

**DISPONIBILIDAD DE BORO EN  
SUELOS DEL C-I-CARIBIA**

**Cesar Elías Baquero Maestro**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PALMIRA 1992**

16584

1993

06 JUL 1993

**BIBLIOTECA AGROPECUARIA  
DE COLOMBIA**

DISPONIBILIDAD DE NITRO EN  
SUELOS DEL C. I. CARIBIA

BIBLIOTECA AGROPECUARIA  
DE COLOMBIA

CESAR ELIAS BAQUERO MAESTRE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PALMIRA 1992

16584

✓ **DISPONIBILIDAD DE BORO EN  
SUELOS DEL C.I. CARIBIA**

**CESAR ELIAS BAQUERO MAESTRE**

Trabajo de Investigación  
presentado como requisito  
parcial para optar al título de  
Magister en suelo y aguas

**Director: Rodrigo Lora Silva I.Q., M.Sc.**

**Codirector: Adel González I.A., Ph.D.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
MAGISTER EN SUELO Y AGUAS**

**PALMIRA 1992**

ANALIZADO - Ref. 6609

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS - PALMIRA

ACTA DE JURADO DE TESIS DE POSGRADO EN SUELOS Y AGUAS

En Palmira, a los VEINTITRES ( 23 ) dias del mes NOVIEMBRE  
de 1992, se reunió en esta Facultad, el Jurado Calificador de Tesis, designado por el Comité Asesor  
del Posgrado, integrado por los doctores:

RODRIGO LORA SILVA - ALVARO GARCIA - EDGAR MADERO

Para calificar la Tesis de Grado de: CESAR ELIAS BAQUERO M.

Titulada: " DISPONIBILIDAD DE BORO EN SUELOS DEL C.I. CARIBIA

Después de oír el informe del Presidente de Tesis, doctor RODRIGO LORA

, se deliberó para conceptuar sobre la calificación correspondiente al  
mencionado trabajo de tesis; la votación acordada fué la siguiente:

Por "LAUREADA"	_____	Voto (s)
Por "MERITORIA"	<u>2</u>	Voto (s)
Por "APROBADA"	<u>1</u>	Voto (s)
Por "REPROBADA"	_____	Voto (s)

La Tesis fué calificada: "APROBADA".

En constancia de lo anterior se firma la presente Acta por quien en ella participaron:

Rodrigillo  
Presidente de Tesis

Juez de Tesis

Alvaro Garcia  
Juez de Tesis

Edgar Madero  
Juez de Tesis

NOTA: La calificación "REPROBADO O APROBADO" será otorgada por el Jurado Calificador. La mención "MERITORIA" será otorgada por el Consejo Directivo de la FACULTAD, a solicitud motivada y unánime del Jurado Calificador, la mención "LAUREADA" será otorgada por el Consejo Académico, a solicitud del Consejo Directivo de la Facultad, previa petición motivada y unánime del Jurado Calificador. En este último caso, el LAUREADO tendrá derecho a que la Universidad le publique su trabajo.

"El Presidente de tesis y los jurados examinadores no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato". (Artículo 24, Resolución 04 de 1974, de los Estatutos de la Universidad Nacional).

MINISTERIO AGROPECUARIO  
DE COLOMBIA

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a las siguientes personas:

- Al doctor Rodrigo Lora, por la dirección del trabajo.
- Al doctor Adel González, por toda su colaboración y orientación.
- Al doctor Oswaldo Rocha del IGAC por su asesoría en la descripción y clasificación taxonómica de los suelos.
- A los doctores Alvaro García, Amparo Rojas y Hernando Restrepo por su valiosa colaboración y orientación en el desarrollo del trabajo.
- Al doctor Ernesto Castillo, por facilitarme el trabajo en el laboratorio de suelos del C.I. Palmira.
- Al doctor Gilberto Gómez y a los obreros del grupo de frutales del C.I. Caribia por su colaboración en la toma de las muestras de campo.
- Al personal del laboratorio de suelos del C.I. Tibaitatá.
- Al personal del laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, Seccional Palmira.
- A la Señora Martha Giraldo por su desinteresada colaboración en el postgrado.
- Un reconocimiento muy especial a la Señora Paz Navarro y la familia Navarro Camargo por su apoyo y colaboración constante durante el desarrollo de mis actividades en el postgrado.

PAGINA DE CONTENIDO

	Pág
RESUMEN	XIII
SUMARIO	XV
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISION DE LITERATURA	4
3.1. GEOQUIMICA DEL BORO	4
3.2. FUENTES DE BORO	5
3.3. FORMAS DE BORO EN EL SUELO	6
3.4. SUELOS CON DEFICIENCIAS O EXCESO DE BORO	7
3.5. ADSORCION DEL BORO	8
3.5.1. ADSORCION DEL BORO POR MINERALES ARCILLOSOS	9
3.6. RETENCION DEL BORO POR LA MATERIA ORGANICA	10
3.7. CONDICIONES QUE FAVORECEN LA DEFICIENCIA DE B	11
3.7.1. CONTENIDO DE BORO EN LOS SUELOS	11
3.7.2. PH DEL SUELO	12
3.7.3. HUMEDAD DEL SUELO	13
3.8. ABSORCION Y TRANSPORTE DEL BORO EN LA PLANTA	14
3.9. FUNCIONES FISIOLÓGICAS DEL BORO EN LA PLANTA	16
3.9.1. CRECIMIENTO MERISTEMATICO	16
3.10. ESTADO DEL BORO EN COLOMBIA	17
3.11. METODOS UTILIZADOS EN LA EXTRACCION DE BORO	19
3.11.1. METODO BIOLÓGICO	19
3.11.2. METODOS QUIMICOS DE EXTRACCION	20
3.11.2.1. TRABAJOS EN COLOMBIA DE METODOS DE EXTRACCION	21
3.12. MODELO DE ISOTERMAS DE ADSORCION	22
3.12.1. ECUACION DE FREUNDLICH	22
4. MATERIALES Y METODOS	24
4.1. LOCALIZACION	24
4.2. SUELOS	24
4.3. GENERALIDADES SOBRE LA ZONA DE ESTUDIO	25
4.3.1. LOCALIZACION GEOGRAFICA Y EXTENSION	25
4.3.2. ASPECTOS CLIMATICOS	25
4.3.3. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS	26
4.3.4. ASPECTOS EDAFICOS	26
4.4. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS	27
4.4.1. SERIE TUCURINCA ( $Y_1X/1$ )	27
4.4.2. SERIE BANANERA ( $P_0A_2B_2/C$ )	27
4.4.3. SERIE $M_3A_2/C$	28
4.4.4. SERIE GUACAMAYAL ( $M_{12}X/C$ )	28
4.4.5. SERIE $M_0A_2/C$	28
4.5. PROCEDIMIENTO DE CAMPO	29

BIBLIOTECA AGRICOLA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COLOMBIA

4.5.1.	MUESTREO	29
4.5.2	CLASIFICACION TAXONOMICA DE LOS SUELOS	29
4.7.	DISEÑO EXPERIMENTAL	30
4.7.	FUENTE DE FERTILIZANTE	30
4.8	PROCEDIMIENTO DE INVERNADERO	30
4.8.1.	TRATAMIENTOS	31
4.8.2.	FERTILIZACION	31
4.8.3	PLANTA INDICADORA	33
4.9	METODOS ESTADISTICOS	34
4.10.	ANALISIS DE LABORATORIO	35
4.10.1	ANALISIS QUIMICO-FISICO	35
4.10.2	ANALISIS DE TEJIDO VEGETAL	36
4.10.3	ANALISIS DE BORO DE LA SEMILLA	36
4.10.4	CAPACIDAD DE ADSORCION DE BORO	37
4.10.5	ANALISIS MINERALOGICOS	39
4.10.5.1.	SEPARACION DE ARENAS Y ANALISIS MINERALOGICO.	39
4.10.5.2	SEPARACION DE ARCILLA Y ANALISIS MINERALOGICO	40
5.	RESULTADOS Y DISCUSION	41
5.1.	TAXONOMIA DE LOS SUELOS	41
5.2.	DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN LOS SUELOS	42
5.2.1.	SERIE TUCURINCA (Y <sub>1</sub> C/1)	42
5.2.1.1.	CULTIVOS DE FRUTALES	42
5.2.2.	SERIE BANANERA (P8A2B2/C)	43
5.2.2.1.	CULTIVOS DE FRUTALES	43
5.2.3.	SERIE M3A2/C	43
5.2.3.1.	CULTIVOS DE FRUTALES	43
5.2.4.	SERIE GUACAMAYAL (M12X/C)	44
5.2.4.1.	CULTIVOS DE FRUTALES	44
5.2.5.	SERIE M8A2/C	44
5.2.5.1.	CULTIVOS DE FRUTALES	44
5.3.	BORO DISPONIBLE EN LOS SUELOS ESTUDIADOS	47
5.4.	MINERALOGIA DE LOS SUELOS	51
5.4.1.	MINERLOGIA DE LA FRACCION ARENA.	51
5.4.2.	MINERLOGIA DE LA FRACCION ARCILLAS.	54
5.5.	ADSORCION DE BORO.	56
5.6.	EFECTO DE BORO EN LA SEMILLA	60
5.7.	EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LOS RENDIMIEN- TOS DE MATERIA SECA	61
5.8.	EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA CONCENTRA- CION DEL BORO EN EL TEJIDO FOLIAR DEL MAIZ	64
5.9.	ECUACIONES DE REGRESION	69
5.10.	EVALUACION DEL CONTENIDO DE LAS VARIABLES DEL SUELO pH, FOSFORO, CALCIO, MAGNESIO, POTASIO, Y BORO DESPUES DE COSECHADO EL MAIZ EN LOS SUELOS EN ESTUDIO	71
5.11.	CONTENIDO DE NITROGENO, FOSFORO, CALCIO, MAGNE- SIO Y POTASIO EN EL TEJIDO FOLIAR DEL MAIZ VA- RIEDAD ICA V-155 EN SUELOS BAJO ESTUDIO	76
5.12.	EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA ABSORCION FOLIAR DEL BORO	83

REGISTRO AGRICOLA  
 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

LISTA DE FIGURAS

No.	DESCRIPCION	Página
1.	CONTENIDO PROMEDIO DE BORO DISPONIBLE EN LAS SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA.	49
2.	CONCENTRACION PROMEDIA EN ppm DE B FOLIAR DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN LAS DISTINTAS SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA.	67

## LISTA DE TABLAS

No.	DESCRIPCION	Página
1.	TEXTURA Y CARACTERISTICAS QUIMICAS DE CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I CARIBIA ANTES DE SEMBRAR EL CULTIVO	32
2.	CONCENTRACION DE LAS SOLUCIONES DE BORO PARA LA PRUEBA DE LAS ISOTERMAS DE ADSORCION	38
3.	CONTENIDO PROMEDIO DE BORO EN LAS SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA	48
4.	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y BORO DISPONIBLE EN LOS PERFILES DE LAS CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA	50
5.	ANALISIS MINEROLOGICO DE ARENAS EN CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA	53
6.	COMPOSICION MINEROLOGICA DE LA FRACCION ARCILLA EN CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA	55
7.	CANTIDADES DE BORO DETERMINADAS EN EL SOBRENADANTE CON LAS DOSIS INDICADAS DE BORO AGREGADO	57
8.	PRODUCCION PROMEDIA DE MATERIA SECA DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN G/MATERA EN CONDICIONES DE INVERNADERO PARA LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS EN LOS CINCO SUELOS	62
9.	CONCENTRACION DE B EN ppm EN EL TEJIDO FOLIAR DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN SUELOS DE LAS CINCO SERIES DEL C.I. CARIBIA.	66
10.	REGRESION LINEAL ENTRE EL CONTENIDO DE B FOLIAR DEL MAIZ Y EL MICRONUTRIENTE DISPONIBLE EN LOS CINCO SUELOS DEL C.I. CARIBIA.	70
11.	PROMEDIO DE LAS VARIABLES DE SUELO EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN LAS CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA.	72

12.	PROMEDIO DE LAS VARIABLES DE SUELO EN CON- DICIONES DE INVERNADERO PARA LOS DISTIN- TOS TRATAMIENTOS EN LAS CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA.	73
13.	CONTENIDOS FOLIARES DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 PARA N, P, Ca, Mg, K y B Y RELACION Ca:B Y K:B PARA LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LOS SU- ELOS DE LAS CINCO SERIES DE C.I. CARIBIA	77
14.	CONTENIDOS FOLIARES DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 PARA N, P, Ca, Mg y B BAJO CONDICI- ONES DE INVERNADERO EN LOS SUELOS DE LAS CINCO SERIES DEL C.I. CARIBIA.	78
15.	PROMEDIO DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA AD- SORCION DE B (mg/matera) EN EL MAIZ VARI- EDAD ICA V-155 PARA LOS CINCO SUELOS.	84
16.	MATRIZ DE CORRELACION ENTRE LAS VARIABLES DE SUELO; ENTRE LAS VARIABLES DEL SUELO Y LAS VARIABLES FOLIARES Y LA BIOMASA	86.

## LISTA DE ANEXOS

No.	DESCRIPCION	Página
1.1.	DESCRIPCION Y CLASIFICACION TAXONOMICA DE LOS PERFILES MODALES	108
1.2.	CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS PERFILES DE LOS SUELOS	118
2.1.	ANALISIS DE SUELOS DE LA SERIE TUCURINCA (Y <sub>1</sub> X/1), CULTIVO DE LIMON, TORONJA, MANGO Y PAPAYA.	120
2.2.	ANALISIS DE SUELOS DE LA SERIE BANANERA (P <sub>2</sub> A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> /C), CULTIVOS DE LIMON, TORONJA, MANGO Y PAPAYA.	123
2.3.	ANALISIS DE SUELO DE LA SERIE M <sub>3</sub> A <sub>2</sub> /C, CULTIVOS DE LIMON, TORONJA, MANGO Y PAPAYA.	125
2.4.	ANALISIS DE SUELOS DE LA SERIE GUACAMAYAL (M <sub>12</sub> X/C), CULTIVOS DE LIMON, TORONJA Y PAPAYA.	127
2.5.	ANALISIS DE SUELO DE LA SERIE M <sub>6</sub> A <sub>2</sub> /C, CULTIVO DE TORONJA	128
3.1.	ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL MAIZ ICA V-155 EN CINCO SERIES DE SUELO DEL C.I. CARIBIA.	130
3.2.	PROMEDIOS DE RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN G/MATERA EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN LOS CINCO SUELOS DEL C.I. CARIBIA.	131
3.3.	PROMEDIOS DE RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN G/MATERA EN CONDICIONES DE INVERNADERO PARA LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS EN LAS CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA.	133
3.4.	COMPORTAMIENTO DE LA VARIABLE RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN CINCO SERIES DE SUELO DEL C.I. CARIBIA.	134

3.5.	CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE CONCENTRACION DE B EN EL TEJIDO VEGETAL DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN CINCO SERIES DE SUELO DEL C.I. CARIBIA.	135
3.6.	CONCENTRACION PROMEDIA DE B EN ppm EN EL TEJIDO FOLIAR DE MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN CONDICIONES DE INVERNADERO PARA LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS EN SUELOS DE LAS CINCO SERIES DEL C.I. CARIBIA.	135
3.7.	CONCENTRACION PROMEDIA DE B EN ppm EN EL TEJIDO FOLIAR DE MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN SUELO DE LAS CINCO SERIES DEL C.I. CARIBIA.	136
3.8.	ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA LAS VARIABLES DE SUELOS BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LAS CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA.	137
3.9.	ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO FOLIAR DE MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN PORCENTAJE PARA N, P, Ca, Mg, K y B EN ppm EN LAS CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA.	138
3.10.	PROMEDIOS DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA ADSORCION DE B (mg/materia) EN EL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 PARA LOS SUELOS EN CONJUNTO	139

## RESUMEN

En el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá, localizado en la Sabana de Bogotá, Mosquera (Cundinamarca, Colombia), a 2.640 msnm, temperatura promedio anual de 13.2 °C y precipitación anual de 631 mm, se efectuó un ensayo de invernadero con suelos de las cinco series del C.I. Caribia, utilizando maíz (*Zea mays* L.), variedad ICA V-155, como planta indicadora, con los siguientes objetivos:

1. Establecer la disponibilidad del boro en los suelos de las cinco series del C.I. Caribia.
2. Determinar en condiciones de invernadero la respuesta del maíz a las aplicaciones de boro en esas series.
3. Determinar la capacidad de adsorción de boro de los suelos y el efecto de las propiedades físico químicas y mineralógicas sobre el contenido del micronutriente en estudio.

Para el estudio se utilizaron suelos procedentes del primer horizonte. El contenido disponible de boro se determinó con el extractante fosfato monocálcico ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) en solución 0.008M y determinado colorimétricamente con azometina-H.

Se usaron materas plásticas a las cuales se le agregaron 2 Kilogramos de suelo del primer horizonte seco al aire, molido y tamizado con un tamiz de 2 mm. Los tratamientos utilizados fueron un testigo y cuatro niveles del micronutriente bajo estudio (0-0.7-1.4-2.1-2.8 Kg B/ha), en un diseño de bloques completamente al azar con cuatro replicaciones.

El resultado del análisis mineralógico indicó que los suelos son muy similares y mostraron predominio de cuarzo, feldespatos potásicos, anfíboles, biotita, epidota y ausencia de turmalina. La fracción arcilla mostró abundancia de caolinita y micas.

Los resultados indicaron que los suelos no adsorbieron B, utilizando el modelo de isoterma de Freundlich, lo cual es explicable por la ausencia de superficies reactivas (alofana) y óxidos e hidróxidos de Fe y Al.

BIBLIOTECA ACROPOLIS  
CARRERA 100 No. 100-100

En términos generales el contenido disponible de boro en los suelos del C.I. Caribia, está en el rango de medio a bajo, de acuerdo con los niveles críticos reportados por Lora (1990).

El contenido de boro disponible decrece con la profundidad, debido posiblemente a la disminución del contenido de materia orgánica.

La prueba de Duncan mostró diferencia significativa para rendimiento de materia seca para la serie M<sub>12</sub>X/C, que es la que presenta el menor contenido de boro disponible. En todos los suelos, el incremento en los niveles de B aplicados repercutió positivamente en una mayor absorción y concentración del mismo por parte de la planta de maíz.

Se describió un perfil modal en cada serie para su clasificación taxonómica. Los suelos de las series Y<sub>1</sub>X/1, M<sub>6</sub>A<sub>2</sub>/C, M<sub>12</sub>X/C se clasificaron como Ustifluvent; la serie P<sub>6</sub>A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>/C como Ustorthent y la serie M<sub>3</sub>A<sub>2</sub>/C como Ustrocept.

El pH del suelo mostró correlación positiva y altamente significativa con el P, Ca, Mg y K disponible del suelo, y positiva y significativa con el boro disponible del suelo.

Se encontró correlación positiva y altamente significativa entre el boro disponible extraído con fosfato monocálcico 0.008M (Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O) con el boro de la planta para los suelos en conjunto; igualmente la correlación fue positiva y altamente significativa cuando el análisis se efectuó individualmente para cada suelo.

Para complementar el estudio de invernadero se tomaron 320 muestras de suelo a profundidades de 0-20 cm y de 20-40 cm de cada una de las series bajo estudio para la realización del análisis granulométrico y determinación del contenido disponible de los nutrientes. Los resultados mostraron que todos los suelos presentan texturas livianas y tienen buen contenido de P y Ca medianos de Mg y K, bajos de materia orgánica y medios a bajos de boro.

Es recomendable, bajo condiciones de campo, determinar el efecto de dosis y métodos de aplicación de boro en varios cultivos en el C.I. Caribia, y establecer los niveles críticos pertinentes.

## SUMMARY

At de National Research Center of Tibaitata, located en Bogota's savanna, Mosquera (Cundinamarca, Colombia), at 2640 meters above the sea level, annual average temperatura of the 13.2 °C and annual precipitation of 631 mm, was carried out a greenhouse experiment with solis of the five series of the Caribia Center,, using corn (*Zea mays* L.), Ica variety V-155, as indicator plant. The objectives were:

- 1- To establish the availability of boron in the soils of the five series.
- 2- To determine in greenhouse conditions the corn response to boron applications in these series.
- 3- To determine the boron adsorption capacity to the soils and the effect of the physical, chemical and mineralogical proprieties in the concentration of the micronutrient in reference.

In the research, the soils proceeding from the first horizon were used. The available content of boron was determined with monocalcic phosphate extract ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) and determined colorimetrically with azometine-H.

Plastic pots were used, in wich two kilograms of dray soil fatigued and screened with a 2 mm sifter were added. The treatment werea control and four levels of the micronutrient studied in a randomized desing with four replications.

The result of the mineralogical analysis indicated that the soils are very similar and have quartz adundance, potasic feldespat, amphiboles, biotit, epidote, and tourmaline absense. The fraction clay showed abundance pf kaolinite clay and micas.

The result indicated that the soils dis no adsorbed boron, when the isotherm of Fréunlich model was used. This is explainable by the absence of reactive surfaces (allophane), and Fe and Al oxides and hidroxydes.

In general terms the content of available boron in the soil of the Caribia Center is in the range medium to low, according to the critical levels reported by Lora (1990).

The content of available boron decrease with the depth, perhaps due to the low content of arganic material.

The Duncan proof showed a significant diference for the yield dry material in the serie  $M_{12}X/C$  which has the lowest boron content. In all series of soils the increase of boron levels applied influenced positively in a meyos absorption and concentration of boron at the corn plant.

