar a medida de 18,0 x 20,0 cm; as fotografias devem ter 15,0 x 23,0 cm, em papel fotográfico brilhante com bom contraste. As ilustrações devem ser numeradas e com legendas escritas a máquina, em papel separado. Recomenda-se não dobrá-las para evitar dificuldades na reprodução.

As referências no texto devem ser feitas pelo nome do autor, acompanhado do número de ordem da citação bibliográfica. Ex.: Medeiros (5), ou simplesmente (5). A *Literatura Citada* deve ser organizada por ordem alfabética dos autores, com número de ordem, usando-se o seguinte sistema:

5. MEDEIROS, A.G. Método para estimular a esporulação do *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. em placas de Petri. *Phyton* 22(1):73-77. 1965.

O resumo não deve exceder meia página datilografada, sendo acompanhado de versão em inglês. São aceitos artigos em português, espanhol, inglês e francês.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

Concepts and opinions given in articles are the exclusive responsibility of the authors. Only articles concerned with agronomic and social-economic problems of cocoa growing areas, which represent a new contribution to the subject, will be accepted for publication.

Articles should be typed in double spacing with a maximum of 2,500 words or 10 letter sized pages (28.0 x 21.5 cm) with a 3 cm margin on all sides, together with two legible copies.

Drawings and graphs should be prepared with India ink not exceeding 18.0 x 20.0 cm; photographs should be 15.0 x 23.0 cm glossy prints with good contrast. Illustrations must be numbered, with the machine typed subtitles on separate paper. To avoid reproduction difficulties it is recommended that enclosures should not be folded.

Text references should appear with the name of the author and/or the order number in the literature citation. The *Literature Cited* should be numbered in alphabetical order employing the following system:

5. MEDEIROS, A.G. Método para estimular a esporulação do *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. em placas de Petri. *Phyton* 22(1):73-77. 1965.

Articles are accepted in Portuguese, Spanish, English, and French.