To the taxonomical classification a typical profile was described in each series of soils. The serie  $Y_1X/1$ ,  $M_3A_2/C$ ,  $M_{12}X/C$  were classified as Ustifluvents; the serie  $P_3A_2P_2/C$  as Ustorthent and the  $M_3A_2/C$  as Ustropept.

The pH showed a positive and highly significance correlation with the available P, Ca, Mg and K; and positive and significant for the boron.

A positive correlarion and highly significance came across between the available boron extracted with monocalcic phosphate 0,008M ( $Ca(H_2PO_4)2H_2O$ ) and the boron in the plant for all series of soils; the correlation was positived and highly significant when the analysis was made individually for each soil.

To complete yhe greenhouse' research, 320 samples of the soils at dephts of 0-20 cms and 20-40 cm of each series were taken to realize an textural analysis and to determine the available content of the nutrient. The results showed that the soils prsent a light texture and have a good contens of P and Ca; middle of Mg and K; low in organic material and middle to low in boron.

Under field conditions is necessary to determine the effect of level and methods of application of boron to some crops Caribia Center, and establish the critical levels of boron to diferente crops.

## 1. INTRODUCCION

Existen muchos factores en los suelos que limitan la disponibilidad del boro para las plantas, trayendo como consecuencia deficiencias de este elemento; estos son el contenido de boro en el suelo, pH, estados hídricos del suelo, la temperatura, la interacción con otros nutrimentos, malas prácticas de manejo e introducción de nuevos cultivos y variedades mejoradas (Bradford, 1966).

Muchas son las anomalías causadas por la deficiencia de boro. Trabajos realizados en varios países describen los síntomas característicos de este elemento en una gran variedad de cultivos; estas deficiencias causan bajos rendimientos en las cosechas como consecuencia de las bajas producciones y la mala calidad de los productos.

El Centro de investigación Caribia del Instituto Colombiano Agropecuario, se encuentra ubicado en la zona bana-

nera del departamento del Magdalena, la cual tiene una gran importancia en términos de extensión como también de su figuración como una de las regiones de Colombia de mayor desarrollo agrícola. En dicho Centro el ICA tiene una amplia área sembrada con varias especies de frutales como cítricos, mangos, papaya y otros cultivos como palma africana de aceite, en los cuales se han observado síntomas característicos de deficiencia de boro, circunstancia que motivó la realización del presente trabajo.

En consecuencia por las razones anteriormente expuestas, este trabajo se propone evaluar la disponibilidad del boro para las plantas y los factores que están interviniendo en la baja disponibilidad del elemento en suelos pertenecientes a cinco series localizadas en el C.I. Caribia.

## 2. OBJETIVOS

- A. Establecer la disponibilidad del boro en suelos de las cinco series del C.I. Caribia.
- B. Determinar en condiciones de invernadero la respuesta del maíz a las aplicaciones de boro en esas series.
- C. Determinar la capacidad de adsorción de boro de los suelos y el efecto de las propiedades físico químicas y mineralógicas sobre el contenido disponible del micronutriente bajo estudio.

### 3. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1. GEOQUIMICA DEL BORO

El boro es un elemento no metálico, tiene una valencia de +3 y el radio iónico más pequeño = 0.23 Å de los siete microelementos esenciales para las plantas (Maurice, 1960).

El boro es un elemento que predomina en las rocas sedimentarias y es más abundante en los esquistos que en las calizas. En general los suelos con influencias marinas son ricos en boro.

En las rocas ígneas, el boro es más abundante en los granitos que en los basaltos y se encuentra bajo forma de borosilicatos.

La turmalina (3 a 10% de boro) es el más común de los minerales boratados y constituye un mineral complementario

de las rocas graníticas; este mineral es altamente resistente a la meteorización. Se ha encontrado que a medida que se descompone, el boro se hace más disponible para las plantas (Berger, 1949; Krauskopf, 1972 y Loué, 1980).

Según Krauskopf (1972), los minerales más comunes de boro son los siguientes:

- Boratos hidratados: Borax:  $B_4O_7 \cdot Na_2 \cdot 10 H_2O$   
Colemanita:  $Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$
- Boratos anhidro: Ludwigita:  $Mg_2 Fe BO_3$
- Borosilicatos: Turmalina:  $Na (Mg, Fe, Mn, Li, Al)_3$   
 $Al_6Si_6 O_{18} (BO_3)_3 (OH, F)_4$
- Axinita :  $(Ca, Mn, Fe)_3 Al_2 BO_3 Si_4 O_{12} (OH)$

### 3.2 FUENTES DE BORO

El boro es un elemento que se encuentra en la naturaleza interestratificado entre arcillolitas y limolita de la edad terciaria; en las aguas madres de lagos salados. También se encuentra en marismas mezclado con evaporitas. La abundancia del boro en materiales naturales (rocas y suelos) es muy variable; generalizando se tiene (en ppm): granitos 20, areniscas de 19 a 43, arcillolitas de 58 a 112, calizas y dolomitas de 20 a 34 y en los suelos, de 20 a 700.

Algunos minerales que tienen grupos hidroxilados en su estructura, como la biotita y los anfíboles, pueden tener pequeñas cantidades de boro. En las rocas serpentínicas ultrabásicas se encuentran apreciables cantidades de boro. En las pizarras el boro puede presentarse como borato de calcio y magnesio o en el complejo de hierro y aluminio.

Las aguas de irrigación contienen cantidades variables de boro entre 0.16 y 0.2 ppm.; cuando contiene más de 0.75 ppm, los suelos pueden llegar a niveles tóxicos del elemento (Olarte, 1961).

Otra fuente es el aire contaminado por los productos volátiles producidos por la combustión de carbón mineral. En ese medio el boro es altamente soluble (Loué, 1988).

### 3.3. FORMAS DE BORO EN EL SUELO

Según Eaton (1980), el boro total que se encuentra en el suelo se puede dividir en formas orgánicas e inorgánicas.

El boro inorgánico se encuentra disuelto en la solución del suelo como ácido bórico en forma de boratos solubles,

adsorbido sobre la superficie de arcillas, óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio o precipitados en compuestos de baja solubilidad en combinación con hierro, aluminio y calcio.

El boro orgánico se encuentra en forma de ésteres de ácido bórico con compuestos hidroxílicos que se originan en los procesos de transformación de la materia orgánica; en esta forma no es disponible para las plantas y para ello es necesario su mineralización, proceso que es muy poco conocido (Fassbender, 1975).

#### 3.4. SUELOS CON DEFICIENCIAS O EXCESO DE BORO

Clases de suelos en donde según varios autores citados por Bradford (1966), se pueden presentar deficiencias de boro.

- a) Suelos bajos en boro, lo cuales se derivan de rocas ígneas ácidas o de depósitos sedimentarios de agua dulce.
- b) Suelos de naturaleza ácida en los cuales, el boro original se ha perdido por lavado.
- c) Suelos de textura liviana.

- d) Suelos alcalinos, especialmente si contienen calcio libre.
- e) Suelos bajo riego donde el contenido de boro en el agua es bajo y en donde hayan ocurrido deposiciones de sales.
- f) Suelos bajos en materia orgánica.

Clases de suelos en donde según varios autores citados por Bradford (1966), se pueden presentar exceso de boro.

- a) Suelos derivados de sedimentos marinos.
- b) Suelos de regiones áridas.
- c) Suelos derivados de materiales parentales ricos en minerales boratados.
- d) Suelos afectados con aguas contaminadas con boro; aguas con un contenido mayor de 0.50 ppm de boro pueden ser tóxicas a plantas susceptibles.
- e) Suelos derivados de depósitos geológicos jóvenes.

### 3.5. ADSORCION DEL BORO

El boro se encuentra en la solución del suelo bajo formas no disociadas de ácido bórico  $H_3BO_3$  o como borato  $B(OH)_4$ , Shorrocks citado por Loué (1988).

El boro es adsorbido por los suelos en una forma más energética que los aniones  $\text{Cl}^-$  y  $\text{NO}_3^-$ . Las principales formas inorgánicas que adsorben boro son las siguientes según Ellis y Knezek (1972).

- Los hidróxidos de aluminio y hierro.
- Los óxidos de hierro y aluminio.
- Los minerales arcillosos y en particular los de tipo micas.
- Los hidróxidos de magnesio que recubren las superficies de descomposición de los minerales ferromagnésicos.
- Materiales alofánicos.

### 3.5.1. Adsorción del boro por minerales arcillosos

El boro es adsorbido por las arcillas de una forma similar a la de los metales pesados (Hodson, 1963).

La fijación de boro se realiza a través de la formación de compuestos complejos, por uniones de los grupos  $\text{OH}^-$  de hidróxido de hierro, aluminio y arcillas, con moléculas de boro, siendo el  $\text{Al}(\text{OH})_3$  uno de los compuestos más adsorbentes.

Entre las arcillas aquellas con estructuras micáceas como

la vermiculita, tienen una mayor habilidad de adsorción de boro, siendo en general: Vermiculita > Caolinita > Montmorillonita (Hingston, 1965).

Barbier y Chabannes, citados por Loué (1988), demostraron que la retención del boro soluble aumentaba de pH 3 a pH 9 para la caolinita. Según Keren y Gast (Keren 1960), las especies químicas de ácido bórico ( $B(OH)^{-3}$ ), boratos ( $B(OH)^{-4}$ ) e hidroxilo ( $OH^{-}$ ) estarían en competencia por los mismos lugares de adsorción. Los boratos y los hidróxilos presentan una mayor afinidad que el ácido bórico en las superficies de las arcillas.

Los estudios por medio del ciclo de secado y aplicación de humus han demostrado que la fijación del boro aumenta; esto ha sido interpretado como una sustitución del aluminio por el boro en las estructuras de las arcillas. La no recuperación del boro que se encuentra unido a una arcilla del tipo illita, tiende a sugerir que el boro penetra a la estructura de la arcilla y se queda retenido (Biggar, 1960).

### 3.6. RETENCION DEL BORO POR LA MATERIA ORGANICA

La materia orgánica juega un papel importante en la disponibilidad del boro en el suelo.

Una parte importante del boro es retenida por la materia orgánica de los suelos y liberada progresivamente por los microorganismos, según Sillanpaa citado por Loué (1988).

Según Hodson (1963), el mecanismo de retención no está bien claro, aunque está establecido que una parte importante del boro del suelo está ligada a la materia orgánica. Según Parks y White citados por Loué (1988), el boro sería retenido gracias a una unión con los productos intermedios de la descomposición de la materia orgánica y sería temporalmente no asimilable para las plantas.

La fijación de boro por humus se explica por reacciones con dihidroxicompuestos de la materia orgánica o aquellas que aparecen como productos intermedios en la descomposición microbiológica de la misma. Se considera que las uniones del boro con los carbohidratos son responsables de la retención del boro por la materia orgánica, Wear y Patterson citados por Vega (1981).

### **3.7. CONDICIONES QUE FAVORECEN LA DEFICIENCIA DE BORO**

#### **3.7.1. Contenido de boro en los suelos**

En general son bajos en boro los suelos de textura gruesa y pobres en materia orgánica. Los suelos más susceptibles

de presentar deficiencias de boro son lo que se han formado a partir de rocas ígneas ácidas y en particular en zonas con alta pluviosidad.

Los contenidos más bajos de boro se han encontrado en las regiones húmedas, donde los suelos son generalmente ácidos por efecto de la lixiviación (Loue, 1988).

### 3.7.2. pH del suelo

Es uno de los principales factores que determinan que el boro sea asimilable en los suelos; éste disminuye cuando el pH se eleva (Gupta, 1979).

La disminución de absorción de boro por las plantas a pH alto del suelo ha sido demostrada en trabajos realizados en varias especies de plantas.

Fassbender (1975), dice que el boro muestra una disponibilidad inversa al pH; al aumentar el pH disminuye la disponibilidad del boro con el peligro de presentarse deficiencia.

La relación entre el pH, el calcio disponible y el estado del boro en el suelo, no es bien conocida. Ha sido demos-

trado sin embargo, que los síntomas de la deficiencia de boro están asociados con altos valores de pH y que el consumo de boro para las plantas se reduce si se incrementa el pH del suelo (Tisdale, 1970).

Según Hodson (1963), la fijación de boro llevada a cabo tanto por hidróxidos de hierro y aluminio como las arcillas, aumenta con el pH, presentándose un máximo aproximadamente entre pH de 8 y 9 y un mínimo a pH 5.

### **3.7.3. Humedad del suelo**

Es un factor importante en el caso del boro; puede presentarse una acumulación excesiva de boro en los horizontes superficiales en zonas áridas y por el contrario en zonas muy lluviosas se presentan contenidos muy bajos.

La sequía disminuye la mineralización de la materia orgánica y por lo tanto el suministro de boro para las plantas (Berger, 1949).

Walker y otros, citados por Berger (1949), observaron que la deficiencia de boro era más severa donde el suelo se secaba más durante el año; encontraron efectos positivos del secamiento del suelo en la retención del boro.

Según Laird, y Núñez, citados por Ricardo (1976), en condiciones de sequía las deficiencias de boro se acentúan por las siguientes razones:

- a) Reducción en la velocidad de descomposición de la materia orgánica.
- b) Penetración de las raíces a capas profundas pobres en materia orgánica.
- c) Aumento en la fijación de fósforo lo que acentúa las exigencias de boro.
- d) Lo primero que se seca es la superficie del suelo, en donde se encuentra la mayoría del boro aprovechable y la mayor parte del sistema radical. La planta bajo estas circunstancias, no puede absorber boro para satisfacer sus necesidades fisiológicas; por lo tanto pueden aparecer deficiencias de boro.

### 3.8. ABSORCIÓN Y TRANSPORTE DEL BORO EN LA PLANTA

El boro es absorbido por las plantas bajo la forma de ácido bórico no disociado, o bajo la forma del anión borato.

Hay pocos resultados de experiencias de muy corta duración sobre la absorción del boro, y hay divergencia, en lo que concierne al carácter pasivo o más activo de la absorción de boro (Loué, 1983).

Diversos investigadores han demostrado que la absorción de boro es un proceso no metabólico. Tanaka, citado por Loué (1988), indica que una parte del boro absorbido por las raíces del girasol lo era pasivamente, con formación de un complejo de borato y polisacáridos en el espacio libre.

El boro es relativamente poco móvil en las plantas; el transporte de las raíces a los tallos se realiza de una forma pasiva, bajo formas inorgánicas o bajo forma de complejos borato-azúcares, siguiendo el flujo de la transpiración. El ritmo de la transpiración ejerce una influencia marcada sobre el transporte de boro hacia las partes altas de las plantas. Se admite generalmente que el boro es transportado únicamente en el xilema y es en gran parte inmóvil en el floema.

Existe por otra parte muy poco boro detectado en el floema. El boro no migra por lo tanto de las hojas hacia los nuevos puntos de crecimiento donde existe la necesidad de un suministro adecuado del elemento.

En definitiva los principales factores de los que depende la absorción del boro por las plantas en el suelo son: el

contenido de boro disponible en el suelo, el flujo de savia en el xilema y el ritmo de la transpiración (Loué, 1983).

### 3.9. FUNCIONES FISIOLÓGICAS DEL BORO EN LA PLANTA

#### 3.9.1. Crecimiento meristemático

Un aspecto general de la deficiencia de boro es el mal desarrollo de los tejidos meristemáticos tanto a nivel de los brotes como de las raicillas. Cuando se presenta deficiencia de boro se afecta la división celular y por consiguiente el primer síntoma que aparece es un atrofiamiento de los tejidos más jóvenes. (Gupta, 1979).

Históricamente en 1915 Marze fué el primero en informar que el boro era esencial para el crecimiento del maíz, y en 1931 demostró claramente que el corazón negro de la remolacha azucarera era debido a deficiencia de este elemento. En las plantas el boro es muy importante en la división celular; tiene efecto en la floración y fructificación, en la germinación del polen y en el metabolismo del nitrógeno; activa la absorción de sales, el metabolismo de las sustancias pécticas y metabolismo del agua. Tiene cierta influencia en la nitrificación y otros procesos microbiológicos.

Los síntomas de deficiencia en la planta por falta de boro, varían con el tipo y edad de la planta. El primer síntoma es la muerte de la yema terminal.

Las plantas varían según los requerimientos de boro en relación con el contenido aprovechable en los suelos extraídos con agua caliente: menos de 0.1 ppm los cereales y los pastos; de 0.1 a 0.5 ppm el tabaco, algodón y los frutales; de 0.5 ppm en adelante la alfalfa, los tréboles, el repollo y otras plantas (Marin, 1959).

### 3.10. ESTADO DEL BORO EN COLOMBIA

Bravo (1957), en un estudio hecho para determinar el contenido de boro disponible por el método biológico, en 8 suelos del Valle del Cauca, comprendidos entre Palmira y el río Fraile, encontró que los suelos de esta zona en general son bastante pobres en boro en la capa comprendida entre los 30 y 60 cm de profundidad.

Según Lora (1969), en estudios llevados a cabo por el programa de suelos del ICA, en relación con elementos menores, encontró que el boro es el elemento más comúnmente limitante dentro de varias regiones de Cundinamarca y Boyacá (clima frío) y el Valle geográfico del Río Cauca (clima caliente).

En condiciones de invernadero se ha encontrado respuesta altamente significativa a la aplicación de este elemento.

En un experimento realizado en el C.I. Palmira del ICA con 6 variedades de alfalfa, con bórax y sin bórax, aplicando el boro en forma de tetraborato de sodio a razón de 30 kg/ha, se obtuvo un aumento de la producción de heno en algunos casos hasta del 300% (Crowder, 1958).

Trabajos realizados por Sánchez (1967), sobre palma africana en el Meta, dan cuenta de la presencia de "hoja pequeña", la cual se encuentra asociada con una deficiencia de boro y la anomalía puede corregirse, mediante la aplicación de unos 30 g de borax en la axila de la décima hoja de arriba hacia abajo, contando a partir de la primera hoja que está completamente desarrollada.

Garavito (1976), en un trabajo realizado en el Valle del Cauca para determinar los factores que intervienen en la baja disponibilidad de boro encontró que los suelos deficientes en boro presentaron alto contenido de carbonato de calcio, reacción fuerte al HCL, pH mayor de 7.3, contenido bajo de boro total (10-15 ppm), ausencia de turmalina u otro mineral portador de boro y alta fijación de este elemento.

En un estudio realizado por Patiño et al (1975), para determinar el agente causal de la enfermedad conocida como "rayadilla" en plátano y banano en la zona cafetera del norte de Caldas, se utilizaron los siguientes criterios para el diagnóstico de la afección: manifestaciones sintomatológicas en los cultivos estudiados; manifestaciones en otros cultivos; análisis de suelos y de tejidos vegetales; ensayo preliminar de campo. La combinación de varios de estos criterios, se consideró válida para el diagnóstico, por parte de muchos autores. Con base en estos criterios se concluyó que la enfermedad es la manifestación de la deficiencia de boro.

### **3.11. METODOS UTILIZADOS EN LA EXTRACCION DE BORO**

#### **3.11.1. Método biológico**

Usan plantas indicadoras para la extracción del nutriente a investigar.

Bravo (1957), indica que las pruebas biológicas dan las siguientes ventajas:

- a) Mayor sensibilidad que los análisis químicos.
- b) Métodos económicos para análisis del suelo.
- c) Usos de pequeñas muestras de tierra.
- d) Técnica fáciles de realizar.

MacInteer y Winterberg (1946), afirman que los ensayos en macetas sirven para establecer ciertos principios básicos en los trabajos agronómicos, teniendo la ventaja de anticipar información muy precisa sobre el comportamiento de los experimentos en campo realizados en una escala más amplia.

### 3.11.2. Métodos químicos de extracción

Se basan generalmente en el uso de soluciones extractantes para determinar las sustancias nutritivas en ellas.

Según Robertson y Silva citados por Bravo (1957), una de las principales fallas de los análisis químicos, es el hecho de que ellos no suministran información alguna de temperatura, lluvias, drenajes, actividad bacterial, etc. En esta forma una determinación biológica está más cerca de las condiciones naturales que el análisis químico, el cual necesita siempre como complemento un trabajo biológico para confiar en él.

Existen muchos métodos químicos de extracción de boro; en nuestro medio los más usados son el de agua caliente, cloruro de calcio 0.01 M, acetato de amonio 1 N y fosfato monobásico de calcio 0.008 M (Camelo et al, 1982).

### 3.11.2.1. Trabajos realizados en Colombia utilizando diferentes métodos de extracción

Guerrero y Burbano (1978), demostraron que los suelos del Altiplano de Pasto, sometidos a cultivos intensivos con frecuentes aplicaciones de cal, presentaban una baja disponibilidad de boro (extraído con agua caliente), en comparación con los suelos bajo pradera, resultado que estaba asociado a una relación inversa entre la disponibilidad de boro y la saturación de calcio en el suelo.

Camelo y Rojas (1982), estudiaron la correlación de cuatro métodos de extracción del boro disponible en suelos, con el contenido de boro absorbido por plantas de girasol. Los métodos utilizados fueron: agua caliente, cloruro de calcio 0.01 M, fosfato monobásico de calcio 0.008 M y acetato de amonio 1 N y pH 4.8; encontraron que los métodos de extracción que mejor correlacionaron con el boro absorbido por la planta fueron el de agua caliente y el del fosfato monobásico de calcio 0.008 M.

En un estudio sobre el boro aprovechable realizado por Vega (1981), en algunos suelos del Departamento del Magdalena, se encontraron valores altos de boro disponible con los extractantes agua caliente y fosfato monobásico de calcio.

Bruges (1975), realizó una evaluación general de los micronutrientes en el centro de investigaciones Caribia; utilizó dos métodos de extracción: Carolina del Norte que emplea una solución de  $H_2SO_4 + HCl$ ; y el método de DTPA, para Fe, Cu, Mn y Zn y encontró correlación entre los métodos pero no entre éstos y la extracción por la planta (pasto manawa y maíz). También encontró valores bajos de boro en las tres series de suelo estudiadas usando como extractante fosfato monobásico de calcio 0.008 M.

### 3.12. MODELO DE ISOTERMAS DE ADSORCION

El equilibrio del boro entre la fase líquida y sólida, ha sido descrito por las isotermas de adsorción de Langmuir y Freundlich según varios autores citados por Rojas (1988).

#### 3.12.1. Ecuación de Freundlich

La ecuación de Freundlich se expresa de la siguiente forma:

$$B_{ad} = K B_s^{1/n}$$

Donde:

$B_{ad}$  = Boro adsorbido por masa de adsorbente (ppm)

$B_s$  = Concentración de boro en la solución en equilibrio (ppm)

$1/n$  = Indica el grado de linealidad entre la concentración de la solución en equilibrio y la adsorción.

La escala logarítmica de la ecuación de Freundlich se escribe de la siguiente manera:

$$\log B_{ad} = 1/n \log B_s + \log K$$

En esta forma  $1/n$  y  $K$  pueden ser fácilmente resueltos ya que el logaritmo de  $K$  es el intercepto y  $1/n$  es la pendiente de la línea (Sing, citado por Rojas, 1988).

En toda la revisión de literatura que se consultó, no se encontró ningún tipo de información sobre alguna investigación realizada en los suelos de la zona bananera del Magdalena para detectar alguna causa que produzca la deficiencia de boro; de ahí la importancia que reviste realizar esta investigación.

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. LOCALIZACION

La investigación se llevó a cabo en el invernadero y laboratorio de suelos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá, situado en el Municipio de Mosquera, Departamento de Cundinamarca a 2.640 msnm, temperatura promedio anual de 13.2 °C y 631 mm de precipitación anual.

### 4.2. SUELOS

Se utilizaron cinco suelos pertenecientes a las cinco Series que predominan en el Centro de Investigación Caribia. De cada Serie se tomaron muestras de suelo a profundidad de 0-20 cm, para los ensayos biológicos en invernadero, análisis de caracterización, isoterma de adsorción y análisis mineralógico de los suelos. Además, de cada serie se tomaron 320 muestras al azar de los dos primeros horizontes para su caracterización analítica y establecer la disponibilidad del boro en los mismos.

### 4.3. GENERALIDADES SOBRE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 4.3.1. Localización geográfica y extensión

El Centro de Investigación Caribia del ICA, se encuentra ubicado en el Departamento del Magdalena, Municipio de Ciénaga, Corregimiento de Sevilla, 65 kilómetros hacia el Sur de la ciudad de Santa Marta, el cual se encuentra enmarcado geográficamente dentro de las coordenadas planas: 74° 8' 30" de longitud oeste y 10° 11' 0" de latitud norte, al Meridiano de Greenwich

La extensión total del centro es de 444 hectáreas y se encuentra situado a 20 msnm con un relieve plano cuyas pendientes varían entre 0 y 1.5% (Romero y Ramírez, 1970).

#### 4.3.2. Aspectos climáticos

La precipitación promedio anual es de 1.371,7 mm, que se distribuyen bimodalmente; la temperatura media anual es de 30.4°C, humedad relativa anual del 84% y según el sistema de zona de vida de Holdridge, la región se localiza dentro de la formación bosque seco tropical (bs-T) (Espinal, 1963).

COPIA PARA EL CENTRO DE INVESTIGACION CARIBIA

#### 4.3.3. Aspectos geomorfológicos

Estos suelos se han formado por meteorización de rocas ígneas y metamórficas de las capas terciarias y que consisten en estratos sucesivos de areniscas y arcillas de colores amarillos, pardos o grises de la edad oligocena y miocena.

Los ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta arrastraron materiales del terciario, dando como resultado un material parental muy silíceo con un gran porcentaje de cuarzo, cuarcitos, granitos biotíticos, granodioritas, minerales feldespáticos alcalinos y mica del tipo muscoita (Sagrocol, 1967).

#### 4.3.4. Aspectos edáficos

Los suelos son de origen aluvial, presentan texturas francas a francas arenosas, pH neutro, bajos de materia orgánica, altos en fósforo, la relación calcio magnesio es adecuada, de medio a bajos en potasio, conductividad eléctrica baja, presentan buen drenaje, son friables y fácilmente trabajables.

De acuerdo a la clasificación agrológica, los suelos per-

tenecen a la clase I y se encuentran agrupados dentro de la planicie aluvial, la cual representa el 50% del área total de la zona bananera del Magdalena (IGAC, 1971).

#### 4.4. CARACTERISTICAS DE LAS CINCO SERIES DE SUELOS ESTUDIADOS

##### 4.4.1. Serie Tucurinca ( $Y_1X/1$ )

Los suelos de esta serie representan el 46% del área total del C.I. Caribia; se caracterizan por tener un buen drenaje, textura que varía de franca a franca arenosa, colores de pardo grisáceo a pardo oliva, son friables, tienen poca retención de humedad, fertilidad moderada y son aptos para diferentes tipos de cultivos.

##### 4.4.2. Serie bananera ( $P_1A_2B_2/C$ )

El 23% del área del centro corresponde a esta serie y se caracteriza por presentar suelos profundos, bien drenados, texturas que varían de francas a francas arenosas, son friables; color pardo oliva, fertilidad moderada y apto para diferentes tipos de cultivos.

#### 4.4.3. Serie $M_{3}A_{2}/C$

Los suelos de esta serie representan el 15% del área total del Centro y se caracterizan por presentar texturas de franca a franca limosas bien drenados, colores de pardo grisáceo a pardo oliva, son friables, la fertilidad de moderada a buena y aptos para los diferentes cultivos de la zona, especialmente cultivos anuales o perennes de raíces superficial.

#### 4.4.4. Serie Guacamayal ( $M_{12}X/C$ )

El 11% del área total del Centro corresponde a esta serie y se caracteriza por presentar texturas francas, francas limosas y arenosas; bien drenados y profundos, de colores pardo grisáceo a oscuro, son friables, fertilidad moderada y son aptos para la mayoría de los cultivos de la región.

#### 4.4.5. Serie $M_{2}A_{2}/C$

Los suelos de esta serie representan el 5% del área total del Centro y se caracterizan por presentar textura franca, bien drenados, presentan colores de pardo oscuro a pardo amarillento, son friables, tienen poca retención de humedad y son aptos para la mayoría de los cultivos tropicales anuales y de raíces superficiales de la zona.

#### 4.5. PROCEDIMIENTO DE CAMPO

Para la presente investigación se seleccionaron 80 has que están cultivadas de frutales, (20 has de mango, 20 has de toronja, 20 has de limón y 20 has de papaya), las cuales están distribuidas en las cinco series de suelos que predominan en el C.I. Caribia.

##### 4.5.1. Muestreo

Se tomaron cuatro muestras de suelo por hectárea, dos de 0 a 20 cm y dos de 20 a 40 cm de profundidad; estas muestras estaban compuestas de una mezcla de ocho submuestras que se tomaron al "azar" en distintos sitios de cada hectárea.

Del área estudiada de cada serie le correspondió una extensión que a continuación se detallan.

1 - Serie Tucurinca ( $Y_{1X/1}$ ) :	33 has
2 - Serie Bananera ( $P_{12}A_{22}B_{22}/C$ ) :	17 has
3 - Serie $M_{12} A_{22}/C$ :	14 has
4 - Serie Guacamayal ( $M_{12X}/C$ ) :	8 has
5 - Serie $M_{12}A_{22}/C$ :	8 has

##### 4.5.2 Clasificación taxonómica de los suelos

De cada una de las series de estudio, se tomó un pedon representativo; la clasificación se hizo de acuerdo con los parámetros y definiciones del sistema taxonómico americano (Soil Survey, 1990).

#### 4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó bajo condiciones de invernadero el diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro replicaciones, obteniendo 20 materas por cada suelo.

#### 4.7. FUENTE DE FERTILIZANTE

Como fuente de fertilizante se utilizó tetraborato de sodio ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

#### 4.8 PROCEDIMIENTO DE INVERNADERO

Se tomaron muestras de suelo a profundidades de 0-20 cm, en diferentes sitios por separado de cada serie para efectuar en cada una de ellas también por separado el ensayo de invernadero. Las muestras de las distintas series estaban compuestas de varias unidades de pedon, los pedones

homogenizaron para obtener de cada serie una muestra representativa. Los suelos fueron secados al aire, se tamizaron en un tamiz de 2 mm y se colocaron en matenes plásticos dos Kg de suelo. El boro se le aplicó de acuerdo a los siguientes tratamientos:

#### 4.8.1. Tratamientos

Los tratamientos empleados de boro fueron:

Orden	Kg/ha
1	0.0 (Testigo)
2	0.7
3	1.4
4	2.1
5	2.8

#### 4.8.2. Fertilización

Los suelos se fertilizaron teniendo en cuenta los resultados del análisis químico de los mismos (Tabla 1), así:

Nitrógeno: 60 Kg/ha de N a partir de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , aplicándolo en el momento de la siembra.

TABLA 1                      TEXTURA Y CARACTERISTICAS QUIMICAS DE CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I.  
 CARIBIA ANTES DE SEMBRAR EL CULTIVO

CARACTERISTICAS	SUELOS				
	YIX/1	FBABBE/C	MBAC D	MICAC E	MBAC E
% ARCILLA	26.00	11.00	22.00	5.00	24.00
% LIMO	42.00	23.00	52.00	27.00	44.00
% ARENA	32.00	66.00	21.00	68.00	32.00
TEXTURA	F	FA	EL	FA	F
pH	6.90	6.70	6.50	6.50	6.70
% M.O.	2.87	1.93	2.31	1.94	2.40
P (ppm)	58.00	34.00	53.00	32.00	36.00
Ca me/100 g	8.90	4.42	11.94	4.85	8.24
Mg me/100 g	1.82	0.72	2.59	1.86	1.72
K me/100 g	0.12	0.10	0.15	0.10	0.12
Na me/100 g	0.10	0.10	0.01	0.09	0.10
CIC me/100 g	10.10	9.50	14.50	6.30	9.83
Fe (ppm)	65.00	83.00	50.00	73.00	114.00
Zn (ppm)	1.00	1.60	1.00	0.80	0.70
Mn (ppm)	12.30	11.40	11.80	6.50	8.20
Cu (ppm)	5.90	6.40	5.60	12.50	6.00
S (ppm)	3.40	4.00	5.10	3.40	4.00
B (ppm)	0.25	0.20	0.23	0.17	0.24
C.E dS/m	0.35	0.95	0.58	0.18	0.70
CO	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Fósforo: 20 Kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicándolo en el momento de la siembra.

Potasio: 30 Kg/ha de K<sub>2</sub>O como K<sub>2</sub>O en el momento de la siembra.

Los tratamientos asignados de boro se aplicaron individualmente en una solución de 20 ml por materia, mezclándolo con todo el suelo en el momento de la siembra; los nutrientes N, P y K se aplicaron alrededor de la semilla en soluciones de 20 ml por materia y de acuerdo con las dosis y épocas de aplicación indicadas anteriormente.

Todas las unidades experimentales se regaron con agua desionizada durante todo el ensayo, regando la cantidad gravimétricamente para llevar las unidades experimentales a capacidad de campo.

#### 4.8.3 Planta indicadora

Para la siembra se utilizó como planta indicadora semilla de maíz (Zea mays L.) variedad ICA V-155, en cantidad de cinco semillas por materia de las cuales se dejaron las tres mejores plantas. El maíz ha sido utilizado como planta indicadora en estudios de invernadero por algunos investigadores: Gómez, 1981, de 1986, 1989, Phillips y Kirby 1983).

La cosecha se efectuó 30 días después de germinadas las semillas. La parte aérea de las plantas cosechadas a ras de suelo, se le realizó un tratamiento de acuerdo con la técnica descrita por Lora (1970), y se colocaron en una estufa a 70°C hasta peso constante. Se determinó peso seco, en gramos por materia y se molio para el análisis.

Al finalizar el experimento se muestrearon los suelos de todas las repeticiones de todos los tratamientos para los cinco suelos y se le determinó pH, P, Ca, Mg, K y B.

#### 4.9 METODOS ESTADISTICOS

Se consideraron las siguientes variables:

- a - Suelo: pH, P, Ca, Mg, K y boro disponible
- b - Planta: Rendimiento de biomasa, N, P, Ca, Mg, K y B.

Para evaluar la extracción de boro se utilizaron criterios de correlación entre la cantidad del nutrimento extraído del suelo y la concentración en la planta.

Por supuesto para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables bajo estudio se hicieron los correspondientes análisis de varianzas. Finalmente, se realizó una correlación.

#### 4.10. ANALISIS DE LABORATORIO

A las muestras de suelos originales, tomadas con destino al ensayo de invernadero y a las 300 muestras procedentes de las series atrás mencionadas se les efectuó la caracterización analítica de acuerdo con la metodología del Laboratorio de Suelos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 1989).

##### 4.10.1 Análisis físico-químico

A cada una de las muestras de suelo se les realizó las siguientes determinaciones:

- Textura : Se determinó por el método de Bouyoucos.
- pH : Se determinó potenciométricamente usando una relación suelo agua 1:2.5.
- Carbono orgánico: Se utilizó el método de Walkley y Black modificado.
- Capacidad de intercambio catiónico: Se empleó el método de acetato de amonio 1 N a pH 7.
- Bases intercambiables :Los cationes intercambiables  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^{+}$  y  $\text{NH}_4^{+}$  se extrajeron con  $\text{HCl} 1\text{M}$  a pH 7. La determinación se hizo por espectrometría.

- Fósforo disponible: Se determinó por el método de Bray II.
- Conductividad eléctrica: Se determinó por el método del Punto de Whestone en el extracto de saturación.
- Boro disponible: Se extrajo por el método del fosfato monobásico de Calcio 0.008M. La determinación se realizó colorimétricamente en el complejo azometina-H, boro.

#### 4.10.2 Análisis de tejido Vegetal

Al material vegetal cosechado se le hicieron las determinaciones de N, P, Ca, Mg, K y B, de acuerdo con la metodología del Laboratorio de Suelos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 1989), sometiendo las muestras a un proceso de mineralización y posterior cuantificación por absorción atómica para Ca, Mg y K; colorimetría para P y N; B en cenizas por el método de azometina-H.

#### 4.10.3 Análisis de boro de la semilla

Seguendo la metodología del laboratorio de suelos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 1989), se hizo análisis de boro sometiendo la muestra a un proceso de

mineralización para su posterior cuantificación en centésimas por colorimetría en el complejo boro arometina-H, con el fin de verificar el contenido de boro en la semilla de maíz antes de la siembra.

#### 4.10.4 Capacidad de adsorción de boro

Se determinó la capacidad de adsorción de boro de cada uno de los suelos bajo estudio en invernadero (las cinco series), utilizando el modelo de isotermas de adsorción de Freundlich.

Para la determinación de esta característica, se siguió la técnica descrita por Rojas (1988).

Se preparó una solución patrón de 100 ppm de B en solución de 0.01 M de  $C_2Cl_2$ , utilizando como fuente de boro tetraborato de sodio ( $Na_2 B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ). A partir de esta solución se hicieron siete diluciones en balones de 250 ml para obtener las concentraciones que se indican en la tabla 2.

En frascos plásticos numerados se colocaron 5 g de suelo seco al aire y se les aplicó aliquotas de 25 ml de la solución con sus respectivas concentraciones, luego se agitaron a 30 rpm por 24 horas. Las extracciones fueron con

TABLA 2      CONCENTRACION DE LAS SOLUCIONES DE BORO PARA LA  
PRUEBA DE LAS ISOTERMAS DE ADSORCION

No. BALON	SOLUCION PATRON (ml)	AGUA (ml)	CONCENT. DE B OBTENIDO ppm
1	0.00	250.00	0.00
2	1.25	248.75	0.50
3	2.50	247.50	1.00
4	5.00	245.00	2.00
5	10.00	240.00	4.00
6	20.00	230.00	8.00
7	50.00	200.00	20.00
8	100.00	150.00	40.00

trifugadas a 6.000 rpm., por 30 minutos; el sobrenadante fué removido por filtración y el boro se determinó en el filtrado por colorimetría usando azometina-H, para la formación del complejo boro Azometina-H

#### **4.10.5 Análisis mineralógicos**

A cada uno de los suelos de las cinco series utilizadas en el estudio de invernadero, se les hizo los análisis mineralógico de arenas y de arcillas.

##### **4.10.5.1. Separación de arenas y preparación para el análisis mineralógico.**

Las muestras de suelo fueron tratadas con peróxido de hidrógeno para remover la materia orgánica y ditionitocitrato bicarbonato de sodio para eliminar los óxidos de hierro.

Posteriormente se dispersó la muestra con hexametáfosfato de sodio y se separó la fracción arena por tamizado en húmedo. Para la identificación se utilizaron 200 gramos de la fracción comprendida entre 50 y 250  $\mu$ . Las muestras se lavaron con alcohol, se secaron y se montaron en preparaciones flotantes de silicato de seltilo (índice de refracción 1,539). El examen de los minerales en esta pre-

paración se hizo con el microscopio petrográfico con base a las propiedades ópticas, que cada una de las especies mineralógicas presenta (Serr, 1963).

#### **4.10.5.2. Separación de arcillas y preparación para el análisis mineralógico.**

El análisis de arcilla se realizó mediante la técnica de rayos X. La fracción arcillosa se obtuvo durante el análisis granulométrico. Una vez separadas las arcillas se floculó con  $MgCl_2$  y se dividió en dos porciones, una de ellas se trató con KCl, se lavó y se usó para preparar tres placas, las que se secaron respectivamente al aire, a 300 °C y a 500 °C. Con la otra porción se prepararon dos placas, una se secó al aire y la otra se trató con glicol.

La estimación semicuantitativa de las cantidades de minerales se hizo con base a la intensidad relativa de los picos de difracción característicos de cada especie mineral (Malagón, 1975).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. TAXONOMIA DE LOS SUELOS

Todos los suelos estudiados tienen morfologías similares, son poco evolucionados, de origen aluvial y presentan cambios en su composición textural y un decrecimiento de la materia orgánica.

En el anexo 1 se describen algunas características de campo y se registran los análisis químicos y físicos de los perfiles modales, mediante las cuales se estableció la clasificación taxonómica hasta la categoría de sub-grupo.

Los suelos de la serie  $Y_1X/1$ ,  $M_0A_2/C$ ,  $M_{12}X/C$  se clasificaron como Ustifluvent; la serie  $P_0A_2B_2/C$  como Ustorthent y la serie  $M_3A_2/C$  como Ustropept.

En consecuencia los suelos pertenecientes a los Ordenes encontrados (entisoles y inceptisoles), presentan un

grado evolutivo de bajo a alto, y su fertilidad actual revela la influencia de los horizontales parentales que bajo las condiciones climáticas imperantes en la zona no muestran grados extremos de alteración, generando condiciones que definen la presencia de algunos elementos que son esenciales para el normal desarrollo de las plantas (calcio, magnesio, potasio, fósforo etc.).

## 5.2. CONTENIDOS Y DISPONIBILIDAD DE LOS NUTRIENTES EN LOS SUELOS

### 5.2.1. Serie Tucurinca ( $Y_{1X/1}$ )

#### 5.2.1.1. Cultivos de frutales

En la tabla 1 del anexo 2, en general se puede observar algunas de las propiedades físicas y químicas donde predominan la textura franco arenosa; el pH varía entre 6.4 y 7.2 o sea entre suelos ligeramente ácidos a neutros; los contenidos de materia orgánica, potasio y boro son bajos; el fósforo es alto; la relación calcio magnesio es amplia; los valores de la CIC y la C.E. son bajos. Además se observa que algunos valores promedios de las muestras tomadas a profundidad de 20 a 40 cm son mayores que de 0-20 cm, a excepción de la materia orgánica, potasio, magnesio y boro. La relación C/N sigue siendo amplia.

### 5.2.2. Serie Bananera ( $P_{0.5}A_2B_2/C$ )

#### 5.2.2.1. Cultivos de frutales

En general se puede observar en la tabla 2 del anexo 2, que predomina la textura franco limosa; el pH varía entre los valores de 6.3 a 7.0 o sea entre suelos ligeramente ácidos a neutros; la C.E. y la materia orgánica son bajas; el contenido de potasio es medio y el fósforo es alto; la relación Ca/Mg es amplia; la CIC está en un valor medio y el boro es bajo. Se observa además que los valores promedios de pH, fósforo, calcio, potasio, CIC, sodio y C.E. son mayores en las muestras tomadas a profundidad de 20-40 cm que de 0-20 cm. La relación Ca/Mg sigue siendo amplia.

### 5.2.3. Serie $M_{3.5}A_2/C$

#### 5.2.3.1. Cultivos de frutales

Algunas de las propiedades químicas y físicas aparecen en la tabla 3 del anexo 2, donde se puede observar que predomina la textura franco limosa; el pH oscila entre 6.3 y 7.1 es decir entre ligeramente ácido a neutro; la materia orgánica, la C.E. y la CIC son bajas; el fósforo es alto; el potasio está en término medio; el boro es bajo y la

relación Ca/Mg es amplia. Se observa que los valores promedio de pH, fósforo, sodio y C.E. son mayores a profundidad de 20 a 40 cm que de 0-20 cm. La relación Ca/Mg también es amplia.

#### 5.2.4.. Serie Guacamayal ( $M_{12}X/C$ )

##### 5.2.4.1. Cultivos de frutales

En general se puede observar en la tabla 4 del anexo 2, algunas de las características físicas y químicas, donde predominan la textura franco limosa; el pH oscila entre 6.4 y 7.0 o sea entre ligeramente ácido a neutros; los contenidos de materia orgánica, potasio, sodio y boro son bajos; la CIC y la C.E. son bajos; la relación Ca/Mg es amplia. Se observa además que los valores promedio de pH, C.E, sodio son mayores a profundidad de 20 a 40 cm que de 0-20 cm. La relación Ca/Mg también es amplia.

#### 5.2.5. Serie $M_{12}A_2/C$

##### 5.2.5.1. Cultivos de frutales

Algunas de las propiedades químicas y físicas aparecen en la tabla 5 del anexo 2. En general se puede observar que predominan la textura franco arenosa; el pH oscila entre

6.5 y 7.2 o sea entre ligeramente ácido a neutro; los contenidos de materia orgánica y boro son bajos; la CIC y la C.E. también son bajas; el contenido de potasio es medio y el fósforo es alto. La relación Ca/Mg es amplia. Además se observa que los valores promedios de los análisis realizados son mayores a profundidad de 20-40 cm que de 0-20 cm, a excepción de los valores de materia orgánica, potasio y boro. La relación Ca/Mg sigue siendo amplia.

En general todos los suelos analizados en el presente estudio presentan características químicas y físicas muy similares.

Con relación a la textura, se observó una mayor tendencia hacia las franco limosas y franco arenosa, lo cual le confiere buenas características desde el punto de vista de drenaje, aireación y mecanización, pero baja capacidad para retener agua y nutrimentos.

En todos los suelos el contenido de materia orgánica es bajo y decrece con la profundidad. El efecto de la alta temperatura de la zona es uno de los factores que favorece a que haya una alta rata de descomposición de la materia orgánica, trayendo como consecuencia una baja acumulación de ésta.

STACIA AGRICOLA  
INVESTIGACIONES  
AGRICOLAS

El fósforo disponible fue de medio a alto en todos los suelos, por encontrarse en los valores de pH óptimos y asociado posiblemente con la presencia de fosfatos de calcio (apatita), tal como lo muestra el análisis mineralógico de arenas de la tabla 5.

El contenido disponible del potasio está de términos medios a bajos. A pesar de que estos suelos tienen apreciables cantidades de feldespatos potásicos, la meteorización es lenta debido a la estabilidad e inercia del feldespato la cual depende de su dureza, estructura cristalina, composición y de las características de sus procesos de alteración (Malagón, 1975).

En general la relación Ca/Mg es amplia, hecho que puede ocasionar trastornos en la nutrición de las plantas, originando posiblemente deficiencias de magnesio. Los contenidos de sodio encontrados no ofrecen peligro a las propiedades físicas y química del suelo.

Todos los suelos poseen una CIC que está en los rangos de medios a bajos, característica que está de acuerdo con el tipo de arcilla presente y los bajos contenidos de materia orgánica.

### 5.3 CONTENIDO DISPONIBLE DE BORO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

En la tabla 3 y en la figura 1, se puede observar los contenidos promedios de boro disponible de los suelos de las distintas series. Los contenidos de boro encontrados a la profundidad de 0-20 cm en las series Y<sub>1</sub>X/1, P<sub>6</sub>A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>/C, M<sub>3</sub>A<sub>2</sub>/C y M<sub>6</sub>A<sub>2</sub>/C están dentro del rango medio (0.20-0.40 ppm) y la serie M<sub>12</sub>X/C presentó un contenido bajo (<0.20 ppm), de acuerdo con los niveles críticos reportados por Lora (1990).

A profundidades de 20-40 cm todos los suelos presentaron contenidos bajos de boro (<0.20 ppm).

El bajo contenido de boro en los suelos, se debe a la ausencia de minerales portadores de este elemento en la fracción arena y arcilla de los suelos y el poco boro que hay disponible posiblemente sería aportado por la materia orgánica; en la tabla 4 se puede observar que los valores de boro van disminuyendo a medida que decrece el contenido de materia orgánica con la profundidad; esta apreciación concuerda con Berger (1949), quien dice que el contenido de boro disponible en el suelo se encuentra asociado a la materia orgánica.

Teniendo en cuenta el valor de 0.20 ppm de boro reportado



Figura 1. CONTENIDO PROMEDIO DE FOSFORO DISPONIBLE EN LAS SERIES DE SUELO DEL C. I. CARIBIA

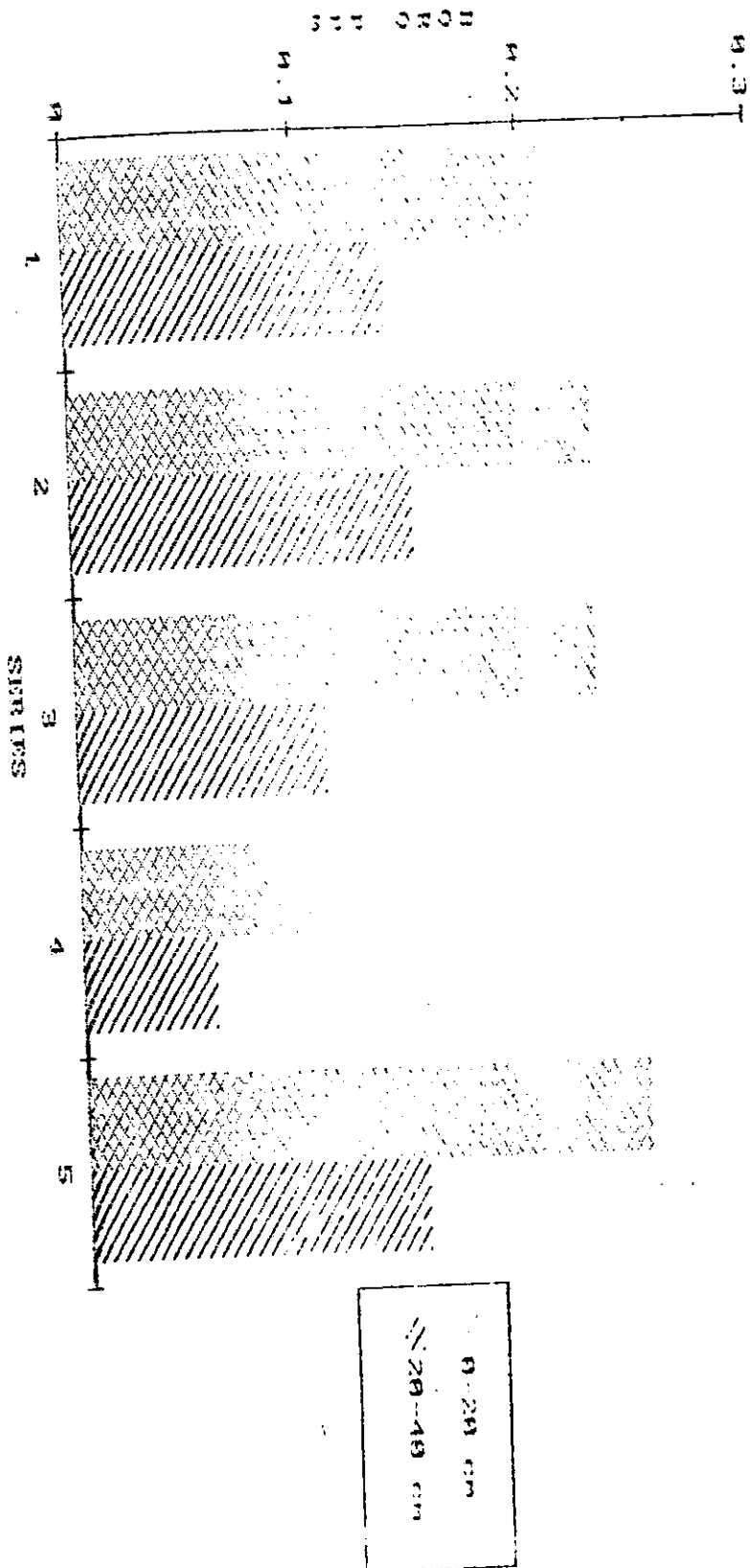


TABLA 4. CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA Y SORO DISPONIBLE  
EN LOS PERFILES DE LAS CINCO SERIE DE SUELOS DEL  
C.I. CARIBIA.

PERFIL	PROFUNDIDAD	M.O.	SORO
SERIE	cm	%	ppm
P1 Y1X/1	00 - 30	1.93	0.20
	30 - 65	0.42	0.15
	65 - 105	0.95	0.09
	105 - 130	0.19	0.00
P2 P8A2B2/C	00 - 20	1.50	0.23
	20 - 70	0.42	0.18
	70 - 150	0.19	0.05
P3 M3A2/C	00 - 40	2.40	0.24
	40 - 70	1.93	0.10
	90 - 125	0.85	0.04
	125 - 190	0.19	0.00
P4 M12X/C	00 - 25	1.69	0.18
	25 - 55	1.93	0.14
	55 - 110	0.85	0.09
	110 - 150	0.19	0.00
P5 M8A2/C	00 - 35	1.50	0.21
	35 - 85	0.42	0.16
	85 - 125	0.61	0.06
	125 - 180	0.19	0.00

INFORMACION

por Lora (1990) como bajo. los valores hallados en el presente trabajo son muy bajos para la serie M<sub>12</sub>X/C y se encuentra muy cerca del límite bajo en los otros suelos. Según esto, el contenido de boro disponible encontrado en las cinco series de suelos podría ser suficiente a corto plazo para satisfacer los requerimientos de algunos cultivos de la zona; sin embargo la exigencia específica de cada especie vegetal, es la que va a decidir si es necesario aplicar el nutrimento a un cultivo determinado.

Flor y Howeler citados por Garavito (1976), reportan que valores comprendidos entre 0.10 y 0.20 ppm pueden ser deficientes para cultivos exigentes en boro y adecuado para cultivos con requerimientos bajos.

#### **5.4. MINERALOGIA DE LOS SUELOS**

En el presente trabajo se determinó la minerología de los suelos de las cinco series con el fin de encontrar alguna relación entre la deficiencia de boro y el tipo de minerales presente.

##### **5.4.1. Minerología de la fracción arena.**

En general, todos los suelos tienen una composición mineralógica muy similar y presentan una buena reserva potencial de nutrientes para las plantas.

Los granos constituyentes de la fracción arena según el análisis realizado son de tamaño variable y presentan contornos subredondeados o redondeados. Esta morfología característica de los granos pone de manifiesto el transporte aluvial de los materiales parentales.

En la tabla 5, se reportan los resultados del análisis mineralógico de la fracción de arena en donde los feldespatos, cuarzo, anfíboles, epidota y biotita son las especies minerales más abundantes.

Los feldespatos constituyen la principal fuente de arcilla de los suelos y uno de los más importantes portadores de  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  y  $Na^+$  que pueden ser liberados como nutrientes a través de reacciones químicas de alteración.

Otras especies minerales de fácil alteración presente en la fracción arena de estos suelos como la biotita, anfíboles y epidota son fuentes excelentes de elementos menores (cobre, zinc, molibdeno, hierro) y/o de elementos secundarios (calcio, magnesio), como también de estructuras básicas para la síntesis de minerales arcillosos (Malagón, 1975). Todos estos minerales ocurren en cantidades que pueden considerarse sobresalientes. En alguno de los suelos se encuentran en cantidades muy bajas zirconita, apatita, mica cloritizada, piroxeno y muscovita.

TABLA 5. ANALISIS MINERALOGICO DE ARENAS EN CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARISIA

PORCENTAJE DE MINERALES	1	2	3	4	5
Cuarzo	22	26	33	28	23
Feldespatos Potásicos	17	17	14	17	17
Feldespatos Plagioclasa	16	14	19	18	18
Opacos	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Epidota	11	10	9	10	7
Anfíboles	19	23	21	23	15
Biotita	12	6	4	4	15
Piroxenos	1	1	1	1	1
Apatito	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
Muscovita	-	1	Tr	Tr	1
Zircon	-	Tr	-	-	-
Zoisita	1	1	Tr	Tr	1
Turmalina	-	-	-	-	-

1= Serie Y1X/1  
 2= Serie PBA2B2/C  
 3= Serie M3A2/C  
 4= Serie M12X/C  
 5= Serie M8A2/C

En todos los suelos analizados no se encontró el mineral turmalina considerado como la fuente principal de boro en el medio edafico; sin embargo, en los suelos bajo estudio hay presencia de biotita y anfíboles que son minerales que tienen en su estructura grupos hidroxilados y según algunos autores citados por Olarte (1961), pueden tener pequeñas cantidades de boro.

#### **5.4.2. Mineralogía de la fracción arcillas.**

La composición mineralógica de la fracción arcilla que aparecen en la tabla 6, muestra que todos los suelos presentan una mineralogía similar. El mineral de mayor proporción en todos los suelos fue la caolinita (30 al 50%) que es una arcilla de relación 1:1 la cual imparte a los suelos propiedades físicas y químicas singulares como baja capacidad de retener humedad, baja capacidad de intercambio catiónico y habilidad moderada para formar unidades estructurales.

El contenido de micas es importante por encontrarse en cantidades que oscilan entre 15 y 30%. La presencia de estos minerales en los suelos es de gran interés, ya que por alteración liberan potasio, hierro / magnesio (Mitchell, 1963).

TABLA 6. COMPOSICION MINERALOGICA DE LA FRACCION ARCILLA EN CINCO SUELOS DEL C.I. CARIPIA.

MINERALES	SUELOS				
	YIX/1	PSA2B2/C	M3A2/C	M12X/C	MSA2/C
CUARZO	tr	tr	tr	tr	tr
MICAS	++	++	++	++	++
INTEGRADOS 2:1-2:2	tr	tr	tr	tr	tr
CAOLINITA	+++	+++	+++	+++	+++

ABUNDANTE +++ DE 30 A 50%

COMUN ++ DE 15 A 30%

TRAZAS tr MENOS DEL 5%

Los integrados 2:1- 2:2 son minerales de poca importancia en estos suelos, ya que se encuentran en cantidades poco significativas (inferiores al 5%).

Con base en los resultados encontrados en los suelos estudiados se puede afirmar que tanto la fracción arena como la de arcilla tienen importancia como fuentes naturales de calcio, magnesio, potasio, fósforo, cobre, zinc, molibdeno, hierro, etc.

La composición mineralógica, permite diagnosticar que los suelos tienen una fertilidad potencial moderada.

En relación con la etapa intemperica de los suelos puede afirmarse que es poco pronunciada. Prueba de ello constituye por una parte la reserva de minerales primarios intemperizables en las fracciones gruesa y por otra, la presencia de la arcilla de minerales como micas.

#### 5.5. ADSORCIÓN DE BORO

Los análisis de la adsorción de boro en los suelos de las cinco series, se realizaron a pH natural comprendido entre 6.7 y 6.9 o sea que estaban en el rango de neutros. Como se puede observar en la Tabla 7, los suelos no ad-

TABLA 7. CANTIDADES DE BORO DETERMINADAS EN EL SOBRENADANTE  
CON LAS DOSIS INDICADAS DE BORO AGREGADO

SUELOS	Ba ppm	Bs ppm	Bad ppm
YIX/1 (0-20cm) pH: 6.9	0.0	0.34	0.0
	0.5	0.77	0.0
	1.0	1.39	0.0
	2.0	2.47	0.0
	4.0	4.31	0.0
	8.0	8.35	0.0
	20.0	20.40	0.0
	40.0	40.33	0.0
P8A2B2/C (0-20cm) pH: 6.7	0.0	0.40	0.0
	0.5	0.91	0.0
	1.0	1.44	0.0
	2.0	2.38	0.0
	4.0	4.31	0.0
	8.0	8.30	0.0
	20.0	20.42	0.0
	40.0	40.33	0.0
M3A2/C (0-20cm) pH: 6.8	0.0	0.55	0.0
	0.5	0.79	0.0
	1.0	1.55	0.0
	2.0	2.33	0.0
	4.0	4.54	0.0
	8.0	8.47	0.0
	20.0	20.50	0.0
	40.0	40.48	0.0
M12X/C (0-20cm) pH: 6.8	0.0	0.52	0.0
	0.5	0.90	0.0
	1.0	1.55	0.0
	2.0	2.20	0.0
	4.0	4.57	0.0
	8.0	8.60	0.0
	20.0	20.58	0.0
	40.0	40.74	0.0
M8A2/C (0-20cm) pH: 6.7	0.0	0.32	0.0
	0.5	0.58	0.0
	1.0	1.14	0.0
	2.0	2.09	0.0
	4.0	4.34	0.0
	8.0	8.35	0.0
	20.0	20.38	0.0
	40.0	40.28	0.0

Ba= Boro agregado, Bs=Boro en el sobrenadante, Bad=Boro adsorbido

sorbieron boro. Esto está de acuerdo con algunos investigadores citados por Garavito (1979), quienes trabajando con suelos a pH neutro encontraron que la retención de algunos aniones como  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{BO}_3^-$  es muy débil o nula.

Gupta et al citados por Rojas (1988), observaron que existía una relación negativa, entre los valores de pH mayores de 6.5. Por lo anterior se puede afirmar que el pH es uno de los factores que más influye en la distribución del boro en la parte líquida y sólida del suelo y por consiguiente en su adsorción.

Es importante anotar, los suelos bajo estudio son poco evolucionados, pertenecen a los órdenes de suelos entisoles e inceptisoles, no tienen aluminio silicatos no cristalino (alofana) ni óxido e hidróxidos de hierro y aluminio. La alofana se encuentra presente en suelos derivados de cenizas volcánicas, la cual ha sido clasificada como "activa" por su alta reactividad química en la cual la más estudiada ha sido la adsorción de aniones (Wada y Hawan), citados por Rojas (1988). Estudios realizados en suelos volcánicos de Hawai y Chile, han demostrado que la adsorción de boro en esos suelos está altamente relacionada con el  $\text{Al}_2\text{O}_3$  no cristalino (Bingham y Page; Bingham et al; Schalscha et al), citados por Rojas (1988).

Por su parte, los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio han sido considerados como los principales minerales en la adsorción de boro en los suelos de los órdenes Spodosoles, Ultisoles y Oxisoles (Elrashidi y ó Connor), citados por Rojas (1988).

Trabajos realizados recientemente por Rojas (1988), en suelos de Colombia (Sabana de Bogotá y de los Llanos Orientales), de los órdenes Andisoles, Oxisoles, Alfisoles, Inceptisoles y Entisoles, encontró que las propiedades del suelo relacionadas con la adsorción de boro en los suelos alofónicos fueron el pH, el porcentaje de  $Al_2O_3$  y el área específica, y en los no alofónicos el pH.

Otro aspecto que también hay que tener en cuenta en los suelos bajo estudio es que tienen bajos contenidos de materia orgánica y no contienen carbonatos, los cuales fueron reportados por Garavito (1976), como las características químicas que están asociadas en la fijación del boro.

En los resultados, también se puede observar que las cantidades de boro determinadas en el sobrenadante tanto del testigo como de los diferentes rangos de concentraciones son mayores a las aplicadas; esto posiblemente fue debido al largo proceso de agitación a que fueron sometidos los

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

suelos, trayendo como consecuencia que el boro soluble que estaba en los suelos pasara al sobrenadante y diera unos resultados mayores.

El modelo de isotermas para comparar la adsorción de boro entre los suelos y todos los rangos de concentraciones no se pudo utilizar para correlacionar la adsorción con las características de los mismos por ser totalmente nula la adsorción de boro en los suelos, bajo estudio.

#### 5.6. CONTENIDO DE BORO EN LA SEMILLA

El contenido de boro determinado en la semilla de maíz fue de 1.80 ppm, el cual es bastante bajo si se compara con valores reportados por Lora (1973), en harina de maíz de la variedad ICA-V-508 que están alrededor de 4.80 ppm de boro.

Analizando los promedios foliares de los diferentes tratamientos (Tabla 13), se puede apreciar que el boro que está disponible en la semilla no tuvo un mayor efecto en el contenido de este en los tejidos de la planta, ya que se observa que los valores determinados en el tejido del tratamiento testigo (7.31 ppm) son superiores a los encontrados en la semilla, esto confirma, que la mayor parte del boro que está en el tejido fue aportado por el suelo a la planta.

### 5.7 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE MATERIA SECA.

Los rendimientos promedios de materia seca del maíz con base a tres plantas por metra, se presentan en la tabla 8.

Los análisis de varianza combinado para las cinco series de suelos en la tabla 1 del anexo 3, presentan diferencia altamente significativa entre series ( $P < 0.01$ ), pero no entre tratamientos y series por tratamiento.

La prueba de Duncan para los promedios de rendimientos de materia seca por suelos (tabla 8), indica que solamente se presentó diferencia significativa en la serie  $M_{12}X/C$  entre el testigo y el tratamiento con el nivel de 2.8 kg/ha de boro. Tal comportamiento, indica que esta serie fue la que presentó el más bajo contenido de boro, azufre, zinc y es la más arenosa de todas, esto sería un indicativo de encontrar respuesta positiva a la fertilización con boro y en los otros elementos que están deficientes en los cultivos de la zona estudiada.

El mayor rendimiento de materia seca se registró en la

TABLA 8. PRODUCCION PROMEDIA DE MATERIA SECA DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN G/MATERA EN CONDICIONES DE INVERNADERO PARA LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS EN LOS CINCO SUELOS

TRATAMIENTOS	Kg de B/ha	SERIES DE SUELO				
		1	2	3	4	5
1	0.0	2.51 a	2.03 a	3.65 a	1.96 b	2.50 a
2	0.7	2.57 a	2.48 a	3.59 a	2.11 ab	2.50 a
3	1.4	2.63 a	2.36 a	3.51 a	2.14 ab	2.50 a
4	2.1	2.63 a	2.18 a	3.48 a	2.18 ab	2.33 a
5	2.8	2.75 a	2.26 a	3.78 a	2.63 a	2.70 a

Las letras al lado de los valores indican la prueba de Duncan

Los valores dentro de una misma columna vertical comparables con una letra en común no difieren estadísticamente; en caso contrario, presentan diferencias significativa al 5%

1. SERIE Y1X/1
2. SERIE P8A2B2/C
3. SERIE M3A2/C
4. SERIE M12X/C
5. SERIE M8A2/C

serie 3 y el menor en la serie 4, tabla 2 del anexo 3 del análisis combinado de Duncan. La secuencia respecto a los rendimientos de materia seca se presentó así:

Serie 3 (3.65), Serie 1 (2.62), Serie 5 (2.54), Serie 2 (2.26), Serie 4 (2.15 g de materia seca/matera).

Las diferencias de producción de materia seca entre serie, se debe, posiblemente a algunas diferencias que presentan los suelos en cuanto a sus características físico químicas.

En general la no existencia de diferencias significativas entre las interacciones suelo por tratamientos respecto a rendimientos de materia seca lleva a pensar que los suelos presentan cierta homogeneidad en cuanto a disponibilidad de boro. No obstante, se observa en la tabla 3 del anexo 3, una tendencia de la materia seca a aumentar a medida que se incrementa la dosis del elemento. Sería importante adelantar investigaciones con más detalle sobre el comportamiento del boro en estos suelos ampliando los niveles del elemento y establecer niveles críticos para los distintos cultivos que están sembrados en el Centro Caribia, ya que de acuerdo con la caracterización inicial (tabla 1), el contenido de boro de los suelos está en los rangos de medios a bajos.

La tabla 4 del anexo 3, registra los cuadrados medios del análisis de varianza para la variable de materia seca en los suelos estudiados.

Respecto a cada suelo, el efecto de los tratamientos sobre los rendimientos promedios de materia seca del maíz fue similar excepto la serie M<sub>12</sub>X/C, lo cual confirma en parte alguna homogeneidad de los suelos para la variable en estudio.

En el invernadero las plantas de maíz no presentaron ningún síntoma claro de deficiencia de boro; esto puede deberse a que la variedad utilizada sea de bajos requerimientos; sin embargo los investigadores Bussler (1962), De Mello (1988) y Pilbeam y Kirkby (1983), reportan al maíz como una planta de requerimiento intermedio de boro y los síntomas en la mayoría de los casos los presenta cuando se inicia la formación de frutos (grano), presentándose en muchos casos ausencia de éstos o mazorcas muy pequeñas.

#### **5.8 EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA CONCENTRACION DEL BORO EN EL TEJIDO FOLIAR DEL MAIZ**

En la tabla 5 del anexo 3, se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza para la variable concentra-

ción de boro en el tejido foliar y en la tabla 9, se muestran las concentraciones promedias de boro en los diferentes tratamientos para cada uno de los suelos estudiados con la correspondiente prueba de Duncan.

En la figura 2 se aprecian las concentraciones promedias de boro en la parte aérea para los distintos suelos.

En la tabla 6, del anexo 3 de la prueba de Duncan combinado para la variable dosis de boro se aprecia que las aplicaciones incrementaron significativamente la concentración del boro en el tejido.

La concentración de boro foliar no tuvo relación con los rendimientos de materia seca, pero si con las dosis de boro aplicadas.

La mayor concentración de boro foliar se registró en la serie 2 y la menor en la serie 1, tabla 7 del anexo 3. La secuencia se presenta así:

Serie 2 (19.62), Serie 3 (18.42), Serie 4 (17.53), Serie 5 (15.63), Serie 1 (12.60 ppm).

Los valores promedios de boro encontrado en los tejidos están dentro del rango adecuado para maíz (4-15 ppm) se-

TABLA 9. CONCENTRACION DE B EN ppm EN EL TEJIDO FOLIAR DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN SUELOS DE LAS CINCO SERIES DEL C.I. CARIBIA

TRATAMIENTOS	Kg de B/ha	SERIES DE SUELO				
		1	2	3	4	5
1	0.0	6.17 b	4.72 e	11.65 d	7.80 e	7.22
2	0.7	9.75 b	14.32 d	14.00 cd	12.90 d	13.50
3	1.4	12.15 b	19.07 c	16.77 c	17.07 c	15.25
4	2.1	13.60 b	24.12 b	22.10 b	22.82 b	19.77
5	2.8	21.10 a	35.85 a	27.60 a	27.02 a	21.40

Las letras al lado de los promedios indican la prueba de Duncan.  
Los valores dentro de una misma columna vertical comparables con una letra en común no difieren estadísticamente; en caso contrario presentan diferencia significativa al 5%.

1. Serie Y1X/1
2. Serie PBA2B2/C
3. Serie M3A2/C
4. Serie M12X/C
5. Serie M8A2/C

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
 CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
 CARIBIA

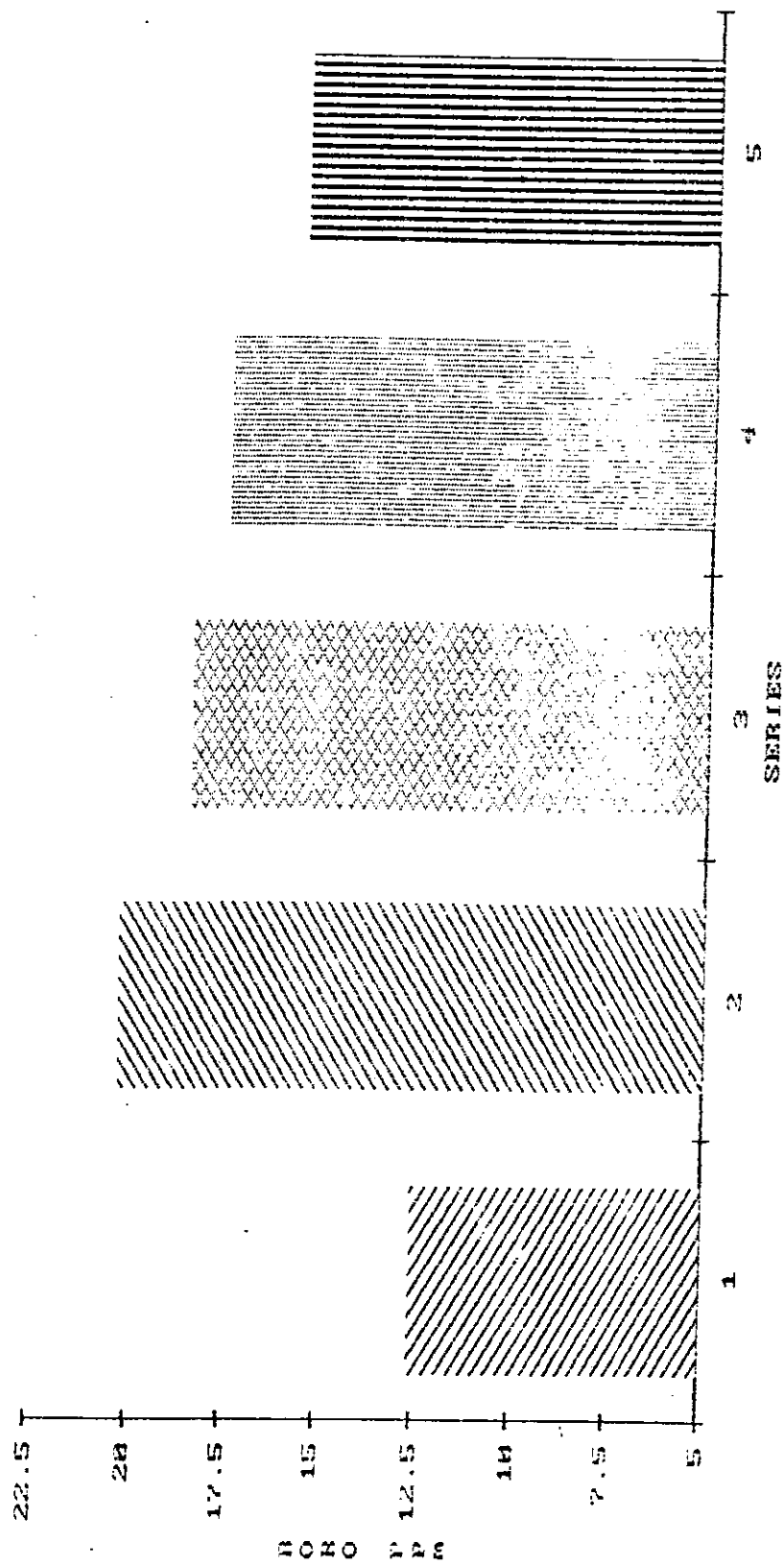


Figura 2. CONCENTRACION PROMEDIO EN PUNO DE BORO FOLIAR DEL <sup>135</sup>U EN LOS DISTINTOS SERIES DE SUELOS DEL C. I. CORTIHA

gún Howeler reportado por Galeano (1990); sin embargo esos rangos de concentración están dados para hoja de mazorca en aparición de cabellos y ésta varía con el estado del cultivo, la variedad, clima, equilibrio entre diferentes nutrientes y condiciones del cultivo. Por su parte Gupta (1975), encontró en apices de maíz de 25 cm de altura un rango de suficiencia de boro comprendido entre 8 a 38 ppm. Por otra parte De Mello (1988), reporta que en la mayoría de las especies gramíneas la respuesta a boro tiende a ser baja, lo cual puede modificar los límites de suficiencia a niveles inferiores y rangos más estrechos que los considerados para la mayoría de las plantas.

Las concentraciones de boro en el tejido no incrementaron los rendimientos de materia seca con los diferentes tratamientos del elemento; sin embargo, Filbean y Kirkby (1983), encontraron en maíz que dentro de ciertos rangos de boro aplicado al suelo, éste en la planta aumenta (por ej: de 4 a 12 ppm o de 8 a 30 ppm) sin que hayan cambios apreciables en el rendimiento de materia seca pero sí en el rendimiento de proteínas. Según los autores mencionados, la limitación en el aporte de boro afecta más prontamente el rendimiento de proteínas que el de materia seca. Lo anterior permite pensar que el aumento de boro en la planta puede significar una mejor calidad del cultivo aunque no necesariamente un mejor rendimiento.

Por su parte Iqtidar et al (1979), trabajando en trigo con diferentes dosis de boro encontraron un aumento significativo del porcentaje de proteínas del grano con respecto al testigo con la dosis de 2 y 3 kg de boro/ha.

En general la concentración de boro en los tejidos foliares de la planta de maíz se manifestó de forma muy similar en todos los suelos. Evaluando en conjunto las concentraciones foliares del micronutriente, se observa que las más altas se presentaron donde se aplicaron las mayores dosis del elemento.

La secuencia para la concentración foliar de boro fue:

2.8 kg B/ha (26.59) > 2.1 Kg B/ha (20.48) > 1.4 Kg B/ha (16.26) > 0.7 Kg B/ha (12.95) > 0.0 Kg B/ha (7.51 ppm).

#### 5.9. ECUACIONES DE REGRESION

Las ecuaciones de regresión entre la concentración del micronutriente en el tejido foliar del maíz y los tratamientos de boro aplicados en los suelos aparecen en la tabla 10.

Las ecuaciones de regresión indican que hubo respuesta de tipo lineal positiva con coeficientes de regresión que estadísticamente resultaron altamente significativos.

TABLA 10. REGRESION LINEAL ENTRE EL CONTENIDO DE BORO FOLIAR DEL MAIZ Y EL MICRONUTRIENTE DISPONIBLE EN LOS CINCO SUELOS DEL C.I. CARIBIA

SUELOS	EDUACION	COEFICIENTE REGRESION
1	$Y = 5.905 + 4.792X$	0.925 **
2	$Y = 5.21 + 10.292X$	0.972 **
3	$Y = 10.425 + 5.714X$	0.964 **
4	$Y = 7.870 + 5.703X$	0.997 **
5	$Y = 8.705 + 4.946X$	0.951 **

\*\* Altamente significativo

1. Serie Y1X/1
2. Serie P8A2B2/C
3. Serie M3A2/C
4. Serie M12X/C
5. Serie M8A2/C

En general, la interpretación y análisis efectuados al hacer referencia al efecto de los tratamientos de boro sobre la concentración foliar del mismo se manifestó en forma incremental al ser este adicionado al suelo, esto en parte es explicable por el bajo contenido de boro disponible en los suelos.

#### 5.10 EVALUACION DEL CONTENIDO DE LAS VARIABLES DEL SUELO pH, FOSFORO, CALCIO, MAGNESIO, POTASIO y BORO DESPUES DE COSECHADO EL MAIZ EN LOS SUELOS EN ESTUDIO.

En las tablas 11 y 12, se pueden apreciar los contenidos promedios de las variables del suelo en las distintas series después de cosechado el maíz y bajo los diferentes tratamientos.

En la tabla 8 del anexo 3, aparece el análisis de varianza combinado para las variables estudiadas.

El contenido promedio de boro disponible que quedó en cada uno de los suelos (tabla 11), después de cosechadas las plantas bajo condiciones de invernadero en las distintas series presentó la siguiente secuencia:

BIBLIOTECA DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

TABLA 11. PROMEDIO DE LAS VARIABLES DEL SUELO EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN LAS CINCO SERIES DEL SUELO DEL C.I. CARIBIA

SUELOS	PROMEDIOS (1)					
	pH	P	Ca	Mg	K	B
1	6.81 b	50.00 b	6.45 a	1.43 b	0.04 b	0.40 a
2	6.45 c	38.65 c	3.09 e	0.47 d	0.03 bc	0.24 bc
3	6.89 a	53.45 ab	8.54 a	1.96 a	0.07 a	0.29 b
4	6.75 ab	38.50 c	4.43 d	1.34 b	0.01 c	0.23 c
5	6.67 b	58.25 a	5.34 c	1.07 c	0.01 c	0.27 bc

(1) Proaedio de 20 observaciones

Las letras al lado de los valores indican la prueba de Duncan.  
 Los valores dentro de una misma columna vertical comparables con una letra  
 en común no difieren estadísticamente; en caso contrario, presentan diferencia  
 significativa al 5%.

1. Serie Y1X/1
2. Serie P8A2B2/C
3. Serie M3A2/C
4. Serie M12X/C
5. Serie M8A2/C

TABLA 12. PROMEDIO DE LAS VARIABLES DEL SUELO EN CONDICIONES DE INVERNADERO PARA LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS EN LAS CINCO SERIES DEL SUELO DEL C.I. CARIBIA

TRATAMIENTOS	B Kg/ha	PROMEDIOS (1)					
		pH	P	Ca	Mg	K	B
1	0.0	6.74 a	51.40 a	5.82 a	1.27 a	0.03 a	0.096 e
2	0.7	6.70 a	50.75 a	5.55 ab	1.21 a	0.03 a	0.23 d
3	1.4	6.71 a	44.80 a	5.61 ab	1.29 a	0.04 a	0.29 c
4	2.1	6.70 a	45.50 b	5.61 ab	1.28 a	0.03 a	0.36 b
5	2.8	6.72 a	46.35 b	5.41 b	1.22 a	0.03 a	0.44 a

1) Promedio de 20 observaciones

Las letras al lado de los valores indican la prueba de Duncan.

Los valores dentro de una misma columna vertical comparables con una letra en común no difieren estadísticamente; en caso contrario, presentan diferencia significativa al 5%.

$Y_{1X}/1(0.40) > M_{3A_2}/C(0.29) > M_{6A_2}/C(0.27) > P_{6A_2B_2}/C(0.24) >$   
 $M_{12X}/C(0.230 \text{ ppm}).$

Evaluando en conjunto el contenido de boro en el suelo, (tabla 12), se aprecia que los mayores contenidos del elemento se presentaron donde se aplicaron las mayores dosis de boro al suelo. La secuencia para el contenido promedio de boro en el suelo fue:

$2.8 \text{ Kg B/ha} (0.44) > 2.1 \text{ Kg} (0.36) > 1.4 \text{ Kg B/ha} (0.29) >$   
 $0.7 \text{ Kg B/ha} (0.23) > 0 \text{ KgB/ha} (0.096 \text{ ppm}).$

Al comparar los contenidos de boro que quedan disponibles en el suelo después de cosechadas las plantas, se observa que hay un decrecimiento gradual a medida que se van disminuyendo las dosis de boro. Por ejemplo en el caso del testigo (0 Kg boro/ha), su contenido de boro disponible (0.096 ppm), valor que está bastante bajo y cualquier cultivo que se vuelva a sembrar en esos suelos presentará deficiencia de boro.

De nuevo se insiste, hay la necesidad de establecer niveles críticos para los diferentes cultivos que están sembrados en el C.I. Caribia, e igualmente establecer las necesidades de boro y de los otros nutrimentos que están deficientes para obtener altos rendimientos y buena calidad de los productos.

En relación con el pH, se observa que los valores promedios están muy cerca de los iniciales, antes de sembrar el cultivo. Su variación fue mínima.

Para los suelos en conjunto se presentó una disminución del contenido disponible del suelo de los elementos fósforo, calcio, magnesio y potasio. Esta disminución es lógica, pues es debido en parte a la cantidad de cada elemento que absorbió la planta.

De los cuatro elementos analizados el que presentó el más bajo contenido en los suelos fue el potasio; esta disminución se debe en parte a que este elemento se encuentra en los suelos bajo estudio en el rango de medio o bajo y que la planta de maíz fue el elemento que en mayor cantidad absorbió, pues así lo demuestran los resultados de los análisis foliares.

La secuencia para el contenido promedio de potasio en las distintas series fue:

$M_3A_2/C(0.072) > Y_1X/1(0.044) > P_0A_2B_2/C(0.028) > M_0A_2(0.014)$   
 $> M_{12}X/C(0.010 \text{ me}/100\text{g})$ .

Los anteriores valores se encuentran por debajo del rango

bajo de potasio; estó estaría indicando que cualquier cultivo que se vaya a sembrar en estos suelos, habría que hacerles fertilizaciones suplementarias con potasio.

El análisis de varianza, indica diferencias altamente significativas para series y series por tratamiento, esto obedece a algunas diferencias que presentan los suelos en cuanto a características físicas y químicas.

El análisis de varianza, para tratamiento, fue altamente significativo para boro; lo anterior fue debido al decremento que hay del elemento a medida que se van disminuyendo las dosis.

#### 5.11. CONTENIDO DE NITROGENO, FOSFORO, CALCIO, MAGNESIO Y POTASIO EN EL TEJIDO FOLIAR DEL MAIZ VARIEDAD ICA V 155 EN SUELOS BAJO ESTUDIO.

El análisis de varianza combinado (tabla 9 del anexo 3), indica diferencia altamente significativa para series, tratamientos y series por tratamientos. Para fósforo y calcio se presentó diferencia significativa y para magnesio altamente significativa.

En las tablas 13 y 14 se pueden apreciar los contenidos promedios de las variables foliares en las distintas series de suelo y bajo los diferentes tratamientos de boro.

TABLA 13. CONTENIDOS FOLIARES DEL MAIZ VARIEDAD ICA-V-165 PARA N, P, Ca, Mg, K, B Y RELACION Ca:B y K:B PARA LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN LOS SUELOS DE LAS CINCO SERIES DEL C.I. CARIBIA

TRATAMIENTOS	B Kg/ha	PROMEDIOS (1)							
		N	P	Ca	Mg	K	B	RELACIONES	
		%	%	%	%	%	ppm	Ca:B	K:B
1	0.0	0.62 b	0.12 a	0.40 b	0.31 a	2.44 a	7.51 e	532 a	3,749 a
2	0.7	0.69 a	0.22 a	0.46 ab	0.31 a	2.50 a	12.95 d	355 b	1,430 b
3	1.4	0.68 a	0.23 a	0.45 ab	0.30 a	2.48 a	16.60 c	271 b	1,493 b
4	2.1	0.63 b	0.21 a	0.47 ab	0.31 a	2.49 a	20.48 b	229 c	1,215 c
5	2.8	0.70 a	0.22 a	0.53 a	0.36 a	2.59 a	26.59 a	199 c	974 c

1) Promedio de 20 observaciones

Las letras al lado de los valores indican la prueba de Duncan.

Los valores dentro de una misma columna vertical comparables con una letra en común no difieren estadísticamente; en caso contrario, presentan diferencia significativa al 5%

TABLA 14. CONTENIDOS FOLIARES DEL MAIZ ICA-V-155 PARA N, P, Ca, Mg y B BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO PARA LOS SUELOS DE LAS CINCO SERIES DEL C.I. CARIBIA.

SUELOS	PROMEDIOS (1)					
	N	P	Ca	Mg	K	B
	%	%	%	%	%	ppm
1	0.60 b	0.18 c	0.59 b	0.29 b	2.20 c	12.60 d
2	0.60 b	0.21 b	0.78 a	0.28 b	2.13 c	12.62 a
3	0.76 a	0.22 b	0.36 c	0.30 b	2.81 a	18.42 b
4	0.74 a	0.26 a	0.36 c	0.37 a	2.68 ab	17.53 b
5	0.63 b	0.22 b	0.23 d	0.28 b	2.58 b	15.63 c

1) Promedio de 20 observaciones

Las letras al lado de los valores indican la prueba de Duncan.

Los valores dentro de una misma columna vertical comparables con una letra en común no difieren estadísticamente; en caso contrario, presentan diferencia significativa al 5%

1. Serie Y1X/1
2. Serie P8A2B2/C
3. Serie M3A2/C
4. Serie M12X/C
5. Serie M9A2/C

En general el contenido de nutrientes en los tejidos del maíz guarda cierta relación. Esto explica en parte la bondad de los ensayos de invernadero para evaluar la fertilidad de los suelos desde este punto de vista.

El contenido de nitrógeno promedio determinado en el tejido foliar del maíz en los distintos suelos presentó la siguiente secuencia:

$$M_3A_2/C(0.76) > M_{12}X/C(0.74) > M_0A_2/C(0.63) > P_0A_2B_2/C \text{ y } Y_1X/1 (0.60\%).$$

Como se puede apreciar los anteriores valores de nitrógeno están bastante bajos si se comparan con los promedios encontrados por Muñoz (1991), en los tejidos foliares de maíz cosechado a las cuatro semanas de edad los cuales estuvieron alrededor del 2.3%. Se cree que por tener todos los suelos bajos contenidos de materia orgánica, esta haya sido una de las causas por las cuales están tan bajos los valores del elemento en los tejidos. Las plantas no presentaron en ningún momento deficiencias de nitrógeno.

El contenido promedio en ppm de fósforo encontrado en los tejidos del maíz en los distintos suelos estudiados presentó la siguiente secuencia.

$M_{12}X/C(0.26) > M_{eA_2}/C$  Y  $M_{3A_2}/C(0.22) > P_{eA_2B_2}/C(0.21) > Y_1X/1(0.18\%)$ .

En general el contenido de fósforo encontrado en los tejidos foliares del maíz están muy similares a los promedios encontrados por Muñoz (1991), en plantas de maíz cosechadas a las cuatro semanas de edad los cuales estuvieron alrededor del 0.18%.

Los contenidos promedios de calcio y magnesio encontrados en el tejido en los distintos suelos están dentro de los rangos adecuados para estos elementos; sin embargo, se observa un incremento del calcio en los tejidos a medida que se aumentan las dosis de boro, esto está de acuerdo con lo reportado por Reeve y Shive, citados por Ricardo (1976), quienes dicen que en las plantas debe existir una relación adecuada de estos dos elementos y que al incrementarse uno de ellos, simultáneamente se incrementa la absorción del otro para mantener dentro de la planta una relación apropiada.

La relación Ca:B en el tejido de las plantas en los diferentes tratamientos de boro (tabla 13), se encuentran dentro del rango normal (1200:1), reportada por Lora (1971), para plantas a nivel general; sin embargo estos

rangos según Recalde reportado por Galeano (1988), dependen de la especie de planta y del estado de su desarrollo.

Respecto al potasio los contenidos promedios determinados en los tejidos foliares de los distintos suelos bajo estudio presentó la siguiente secuencia.

$M_3A_2/C(2.81) > M_{12}X/C(2.68) > M_8A_2/C(2.58) > Y_1X/1(2.20) > P_8A_2B_2/C(2.13\%)$ .

Todos los valores promedios de potasio encontrado en el tejido foliar del maíz en los distintos suelos son muy similares a los encontrados por Muñoz (1991), en plantas de maíz con edades muy similares los cuales estuvieron alrededor del 2.3%.

Esto confirma que el maíz es una planta que extrae mucho potasio para su normal crecimiento; de allí el gran agotamiento que presentaron todos los suelos de este elemento después que se cosecharon las plantas. La anterior apreciación está de acuerdo con Guerrero (1991), quien dice que el maíz es una planta que agota el suelo en forma considerable, y debido a su rápido desarrollo, hace que las plantas tengan una elevada demanda de nitrógeno, potasio y fósforo.

La relación K:B, en los tejidos de las plantas en los diferentes tratamientos (tabla 13), se encuentran por encima del rango normal (250:1), reportado por Lora (1977), para plantas a nivel general, lo cual estaría indicando un posible desbalance entre estos dos nutrimentos

Refiriéndose a esta relación en estudios realizados en maíz por Tompson (1982), indica que la tasa de absorción de potasio puede ser muy intensa durante las primeras fases del crecimiento sin producir efectos perjudiciales. Esta absorción, superior a la que la planta realmente necesita para su normal desarrollo recibe el nombre de consumo de lujo o sea la tendencia que tienen las plantas a consumir más nutriente del que necesitan. Esta apreciación es reportada por el mismo autor, quien, dice que a veces el consumo de lujo se da más en la mayoría de las plantas jóvenes que en estado adulto.

Evaluando en conjunto los contenidos de nitrógeno, calcio, magnesio y potasio en los tejidos del maíz en donde se aplicaron los diferentes tratamientos de boro, se aprecia que el contenido de nitrógeno es bajo y los de fósforo, calcio, magnesio y potasio son muy similares a los encontrados por Muñoz (1971).

## 5.12 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA ABSORCIÓN FOLIAR DEL BORO.

En la tabla 15, aparece el contenido promedio foliar del micronutriente en cada tratamiento, para cada uno de los suelos y en la tabla 10 del anexo 3, se muestran las absorciones promedias de los diferentes tratamientos para los suelos en conjunto.

El efecto de la aplicación de boro sobre la absorción del mismo nutrimento por las plantas de maíz fue similar al ocurrido con la variable concentración, en el sentido de que el incremento en los niveles de boro aplicados repercutió en una mayor absorción foliar del elemento.

Las mayores absorciones de boro se obtuvieron con los tratamientos que incluyeron la aplicación de boro y en general el incremento en la dosis de boro repercutió en una mayor absorción foliar en relación con el tratamiento sin boro. Este tipo de respuesta se manifestó en una forma muy similar en todos los suelos.

En general, la interpretación y análisis efectuados al hacer referencia de los tratamientos de boro sobre la concentración foliar del mismo, es válida para el contenido foliar del nutriente. La secuencia para la absorción foliar del elemento fue:

TABLA 15. PROMEDIOS DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA ABSORCION DE B (mg/matera) EN EL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 PARA LOS CINCO SUELOS

TRATAMIENTOS	Kg de B/ha	SERIES DE SUELOS				
		1	2	3	4	5
1	0.0	0.015 d	0.009 d	0.020 e	0.015 e	0.019 d
2	0.7	0.024 cd	0.035 c	0.038 d	0.027 d	0.034 c
3	1.4	0.032 bc	0.045 bc	0.054 c	0.036 c	0.043 bc
4	2.1	0.035 b	0.052 b	0.082 b	0.049 b	0.046 b
5	2.8	0.057 a	0.081 a	0.103 a	0.063 a	0.057 a

Las letras al lado de los promedios indican la prueba de Duncan.  
Promedios con una letra en comun no son diferentes estadisticamente; en caso contrario, presentan diferencia significativa al 5%

1. Serie Y1X/1
2. Serie P8A2B2/C
3. Serie M3A2/C
4. Serie M12C/C
5. Serie M8A2/C

2.8 Kg B/ha (0.072) > 2.1 Kg B/ha (0.053) > 1.4 Kg B/ha  
(0.042) > 0.07 Kg B/ha (0.034) > 0.0 Kg B/ha (0.020  
mg/matera)

### 5.13. ANALISIS DE CORRELACION

El análisis de correlación entre las variables del suelo y las variables de los tejidos foliares aparecen en la tabla 16 para los suelos en conjunto.

De conformidad con la información compilada por Lora y Marín, citados por Guerrero (1990) y Dominguez (1984), las condiciones de pH neutros de los suelos es en forma general el más favorable para la disponibilidad de los nutrientes fósforo, calcio, magnesio, potasio y boro.

Para el caso de los suelos estudiados, los coeficientes de correlación entre pH y los nutrientes disponibles es positiva y altamente significativa para el fósforo, calcio y magnesio y significativa para potasio y boro.

Los coeficientes de correlación de las variables del suelo fueron muy similares; esto se debe posiblemente al hecho de que la mayoría de los suelos presentan algunas características físicas y químicas muy parecidas. Se en-

TABLA 16. MATRIZ DE CORRELACION ENTRE LAS VARIABLES DEL SUELO; ENTRE LAS VARIABLES DEL SUELO Y LAS VARIABLES FOLIARES Y LA BIOMASA

VARIABLES	NUTRIENTES DEL SUELO					NUTRIENTES FOLIARES						BIDMASA
	P	Ca	Mg	K	B	N	P	Ca	Mg	K	B	PESO SECO
pH	0.33 **	0.69 **	0.74 **	0.20 *	0.21 *	0.25 *	0.10 +	(0.37)**	0.14 +	0.40 **	0.14 +	0.37 **
P	1)	0.51 **	0.31 **	0.13 +	0.15 +	0.06 +	0.36 **	0.38 **	0.23 *	0.30 **	0.24 *	0.26 *
Ca			(0.88)**	0.60 **	0.20 *	0.29 **	(0.16)+	0.35 **	(0.08)+	0.44 **	0.36 **	0.70 **
Mg				(0.48)**	0.18 +	0.41 **	0.10 +	(0.44)**	0.35 **	(0.59)**	0.20 *	0.58 **
K					0.17 +	0.13 +	(0.24)*	0.12 +	(0.21)*	0.29 **	0.10 +	0.62 **
B						0.07 +	0.13 +	0.12 +	0.11 +	0.13 +	0.54 **	0.12 +

1) = CORRELACION DE 100 OBSERVACIONES

\*\* = ALTAMENTE SIGNIFICATIVO AL 1%

\* = SIGNIFICATIVO AL 5%

+ = NO SIGNIFICATIVO

() = VALORES ENTRE PARENTESIS SON NEGATIVOS

BIOTECA

contraron correlaciones positivas y altamente significativas entre fósforo, calcio y magnesio. Para calcio se presentó correlación positiva y altamente significativa con potasio, significativa con boro y negativa y altamente significativa con magnesio. La correlación negativa entre calcio y potasio, es explicable por el antagonismo que presentan estos nutrientes, lo cual está de acuerdo con lo reportado por Domínguez (1984).

Para magnesio se presentó correlación negativa y altamente significativa con potasio, lo cual sería debido al antagonismo que presentan estos elementos, la anterior apreciación es reportada por Domínguez (1984).

En cuanto a los nutrientes del suelo y las variables foliares se encontraron correlaciones positivas y altamente significativas del fósforo, con fósforo, calcio, potasio y materia seca; positiva y significativa con magnesio y boro. El calcio correlacionó positiva y altamente significativa con calcio, potasio, boro y materia seca. Esto estaría de acuerdo con De Mello (1988), quien realizó estudios cuantitativos con maíz, y observó una relación neta entre el boro de los tejidos y el calcio soluble o activo. Los coeficientes de correlación del calcio con el fósforo y magnesio son bajos y negativos, lo que implica que el efecto del calcio sobre estos no fue detectado.

Con relación al magnesio, se encontró correlación positiva y altamente significativa con magnesio, nitrógeno y materia seca, positiva y significativa con boro, negativa y altamente significativa con potasio y calcio.

Los coeficientes de correlación negativos y altamente significativos del magnesio con los contenidos de fósforo y calcio en el tejido, se debe al antagonismo que presentan estos elementos y está de acuerdo con resultados reportados por De Mello (1988), en maíz quien encontró correlaciones negativas y altamente significativas entre los nutrientes en el tejido.

El potasio presentó correlación positiva y altamente significativa con potasio y materia seca, negativa y significativa para fósforo y magnesio. La correlación negativa y significativa del potasio y magnesio en el tejido es producto del antagonismo de estos dos elementos.

En cuanto al boro no se encontró correlación con los otros nutrientes, pero sí presentó una correlación positiva y altamente significativa entre la concentración del boro foliar y el boro disponible determinado con el método del fosfato monocálcico 0.008M. Esto indica que el método utilizado para medir la disponibilidad del elemento es adecuado para los suelos, lo cual es producto de cierta homogeneidad que estos presentan.

Para los otros nutrientes las correlaciones positivas y altamente significativas entre la concentración de estos en el tejido y la disponibilidad en el suelo, también estaría indicando que el método utilizado para sus determinaciones es el más adecuado.

#### 5.14. ANALISIS GRANULAMETRICO Y QUIMICO DE LOS SUELOS

EL anexo 1 contiene las características químicas más importantes y la textura de las 320 muestras de suelo tomadas a profundidades de 0-20 y 20-40 cm de los suelos estudiados.

**Textura:** Esta característica presenta diferencia entre los cinco suelos, pero no muy contrastantes y presentan la siguiente secuencia:  $Y_1X/1$  y  $M_3A_2/C$  (Franca),  $P_3A_2B_2/C$  y  $M_{12}X/C$  (Franca arenosa) y  $M_3A_2/C$  (Franca limosa).

La naturaleza de estos tipos de textura es aplicable por su origen pedogenéticos, al ser derivados de rocas igneas y metamórficas de granos gruesos (granodioritas y/o areniscas) de colores amarillos a pardo con estratos sucesivos de arcillas.

Por otra parte, la textura de los suelos es una de las

propiedades que juega un papel importante en la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas; como se puede observar los suelos estudiados son en su mayoría de textura francas y franca arenosa, lo cual puede estar influyendo a que la poca cantidad de boro que hay en los suelos se pierda por lixiviación, debido a la poca capacidad que presentan los suelos de texturas livianas para retener nutrientes.

Por su parte las precipitaciones en la zona son de corta duración pero de alta intensidad y posiblemente pueden causar lixiviación del boro que se va solubilizando del perfil; lo anterior está de acuerdo con lo reportado por Bradford (1966).

**pH:** Todos los suelos presentan valores comprendidos entre los rangos de 6.4 y 7.2 el cual se encuentra en un rango adecuado para una buena disponibilidad para las plantas de los nutrimentos presentes en los suelos.

**Materia Orgánica:** el 100% de las muestras analizadas de las series  $M_{12}A_2/C$ ,  $M_{12}X/C$  y  $M_{12}A_2/C$  presentan contenidos menores del 3% que son considerados bajos. Las series  $Y_1X/1$  y  $P_{12}A_2B_2/C$  de las muestras analizadas el 92 y 94% presentaron valores bajos (<de 3%), el resto o sea 8 y 6% presentaron contenidos medios (entre 3 y 5%).

Los bajos contenidos de materia orgánica en estos suelos son debido al clima predominante, la alta temperatura de la zona es uno de los factores que favorece la actividad microbiana para que haya una alta descomposición de la materia orgánica, por lo cual es de esperarse respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados por parte de los cultivos de la región.

De acuerdo con lo reportado por Berger (1949), la materia orgánica juega un papel importante en el aporte de boro a los suelos a través de su proceso de mineralización.

En los suelos bajo estudio, se encontró bajo contenido de boro disponible, debido a la ausencia de turmalina y el boro que está disponible posiblemente sería aportado por la materia orgánica; lo anterior es explicable debido a los bajos valores del elemento que presentan los suelos y que van disminuyendo a medida que decrece el contenido de la materia orgánica con la profundidad. En la tabla 4, se aprecia que a medida que el contenido de materia orgánica va disminuyendo el boro disponible también disminuye; lo anterior concuerda con el mismo autor quien dice que el contenido de boro disponible en el suelo se encuentra asociado a la materia orgánica. esta apreciación también fue reportada por Garavito (1976), en suelos del Valle del Cauca.

**Fósforo:** todos los suelos presentan contenidos adecuados de este elemento; el 90% de todas las muestras presentan valores bastante altos (> de 40 ppm). Estos contenidos son suficientes para satisfacer los requerimientos de este elemento para los cultivos.

Los suelos presentaron la siguiente secuencia:

$M_{12}X/C > Y_1X/1 > M_BA_2/C > P_BA_2B_2/C > M_3A_2/C$ .

los altos contenidos de fósforo encontrados, se deben posiblemente a la presencia de apatita en la fracción arena de los suelos, y a que prácticamente casi todo el fósforo del suelo está posiblemente en forma mineral.

**Potasio aprovechable:** todos los suelos presentaron contenidos que están en los rangos de medio a bajo.

Los suelos presentaron la siguiente secuencia:

$M_BA_2/C(0.34 \text{ meq}/100g) > M_3A_2/C(0.31 \text{ meq}/100 \text{ g}) > Y_1X/1(0.21 \text{ meq}/100g) > M_{12}X/C(0.18 \text{ meq}/100 \text{ g})$ . Estos contenidos de potasio no son suficientes para satisfacer los requerimientos de este elemento por parte de los cultivos, por lo cual será necesario recurrir a las aplicacio-

nes de fertilizantes potásicos. Por otra parte, posiblemente la capacidad de reposición del potasio en estos suelos es baja.

El estudio mineralógico de las arenas revela altos contenidos de feldespatos potásicos en todos los suelos, pero el alto contenido de éstos no asegura un buen suministro de potasio, por tratarse según Malagón (1975), de feldespatos resistentes al intemperismo.

**Calcio y Magnesio:** En más del 90% de todos los suelos el contenido de calcio es alto ( $>$  de 6 meq/100g) y domina en el complejo de cambio, mientras que el contenido de magnesio está en los rangos de medio a bajo (1.5 a 3 meq/100g) y contenidos medios de saturación en el complejo de cambio.

En relación con el contenido de magnesio los suelos presentaron la siguiente secuencia:

$$M_3A_2/C > Y_1X/1 > M_6A_2/C > M_{12}X/C > P_6A_2B_2/C.$$

Las diferencias que se presentan en los suelos en el contenido de magnesio también se detectaron en los minerales que aportan este elemento.

La relación Ca/Mg en un 70% de los suelos presenta valores mayores de 5.0, y el otro 30% presenta valores medios (3 a 5); ésto estaría indicando un desbalance entre estos dos elementos y una posible deficiencia de magnesio en los cultivos.

Los altos contenidos de calcio encontrados en todos los suelos se debe a que éstos presentan en su fracción de arena minerales que aportan a este elemento (Anfiboles, epidota, apatita, etc.).

Todos los suelos presentan una relación  $(Ca + Mg)/K$  que está de términos medios a baja (de 20 a 50), lo cual indica una posible deficiencia de potasio para las plantas.

Se sabe que un exceso de calcio puede afectar la absorción de boro por las plantas; el porcentaje de saturación encontrado en todos los suelos es alta ( $>$  del 50%) según los valores reportados por Estrada (1990); por tanto la absorción de este elemento por las plantas que se desarrollen en estos suelos debe ser elevada y por consiguiente también la de boro para mantener una relación apropiada entre estos dos nutrimentos.

En relación con las características anteriores, las plantas que se desarrollen en los suelos bajo estudio, posi-

blemente tendrán altos requerimientos de boro y se presentarían deficiencias por los bajos contenidos que hay del elemento en el suelo lo cual está de acuerdo con lo reportado por Berger (1945).

**Sodio y Conductividad Eléctrica:** Los contenidos de sodio intercambiable en todos los suelos son menores del 5% y no presenta peligro para el normal desarrollo de las plantas y para las propiedades físicas de los suelos. Los valores de conductividad eléctrica son menores de 2 dS/m y tampoco se consideran limitantes para el crecimiento de las plantas desde el punto de vista de salinidad.

**Capacidad de intercambio de cationes (CIC):** Todos los suelos presentaron valores de bajo a medio.

Del total de todas las muestras analizadas los suelos presentaron un mayor porcentaje de baja capacidad de intercambio catiónico (< 10 meq/100 g); la secuencia es la siguiente:

$M_{12}X/C(9\%) > M_{8A2}/C(85\%) > P_{0A2}B_2/C(76\%) > Y_1X/1(53\%) > M_{3A2}/C(5\%)$ . El resto está dentro del rango medio (10 a 20 meq/100 g).

De acuerdo con Bear, citado por Garavito (1977), la CIC

se puede considerar como el más importante de todos los fenómenos que tienen lugar en el suelo y es debido casi enteramente a la fracción arcilla ( $<2 \mu$ ) y a la materia orgánica; es decir a la fracción coloidal del suelo. Para los suelos bajo estudio la baja CIC que presentan es explicable; tienen bajos contenidos de materia orgánica y arcillas de relación 1:1 (caolinita), la cual tiene baja capacidad de intercambio catiónico. Los suelos que presentaron la CIC más baja fueron aquellos en donde el análisis granulométrico reveló los mayores contenidos de arena.

## 6. CONCLUSIONES

1. El contenido disponible de boro en los suelos de Caribia se considera de medio a bajo según los niveles críticos reportados por Lora (1990), y sería suficiente como reserva potencial a corto plazo para los cultivos de la región. El bajo contenido del elemento es explicable en parte por la ausencia de turmalina.
2. El análisis mineralógico de la fracción arena y arcilla revela que los suelos presentan una buena fertilidad potencial y actual adecuada.
3. Los resultados de la caracterización de las formas disponibles de los nutrientes P, Ca, Mg y K indican que los suelos del C.I. Caribia tienen buenas reservas de P y Ca, medianas de Mg y K, de acuerdo con los niveles reportados por Lora (1990).

4. El análisis estadístico, reveló que no hubo diferencia significativa para rendimiento de materia seca en el maíz Variedad ICA V-155, posiblemente debido a que esta variedad es de bajos requerimientos de boro.
5. La prueba de Duncan para los promedios de rendimientos de materia seca muestra que existe diferencias significativas entre los tratamientos de la Serie  $M_{12}X/C$ , debido al bajo contenido de boro disponible que presentó esta serie (0.17 ppm).
6. Los rendimientos de materia seca por suelo indican que existe diferencias significativas entre los cinco suelos. La secuencia respecto a los rendimientos promedios se presentó así:

$$M_3A_2/C(3.64) > Y_1X/1(2.62) > M_0A_2/C(2.54) > P_0A_2B_2 (2.26) > M_{12}X/C(2.15 \text{ g/materia}).$$

7. El contenido promedio de boro disponible en los suelos presenta la siguiente secuencia:

$$M_0A_2/C(0.25) > P_0A_2B_2/C \text{ y } M_3A_2/C(0.23) > Y_1X/1(0.21) > M_{12}X/C(0.11 \text{ ppm})$$

Esto indica la posible respuesta al nutrimento por parte de varios cultivos en la serie M<sub>12</sub>X/C.

8. El contenido de boro encontrado decrece con la profundidad y parece que guarda relación con la materia orgánica, porque a medida que ésta disminuye también el boro disminuye, indicando la importancia que tiene la materia orgánica como fuente de boro en estos suelos.
9. En ninguno de los suelos hubo adsorción de boro, debido básicamente a la ausencia de aluminio silicatos no cristalinos (alofana) y de óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio.
10. Para los suelos en conjunto, el incremento en los niveles de boro aplicados repercutió positivamente en una mayor absorción y concentración del mismo por parte de la planta de maíz, indicando que el elemento permanece en forma disponible para las plantas.
11. El boro disponible determinado después de cosechadas las plantas presentó una disminución considerable en el testigo, lo cual obedece posiblemente a la baja capacidad de suministro del elemento y por tanto la necesidad de fertilizaciones boratadas.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- BERGER, K.C. 1949. Boron in soils and crops. Adv. in agron. 1:321 - 351.
- BERGER, K.C. 1949 and TROUG, E 1945 Boron availability in Relation to soil reaction and organic matter content. Soil Sci Soc Amer Proc 10: 113/116.
- BIGGAR, J.W. AND FIREMAN, M. 1960. Boron adsorption and release by soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24, 115-120.
- BRADFORD, G.R. BARON, IN: CHAPMAN, H.D. 1966. Diagnostic criteria for plant and soil. University of California. pp. 33-61.
- BRAVO, A. 1957. Determinación biológica del boro en 8 suelos del Valle del Cauca. Acta Agronómica. 7: 104-130.
- BRUGES, J.A. 1975. Evaluación general de los micronutrientes en la Estación Experimental Caribia. Bogotá, Programa de Estudios para Graduados. U.N. - ICA. 117p. (Tesis Mag. Sci.)
- BUSLER, W. 1962. Boron deficiency en maíz. Institut für Pflanzenernährung, Bodenchemie und Bodenbiologie der Technischen Universität Berlin. 11p.
- 8 CAMELO ET AL. 1982. Evaluación de algunos métodos para la extracción de boro. Suelos Ecuatoriales (Colombia). V:12(1). 310-327.

- CANTILLO E, DE H. 1992. Cultivos hidropónicos. En: Bases para cultivar hidropónicamente. Palmira, U.N- pp 1-37.
- CASAGRANDE, J.C.. 1988. Determinacao de Boro no solo pelo metodo biológico do girassol. Pesq. agropec. Brasilia, 16 (6): 783-787.
- CASTILLO, L.E. 1982 La fracción mineral del suelo. En: Fertilidad de suelos y fertilizantes ICA. Tibaitatá. pp 197-135.
- CORTEZ, L.A. 1982. Taxonomía de Suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Subdirección Agroecológica 277p.
- CROWDER, L. V; MICHELIN, A. y BAIR, G. B. 1958. La producción de alfalfa en Colombia. III respuesta de las variedades de alfalfa a las aplicaciones de borax. Agricultura Tropical. 14: 421-424.
- DE MELLO, F.A.F.. 1988. Adubacao do maiz 2a. Edicao, Sao Paulo. 180 p.
- DOMINGUEZ, A. A. 1984. Tratado de fertilización. Mundiprensa, Madrid. 585 p.
- EATON FRANK, M. 1980. Boron in soil and irrigation water and its effect on plants with particular reference to the San Joaquin Valley of California. U.S. Depart. Agric.
- ELLIS, B.G. and KNEZEK, B.D. 1972. Adsorption reaction of micronutrients in soil. In "Micronutrients in agriculture" Soil Sci. Soc. of America, Madison, USA, 4. 59 - 78.
- 18 ESPINAL, L. S. y E. MONTENEGRO. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. IGAC, Bogotá. 201p.

- ESTRADA, E.G. 1990. Elementos secundarios: Calcio, Magnesio, Azufre. Fundamentos e interpretación del análisis químico: En Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Soc. Colomb. de la Ciencia del suelo. pp 197-214.
- FASSBENDER, H.W. Química de suelos. 1975. Turrialba, Costa Rica. IICA. pp. 362-365.
- GALIANO, B.F. 1990. Análisis de planta, metodología: En fundamentos para la interpretación de análisis de suelos plantas y aguas para riego. Soc. Colomb. de la ciencia del suelo pp 287.304.
- GARAVITO NEIRA, F. 1976. Propiedades del suelo en relación con deficiencia de boro en el Valle del Cauca. Bogotá (Colombia) 74p. (Tesis Mag. Sci.).
- , 1979 Propiedades químicas de los suelos. IGAC, Bogotá. 321 p..
- GOMEZ L, C.R. 1981. Caracterización y disponibilidad de azufre en suelos del sur de Huila. Bogotá. UN-ICA (Tesis Mag. Sci.).
- GUERRERO, R. 1991. Fertilización de cultivos en clima cálido. Monómeros Colombo Venezolános. Barranquilla. 318 p.
- , 1990. La acidez del suelo. Su naturaleza, sus implicaciones y su manejo. En Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Soc. Colomb. de la Ciencia del suelo. pp 141-163
- GUERRERO, R., BURBANO, H. 1978. Estado de los nutrientes en suelos derivados de cenizas volcánicas. Bogotá, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía. 27p. (Mimeografiado).
- GUPTA, U.C. 1979. Boron nutrition of crops. Adv. in Agron. 31, 273-307.

- GUPTA, S.K., STEWART, J.W. B. The extration and determination of plant-available boron in soil. Scheweiserrische Land Wirtschaftliche forschung (Canadá) V.10m No. 2-3 P. 123-139. 1976.
- HINGSTON, F.J. 1965. Relations between boron and clays. Soil Sci. 2, 83-95.
- HODSON, J. 1963. Chemistry of the micronutrient elements in soil. Advances in agronomy. 15: 119-159.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1989. El análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Manual de Asistencia Técnica No. 47. Programa Nacional de Suelos. 253p.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. 1971. Estudio detallado de suelos y clasificación de tierras para riegos y drenajes del sector Ciénaga. Fundación zona bananera. Bogotá, 320p.
- , 1969. Estudio semidetallado de suelos del sector plano del municipio de Ciénaga para fines agrícolas. Bogotá, 336p.
- IQTIDAR, W. et al 1979. Effect of boron on the yield and crude protein content of wheat. Faculty de Agricultural, University of Peshaudan. Pakistan J. Sci Ind. Res. Vol. 22 No. 5.
- KEREN, R. and GAST, R.G. 1960. Effects of wetting an dryin and of exchangeable cation on boron adsorption and release by montmorillonite. Soil Sci. Soc. Amer. 45, 140-145.
- KERR, F. 1959. Optical mineralogy, New York, Mc Graw-Hill. 442p.
- b) KRAUSKOPF, K.B. 1972. Geochemistry of micronutrients. In "micronutrients in Agriculture". Soil Sci. Soc. Am. Madison, USA. 2, 7-40.

- LORA, R. 1969. Deficiencia de elementos menores en algunos suelos de Colombia. Universidad de Nariño. Instituto Técnico Agrícola. 25: 26-28.
- , 1970. Análisis foliar; técnica de muestreo y preparación del material para su análisis químico. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario, Programa Nacional de Suelos. 24p.
- , 1973. Algunos aspectos sobre los micronutrientes. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. Programa Nacional de Suelos. 26p. (Mimeografiado).
- , 1977. Los micronutrientes y su importancia en la agricultura: En Curso sobre suelos y fertilizantes. ICA, Tibaitatá. pp 135-157.
- , 1982. Factores que afectan la disponibilidad de elementos menores en los suelos. En: Fertilidad de suelos y fertilizantes. Instituto Colombiano Agropecuario. Tibaitatá. pp 121-136.
- , 1990. Análisis de suelos para micronutrientes: En fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y agua para riego. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo pp 215-226.
- LOUE, A. 1988. Los microelementos en la agricultura. Versión Española de Alonso Domínguez. Ediciones Mundi Prensa. Madrid 354 p.
- MAC-INTER, W.H. and WINTERBERG, S.H. 1946. Pet met hed for Soil Culture. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 62: 33-41.
- MALAGON, C.D. 1975. Minerología de suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección Agrológica. Bogotá, 882p.
- 48 MALAVER, L.V. 1992. Elementos minerales necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En bases para cultivar hidropónicamente. Palmira, U.N. pp 80-106.

- MARIN MORALES, J.G; CHAVERRA GIL, H. 1959. Los elementos menores y su importancia en la agricultura. *El boro Agricultura Tropical (Colombia)*. V: 15(8) 531-534.
- MAURICE, J. 1960. *Geochimie du bore*. Ann. Agron. 17(4) 367-402.
- MITCHELL, R. L. 1963. Trace elements. In Bear F.E.; Ed. *Chemistry of the soil*, New York, Reinhala. pp 253-285.
- MUROZ, G.R. 1991. Dinámica del S y respuesta del maíz a la aplicación de fuentes y dosis de S en suelos de la cuenca media del Río Suárez bajo condiciones de invernaderos. tesis (I.A.)U.N. 159 p.
- OLARTE, J.J; MOTTA, B. 1961. Deficiencia de Boro en algunos suelos del Valle del Cauca. Publicación IT-10. Departamento Agrológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá. 27p.
- PATIÑO et al. 1975. Deficiencia de boro y manganeso en Musáceas. *Noticias Fitopatológicas (Colombia)* V:4(2) 192-209.
- PILBEAM, D.J. KIRKBY, E.A. 1983 The Physiological role of boron in plant. *J. of plant nutr* 6 (7).
- RICARDO MADERA, L.M; BEJARANO, P.A. 1976. Disponibilidad de boro en 4 suelos de Colombia. Tesis (Ing. Agr.) Tunja, U.P.T.C. 205p.
- ROJAS, L.A. 1988. Mineralogical influences on boron adsorption in soil from Colombia. University of California Riverside. Tesis. Ph. in Soil Science. 118p.
- 58----- . 1990. Criterios en la interpretación del análisis mineralógico de arcilla. En: *Fundamentos para la interpretación de suelos, plantas y aguas para riego*. S.C.C.S. Bogotá pp 47-66.

- ROMERO, M.V; RAMIREZ, M.C. 1970. Estudio detallado de los suelos de la finca Marconia. Bogotá, U.N. 40p.
- SAGROCOL. 1967. Desarrollo agropecuario del proyecto Magdalena No.4. Zona Bananera. Bogotá, 380p. (Mimeografiado).
- SANCHEZ, P.A. 1967. Informe fitosanitario de algunas plantaciones de palma africana localizadas en el Departamento del Meta (Zona de Acacias y Cumaral). 23: 70-87.
- SOIL SURVEY STAFF. 1990. Key to Soil Taxonomy. Washington. D.C. U.S. Department of Agriculture. Agriculture handbook No. 19.
- TISDALE, S.L. Y W.L. NELSON. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, Montaner y Simon. pp. 310-382.
- TOMPSON, L.M.; TROEH, F.R. 1982. Los suelos y su fertilidad. México, Reverte. 649 p.
- VEGA MENDEZ, E.O. 1981. Estudio del boro aprovechable en algunos suelos del Departamento del Magdalena. Santa Marta. U.T.M. Tesis (Ing. Ag.) 84p.
- 66 VILLAR, S.H. 1980. Disponibilidad de elementos menores en algunos suelos tabacaleros de Santander. Bogotá. U.N.-ICA. 109 p. (Tesis Mag. Sc).

**ANEXOS**

**REPUBLICA ARGENTINA  
DE COLOMBIA**

**ANEXO No. 1**

**DESCRIPCION Y CLASIFICACION TAXONOMICA DE LOS PERFILES  
MODALES**

**LOCALIZACION GEOGRAFICA**

Departamento del Magdalena, Municipio de Ciénaga, corregimiento de Sevilla. Coordenadas 74° 8' 30" de longitud oeste 10° 11' 0" de latitud norte y a 20 msnm.

Posición geomorfológica: Llanura aluvial  
 Vegetación natural: Destruída  
 Uso actual: Cultivos de frutales  
 Régimen climático del suelo: Ustico isohipertérmico

**PERFIL No. 1**

LOCALIZACION: Lote No. 1  
 Profundidad efectiva: Muy profunda  
 Drenajes: Externo rápido, interno medio, natural bien drenado.  
 Relieve: Plano; Pendiente: 1%  
 Uso actual: Cultivos de mango  
 Material parental: Aluvial  
 Epipedon: Ocrico  
 Taxonomía: Typic Ustifluvent

00 - 30 cm. Color en húmedo pardo oscuro (10 Y R 3/4)  
 textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares débil y media; consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajosa y no plástica; regulares poros fi-

Ap

- nos, abundantes macroorganismos; abundantes raíces finas y pocas medianas; pH 6.7; límite difuso.
- 30 - 65 cm. Color en húmedo pardo grisáceo (10 YR 5/2); textura franca arenosa; consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajosa y no plástica; regulares poros finos; presencia de micas; hay pedotúbulos; abundante actividad de macroorganismos; pocas raíces medianas; pH 6.8; límite claro y plano.
- 65 - 105 cm. Color en húmedo pardo grisáceo (10 YR 5/2); textura franco arenosa; consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajosa y no plástica; pocos poros finos; presencia de micas; poca actividad de microorganismos; pocas raíces medianas; pH 7.1; límite claro y plano.
- 105-180 cm Color en húmedo gris (10 YR 5/1), con manchas pardas rojizas (7.5 R 3/2); textura franco arenoso; consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajosa y no plástica; no hay actividad de macroorganismos; pocas raíces finas; pH 7.4.

## PERFIL No. 2

Localización: Lote No. 1  
 Profundidad efectiva: Muy profunda  
 Drenaje: Externo rápido; interno medio,  
 natural bien drenado.  
 Relieve: Plano, pendiente: 1%  
 Uso actual: Cultivos de mango  
 Material parental: Aluvial  
 Epipedón: Ocrico  
 Taxonomía: Typic Ustorthent

00 - 20 cm. Color en húmedo pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2); textura franco arenosa; estructura en bloques subangulares débil y media; consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajosa y no plástica; regulares poros finos, abundantes macroorganismos; abundantes raíces finas; pH 6.7; límite claro y plano.

Ap

20 - 70 cm. Color en húmedo pardo oliva (2.5Y 4/4); textura franco arenosa; consistencia en húmedo friable, en mojado, no pegajosa y no plástica; pocos poros finos; presencia de

C<sub>1</sub>

micas; poca actividad de microorganismos;  
pocas raíces finas; pH 7.0; límite claro y  
plano.

70 - 160X. Color en húmedo pardo amarillento oscuro  
(10 YR 4/3); textura arenosa gruesa; con-  
sistencia en húmedo friable, en mojado no  
C<sub>2</sub> plástica, ni pegajosa, pocos poros finos;  
presencia de micas; no hay actividad de  
macroorganismos; no hay raíces; pH 7.1

### PERFIL No. 3

Localización: Lote No. 3  
Profundidad efectiva: Profunda  
Drenajes: Externo medio, interno medio,  
bien drenado.  
Relieve: Plano, pendiente 1%  
Uso actual: Cultivo de limón tahití  
Material parental: Aluvial  
Epipedon: Ocrico  
Horizonte Subsuperficial: cambico  
Taxonomía: Typic Ustropept

00 - 40 cm. Color en húmedo pardo oscuro (10 YR 3/4);  
textura franco arcilloso-limosa; estruc-  
Ap tura débil, fina y media, en bloques su-

- angulares; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; abundantes poros finos, regulares medianos; abundante actividad de macroorganismos; pocas raíces medianas; pH 6.7; límite gradual y plano.
- 40 - 90 cm. Color en húmedo pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4); textura franco limosa; estructura débil, fina y media, en bloques sub-angulares; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; abundante poros finos; abundante actividad de macroorganismos; hay pedotúbulos y pequeñas crotovinas; pocas raíces finas; pH 6.9 límite gradual y ondulado.
- Bw**
- 90 - 125 cm. Color en húmedo pardo amarillento (10 YR 5/8); textura franco limosa; consistencia en húmedo, friable en mojado pegajosa y ligeramente plástica; regulares poros finos; presencia de micas; no hay actividad de macroorganismos; pocas raíces medianas; pH 7.0; límite claro y plano.
- C**

125-190 x cm. Color en húmedo pardo amarillento (10 YR 5/8); textura franco arenosa; consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajosa y no plástica; regulares poros finos; presencia de micas; no hay macroorganismos; no hay raíces; pH 7.3.

#### PERFIL No. 4

Localización: Lote No. 4  
 Profundidad efectiva: Profunda  
 Drenaje: Externo rápido; interno medio, natural bien drenado.  
 Relieve: plano; pendiente: 1%  
 Uso actual: cultivo de papaya  
 Epipedon: Ocrico  
 Taxonomía: Typic Ustifluvent

00 - 25 cm. Color en húmedo pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2); textura franca; estructura débil, media, en bloques subangulares; consistencia en húmedo friable, en mojado ligera mente pegajosa y ligeramente plástica; regulares poros finos y medianos; abundante actividad de macroorganismos; regulares raíces finas; pH 7.0; límite claro y plano.

- 25 - 55 cm. Color en húmedo pardo oscuro (10 YR 4/3);  
textura franca limosa; consistencia en hú-  
medo friable, en mojado ligeramente pega  
C<sub>1</sub> josa y ligeramente plástica; abundantes  
poros finos; abundante actividad de ma-  
croorganismos; regulares raíces finas; pH  
7.0; límite claro y plano.
- 55 - 110 cm. Color en húmedo pardo amarillento oscuro  
(10 YR 4/4); textura franca arenosa; con-  
sistencia en húmedo friable, en mojado li-  
geramente pegajosa y ligeramente plástica;  
C<sub>2</sub> regulares poros finos; poca actividad de  
macroorganismos; pocas raíces finas; pH  
7.2 límite claro y plano.
- 110 - 150X Color en húmedo pardo amarillento (10 YR  
5/4); textura arenosa; consistencia en hú-  
medo no pegajosa y no plástica; presencia  
C<sub>3</sub> de micas; no hay actividad de macroorga-  
nismos; no hay raíces; pH 7.6.

**PERFIL No. 5**

Localización: Lote No. 2  
Profundidad efectiva: Profunda  
Drenaje: Externo lento, interno medio,  
natural bien drenado.

Relieve: Plano; pendiente; 1%  
 Uso actual: cultivo de toronja  
 Material parental: Aluvial  
 Épipedon: Ocrico  
 Taxonomía: Typic Ustifluvent

- O - 35 cm. Color en húmedo pardo oscuro (7.5 YR 4/2);  
 textura franca limosa; estructura moderada  
 débil, media, en bloques subangulares;  
 consistencia en húmedo friable, en mojado  
 pegajosa y ligeramente plástica; regulares  
 poros finos y medianos; abundante activi-  
 dad de macroorganismos; abundante cantidad  
 de raíces finas y medias, pocas gruesas;  
 pH 6.6; límite claro y plano.
- Ap
- 35 - 85 cm. Color en húmedo pardo oscuro (10 YR 4/3);  
 textura franca arenosa; consistencia en  
 húmedo friable, en mojado ligeramente  
 plástica y pegajosa; regulares poros fi-  
 nos; abundante macroorganismos; abundante  
 raíces medianas, pocas finas; pH 6.8; lí-  
 mite gradual y plano.
- C<sub>1</sub>
- 85 - 125 cm. Color en húmedo pardo amarillento oscuro  
 (10 YR 4/4); textura franca limosa; con-

**C<sub>2</sub>**

sistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente plástica y pegajosa; pocos poros finos; poca actividad de macroorganismos; pocas raíces finas; pH 7.1; límite gradual y plano.

125 - 180 X.

**C<sub>3</sub>**

Color en húmedo pardo amarillento (10 YR 5/4); con textura arenosa; consistencia en húmedo friable, en mojado no pegajosa y no plástica; no hay actividad de macroorganismos; pocas raíces finas; pH 7.5

TABLA 1 CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS PERFILES DE LAS SERIES

PERFIL	HORIZONTE	PROFUNDIDAD	pH	M.O.	P	Ca	Mg	K	Na	CIC	B	C.E.
		cm		%	ppm	meq/100 g de suelo				ppm	dS/m	
P1	Ap	00 - 30	6.7	1.93	52	8.30	1.68	0.25	0.04	9.10	0.20	0.30
	C1	30 - 65	6.8	0.42	58	9.10	1.48	0.22	0.10	11.30	0.15	0.35
	C2	65 - 105	7.0	0.85	90	6.30	0.85	0.10	0.16	6.91	0.09	0.65
	C3	105 - 180	7.4	0.19	32	4.10	0.32	0.09	0.30	5.40	0.00	1.23
P2	Ap	00 - 20	6.7	1.50	43	6.72	1.28	0.18	0.06	7.50	0.23	0.50
	C1	20 - 70	7.0	0.42	53	8.20	1.18	0.09	0.09	9.67	0.18	0.78
	C2	70 - 160	7.1	0.19	28	3.80	0.15	0.04	0.12	3.10	0.05	1.36
P3	Ap	00 - 40	6.7	2.40	75	12.80	2.32	0.36	0.01	13.81	0.24	0.58
	Bw	40 - 90	6.9	1.93	90	14.10	2.83	0.35	0.08	15.40	0.10	0.63
	C	90 - 125	7.0	0.85	53	10.30	1.80	0.20	0.10	8.30	0.04	0.93
	2C	125 - 190	7.3	0.19	25	4.80	0.96	0.08	0.15	6.73	0.00	1.29
P4	Ap	00 - 25	7.0	1.69	64	9.40	2.17	0.30	0.02	11.76	0.18	0.43
	C1	25 - 55	7.0	1.93	70	10.20	2.46	0.31	0.10	8.46	0.14	0.68
	C2	55 - 110	7.2	0.85	129	10.80	1.93	0.18	0.18	10.31	0.09	0.93
	C3	110 - 150	7.6	0.19	49	6.20	1.12	0.07	0.26	5.20	0.00	1.97
P5	Ap	00 - 35	6.6	1.50	45	7.60	1.20	0.32	0.02	10.83	0.21	0.63
	C1	35 - 85	6.8	0.42	64	8.90	1.80	0.15	0.09	9.00	0.16	0.80
	C2	85 - 125	7.1	0.61	75	7.40	1.74	0.07	0.15	7.40	0.06	1.23
	C3	125 - 180	7.5	0.19	19	4.15	1.10	0.03	0.28	4.20	0.00	1.59

P1 = SERIE: Y1X/1

P2 = SERIE: P8A2B2/C

P3 = SERIE: M3A2/C

P4 = SERIE: M12X/C

P5 = SERIE: M8A2/C

**ANEXO No. 2**

**CONTIENE TABLAS DE ANALISIS  
DE CARACTERIZACION DE LAS  
320 MUESTRAS DE SUELOS DE  
LAS CINCO SERIES DE SUELO**

TABLA 1. ANALISIS DE SUELOS DE LA SERIE TUCURINCA (YIU/I), CULTIVOS DE LIMON, TORONJA, MANGO Y PAPAIA

MUESTRA	PROFUNDIDAD	TEXTURA	pH	M.O. BRAY II %	P	Ca	Mg	K	Na	CIC	C.E.	B
					ppa	aeq/100 g suelo				ds/m	ppa	
1	0 - 20	FA	6.6	2.53	52	12.00	2.50	0.52	0.12	16.40	1.01	0.12
2	0 - 20	FA	6.6	1.03	52	11.00	2.10	0.20	0.06	10.90	0.30	0.30
3	0 - 20	FA	6.0	2.16	53	6.40	2.60	0.50	0.01	8.40	1.26	0.25
4	0 - 20	FL	6.0	1.03	49	10.28	1.28	0.12	0.01	11.40	0.40	0.20
5	0 - 20	FA	6.7	2.63	54	9.00	2.90	0.22	0.01	12.40	0.78	0.31
6	0 - 20	FL	6.6	2.16	62	13.30	1.82	0.35	0.01	11.40	0.75	0.28
7	0 - 20	FAr	7.1	1.03	45	6.40	3.00	0.15	0.12	8.60	0.48	0.24
8	0 - 20	FA	6.8	2.40	58	9.40	2.81	0.20	0.10	10.40	0.60	0.30
9	0 - 20	FL	6.9	1.50	52	6.80	1.96	0.34	0.01	6.40	0.65	0.27
10	0 - 20	FArL	7.0	2.40	75	10.47	2.10	0.27	0.01	12.40	0.45	0.33
11	0 - 20	FA	6.4	1.93	35	11.80	2.36	0.30	0.01	13.80	0.55	0.25
12	0 - 20	FA	6.4	1.03	52	10.70	2.27	0.25	0.01	12.30	0.32	0.27
13	0 - 20	FA	7.1	1.93	120	9.60	1.88	0.16	0.01	11.80	0.51	0.21
14	0 - 20	FL	7.1	2.40	46	10.12	2.00	0.19	0.01	12.00	0.12	0.27
15	0 - 20	ArL	6.5	3.81	52	7.10	1.85	0.09	0.01	7.60	0.14	0.17
16	0 - 20	F	6.3	3.34	40	10.50	2.17	0.15	0.01	10.60	0.21	0.23
17	0 - 20	FA	6.8	3.34	60	12.80	1.91	0.24	0.01	12.10	0.26	0.10
18	0 - 20	FA	7.0	2.40	58	6.00	2.17	0.06	0.01	7.30	0.32	0.12
19	0 - 20	FL	6.6	2.63	44	8.00	2.60	0.14	0.01	9.40	0.38	0.21
20	0 - 20	FAr	6.6	2.16	34	9.10	2.70	0.09	0.01	10.50	0.39	0.28
21	0 - 20	FL	6.9	1.50	53	8.40	1.95	0.20	0.14	6.80	0.32	0.28
22	0 - 20	FL	6.8	2.87	72	7.42	0.85	0.06	0.04	6.10	0.54	0.25
23	0 - 20	FA	7.0	2.40	64	8.63	1.68	0.14	0.05	9.30	0.30	0.18
24	0 - 20	FA	7.1	2.89	46	16.20	1.26	0.13	0.01	15.10	0.63	0.13
25	0 - 20	F	6.7	2.89	60	6.10	2.00	0.21	0.01	5.80	0.34	0.33
26	0 - 20	FL	6.5	2.40	52	9.80	2.70	0.87	0.01	10.40	1.21	0.15
27	0 - 20	FA	6.7	2.63	31	8.50	1.04	0.20	0.01	9.00	0.35	0.24
28	0 - 20	FA	6.5	2.16	65	2.10	0.40	0.07	0.01	2.30	0.58	0.12
29	0 - 20	ArL	6.7	2.40	100	7.80	2.14	0.32	0.01	10.20	0.43	0.30
30	0 - 20	FL	6.4	2.63	130	9.76	1.81	0.14	0.01	9.40	0.43	0.11
31	0 - 20	Ar	7.0	1.93	75	6.80	1.96	0.27	0.06	6.80	0.25	0.16
32	0 - 20	FL	6.7	2.87	49	9.10	2.80	0.10	0.10	10.80	1.23	0.27
33	0 - 20	FArL	6.8	2.40	52	6.40	1.87	0.31	0.09	6.10	0.50	0.22
34	0 - 20	FL	7.0	1.50	53	8.60	1.93	0.18	0.01	8.40	0.65	0.10
35	0 - 20	F	6.6	1.27	75	9.40	2.10	0.19	0.06	9.00	0.78	0.19
36	0 - 20	FL	6.8	2.87	66	7.30	1.61	0.20	0.01	6.80	0.78	0.31
37	0 - 20	FA	7.1	1.69	68	10.30	1.88	0.31	0.05	11.10	0.39	0.18
38	0 - 20	FA	6.8	1.03	35	8.10	1.60	0.14	0.09	8.50	0.38	0.10
39	0 - 20	FA	6.6	2.16	110	10.47	1.62	0.20	0.01	10.30	0.54	0.38
40	0 - 20	FA	7.1	2.40	70	9.70	1.86	0.14	0.01	9.40	0.63	0.31
41	0 - 20	FA	7.0	1.50	68	6.10	1.14	0.21	0.01	6.80	0.63	0.10
42	0 - 20	FL	7.0	2.63	66	8.00	1.78	0.17	0.05	9.10	1.21	0.24
43	0 - 20	FArL	7.1	1.93	120	6.42	1.95	0.18	0.10	6.10	1.01	0.30
44	0 - 20	FA	7.1	1.27	37	12.40	1.13	0.06	0.04	12.40	0.45	0.18
45	0 - 20	FA	7.0	2.16	38	9.80	1.91	0.71	0.01	11.40	0.60	0.11
46	0 - 20	FArL	7.1	0.85	43	9.61	1.18	0.20	0.07	9.00	0.39	0.09
47	0 - 20	FArL	7.2	2.40	28	12.90	1.97	0.13	0.01	13.10	0.21	0.37

TABLA 1. ANALISIS DE SUELOS DE LA SERIE TUCURINCA (Yiv/1), CULTIVOS DE LIMON, TORONJA, MANGO Y PAPAYA

(Continuación)

MUESTRA	PROFUNDIDAD	TEXTURA	pH	P		Ca	Mg	K	Na	CTC	C.E.	B
				M.O. %	BRAY II ppa							
						meq/100 g suelo			dS/a	ppa		
48	0 - 20	F	6.8	3.10	28	12.90	1.90	0.13	0.01	10.60	0.21	0.17
49	0 - 20	F	6.8	2.63	50	6.20	1.81	0.21	0.09	6.10	0.65	0.20
50	0 - 20	FA	6.9	2.40	42	8.90	1.96	0.80	0.01	8.40	0.48	0.29
51	0 - 20	FA	7.0	1.27	37	14.40	1.39	0.16	0.01	13.80	1.26	0.24
52	0 - 20	FL	6.7	1.69	32	12.60	1.64	0.15	0.01	12.10	0.30	0.17
53	0 - 20	FL	6.8	1.50	52	8.42	1.14	0.31	0.06	8.50	0.12	0.21
54	0 - 20	FA	6.9	2.16	40	9.80	1.35	0.20	0.10	9.20	0.39	0.25
55	0 - 20	FAr	6.6	2.40	49	12.30	1.95	0.32	0.01	13.10	0.54	0.08
56	0 - 20	FA	6.9	2.63	53	9.70	1.78	0.09	0.01	10.50	0.25	0.10
57	0 - 20	FA	6.8	2.40	62	9.10	1.21	0.22	0.01	8.40	0.63	0.16
58	0 - 20	FA	6.7	1.93	55	10.23	2.24	0.31	0.01	11.30	0.38	0.21
59	0 - 20	FA	6.7	1.50	59	8.51	1.76	0.12	0.01	8.30	0.51	0.15
60	0 - 20	FL	6.8	1.03	44	7.00	1.87	0.09	0.01	6.50	0.38	0.09
61	0 - 20	FA	6.8	1.50	48	7.40	1.19	0.06	0.04	7.30	0.50	0.09
62	0 - 20	FL	6.7	1.27	44	8.60	1.98	0.14	0.05	9.10	0.60	0.24
63	0 - 20	FA	6.7	2.63	43	9.70	1.24	0.32	0.01	8.30	0.39	0.20
64	0 - 20	FL	6.7	1.93	75	7.10	0.86	0.06	0.04	8.10	0.38	0.21
65	0 - 20	FA	6.8	2.97	62	12.80	1.61	0.30	0.02	6.30	0.55	0.32
66	0 - 20	FA	7.0	3.10	42	8.50	1.58	0.23	0.01	7.00	0.45	0.20
67	20 - 40	FA	6.7	2.40	75	9.80	0.97	0.31	0.11	6.40	0.80	0.19
68	20 - 40	FA	7.0	1.03	62	14.30	1.16	0.39	0.07	12.30	0.43	0.21
69	20 - 40	FA	6.7	1.50	75	15.10	1.27	0.66	0.03	15.30	1.06	0.21
70	20 - 40	ArL	6.9	1.03	90	8.10	1.33	0.22	0.05	9.00	0.45	0.18
71	20 - 40	FA	6.8	1.03	110	8.11	1.30	0.24	0.06	8.40	0.20	0.03
72	20 - 40	FA	7.1	1.69	68	10.40	1.38	0.15	0.12	10.20	0.55	0.28
73	20 - 40	FL	7.1	1.03	56	9.33	0.11	0.21	0.04	8.40	0.30	0.10
74	20 - 40	F	7.0	2.16	100	10.58	0.96	0.18	0.11	7.20	0.60	0.06
75	20 - 40	F	7.0	1.93	75	9.00	1.48	0.24	0.04	6.90	0.68	0.16
76	20 - 40	F	6.4	2.40	120	11.10	1.38	0.21	0.10	12.30	0.37	0.21
77	20 - 40	FA	7.0	1.27	64	9.11	1.30	0.24	0.04	10.00	0.43	0.13
78	20 - 40	FA	7.2	0.85	75	9.30	1.09	0.20	0.09	8.40	0.22	0.27
79	20 - 40	FA	6.6	1.93	150	12.10	1.37	0.60	0.16	11.30	0.18	0.08
80	20 - 40	FA	7.1	2.16	46	9.08	1.23	0.17	0.08	9.40	0.18	0.16
81	20 - 40	FA	6.7	1.03	38	8.51	1.33	0.18	0.06	9.30	0.15	0.20
82	20 - 40	FA	6.8	2.63	40	11.31	1.43	0.21	0.14	12.60	0.45	0.07
83	20 - 40	FL	7.0	2.16	62	10.40	1.30	0.15	0.15	10.50	0.35	0.14
84	20 - 40	FAr	7.1	2.16	72	12.30	0.68	0.19	0.10	11.30	0.40	0.23
85	20 - 40	FL	6.6	1.03	45	9.43	1.09	0.20	0.09	8.40	0.37	0.26
86	20 - 40	FL	6.8	0.85	55	10.40	1.33	0.15	0.08	10.00	0.32	0.13
87	20 - 40	FArL	7.1	2.40	68	18.10	2.54	0.30	0.04	17.30	0.63	0.06
88	20 - 40	FL	7.0	1.93	100	7.39	1.76	0.19	0.16	6.40	0.30	0.20
89	20 - 40	FL	7.0	2.16	66	6.31	1.84	0.26	0.06	5.40	0.43	0.27
90	20 - 40	FL	7.1	1.27	64	8.82	2.27	0.08	0.04	8.30	0.45	0.10
91	20 - 40	FA	6.9	1.50	130	12.35	1.68	0.16	0.12	12.40	0.96	0.09
92	20 - 40	FA	6.8	2.40	58	8.72	1.60	0.53	0.02	8.70	0.43	0.05
93	20 - 40	FA	6.7	1.93	49	8.76	1.97	0.10	0.03	7.90	0.40	0.17
94	20 - 40	FL	7.1	2.16	90	12.40	1.36	0.29	0.10	12.30	0.40	0.09

TABLA 1. ANALISIS DE SUELOS DE LA SERIE TUCURINCA (Y11/1), CULTIVOS DE LINON, TORONJA, MANGO Y PAPAYA

(Continuación)

MUESTRA	PROFUNDIDAD	TEXTURA	pH	M.O. %	P	Ca	Mg	K	Na	CIC	C.E.	B
					SRAY II ppa	meq/100 g suelo					dS/m	ppa
95	20 - 40	FA	7.2	1.50	140	12.00	1.48	0.27	0.14	10.40	0.37	0.10
96	20 - 40	FL	7.1	0.61	110	8.00	1.61	0.23	0.02	7.50	0.35	0.08
97	20 - 40	FA	7.1	0.61	110	9.00	1.61	0.20	0.02	8.40	0.35	0.08
98	20 - 40	FL	7.2	1.93	72	9.00	1.33	0.12	0.09	7.80	0.45	0.08
99	20 - 40	FL	7.1	1.83	75	16.10	1.78	0.18	0.12	17.10	0.40	0.16
100	20 - 40	FL	7.2	1.83	64	9.16	1.49	0.50	0.02	10.50	0.65	0.14
101	20 - 40	F	6.7	1.03	60	12.10	1.16	0.29	0.10	12.10	1.21	0.10
102	20 - 40	F	6.9	2.15	100	8.14	1.77	0.20	0.04	8.50	1.11	0.26
103	20 - 40	F	7.2	1.50	72	7.10	1.86	0.25	0.06	6.50	0.43	0.18
104	20 - 40	FA	6.8	1.27	64	7.40	2.19	0.09	0.04	9.10	0.48	0.10
105	20 - 40	FArL	6.9	1.93	140	6.40	2.18	0.14	0.10	7.30	0.96	0.03
106	20 - 40	ArL	7.0	0.85	100	8.00	4.10	0.12	0.09	10.40	0.70	0.28
107	20 - 40	FArA	7.0	1.26	75	6.40	1.10	0.22	0.14	5.40	0.63	0.10
108	20 - 40	FA	7.1	1.03	64	15.27	1.87	0.11	0.11	15.30	1.26	0.17
109	20 - 40	FA	7.2	1.26	140	7.40	1.16	0.10	0.10	8.30	1.31	0.26
110	20 - 40	FA	7.0	0.61	58	9.40	1.68	0.14	0.20	10.20	0.45	0.20
111	20 - 40	FA	7.1	2.40	49	10.20	1.38	0.25	0.08	10.20	0.70	0.10
112	20 - 40	FL	7.2	0.61	50	9.00	1.27	0.19	0.12	8.60	0.35	0.02
113	20 - 40	FArL	7.1	2.15	49	7.60	1.57	0.24	0.16	8.00	0.32	0.26
114	20 - 40	F	7.0	1.26	50	7.86	1.24	0.10	0.10	9.00	0.78	0.20
115	20 - 40	F	6.9	1.03	62	10.00	1.96	0.18	0.10	8.40	0.93	0.18
116	20 - 40	ArL	6.8	0.85	64	7.03	1.61	0.13	0.04	7.60	1.11	0.10
117	20 - 40	FL	6.9	1.03	62	7.00	1.26	0.16	0.03	6.40	1.30	0.17
118	20 - 40	FL	7.0	0.85	75	9.40	1.96	0.14	0.09	9.40	0.58	0.08
119	20 - 40	FL	7.1	2.15	100	3.80	0.97	0.12	0.05	4.50	0.50	0.17
120	20 - 40	FA	7.0	1.03	40	8.14	1.19	0.29	0.08	8.50	0.58	0.18
121	20 - 40	FA	6.8	1.69	75	6.80	1.16	0.15	0.09	6.80	0.70	0.04
122	20 - 40	FA	7.1	1.03	48	5.14	0.98	0.10	0.12	6.00	0.45	0.10
123	20 - 40	FL	7.0	1.69	72	4.10	0.47	0.13	0.13	4.50	0.70	0.10
124	20 - 40	FL	7.0	0.85	62	7.38	1.22	0.18	0.04	7.30	0.45	0.17
125	20 - 40	FL	6.9	2.16	60	8.96	1.14	0.17	0.02	8.20	0.96	0.12
126	20 - 40	FA	7.1	1.03	55	9.64	0.86	0.10	0.01	8.10	0.58	0.03
127	20 - 40	FA	6.9	0.85	66	11.30	1.38	0.20	0.06	10.80	0.93	0.04
128	20 - 40	FA	6.9	1.03	34	8.20	0.90	0.26	0.08	8.10	1.08	0.15
129	20 - 40	FA	7.0	1.69	140	7.80	1.14	0.08	0.10	7.90	0.39	0.17
130	20 - 40	FA	7.0	0.85	100	11.90	2.81	0.14	0.20	11.50	0.43	0.10
131	20 - 40	F	7.1	1.03	110	8.20	0.96	0.21	0.04	9.00	0.63	0.09
132	20 - 40	FA	7.2	1.69	42	7.24	1.09	0.14	0.06	7.80	0.65	0.08

TABLA 2. ANÁLISIS DE SUELOS DE LA SERIE BANANERA (P3A2B2/C), CULTIVOS DE LINGŪ, TORONJA, MANGO Y PAFAYA

MUESTRA	PROFUNDIDAD	TEXTURA	pH	M.O. BRAY II %	P	Ca	Mg	K	Na	CIC	C.E.	B
					ppm	seq/100 g suelo				dS/m	ppm	
1	0 - 20	FA	6.5	2.89	39	5.80	1.60	0.30	0.01	5.40	0.48	0.25
2	0 - 20	FA	6.6	2.16	55	8.60	1.16	0.04	0.01	8.50	0.37	0.28
3	0 - 20	FA	6.5	2.89	46	8.96	1.48	0.05	0.01	9.00	0.55	0.27
4	0 - 20	FL	6.6	2.63	40	4.60	1.98	0.10	0.01	4.50	0.91	0.26
5	0 - 20	FL	6.6	2.40	48	9.80	1.36	0.28	0.03	9.50	0.43	0.28
6	0 - 20	F	6.5	2.87	52	7.20	1.80	0.50	0.01	8.70	0.50	0.37
7	0 - 20	F	6.3	2.40	48	7.28	1.64	0.48	0.01	8.50	0.35	0.18
8	0 - 20	FA	6.5	1.69	48	10.90	1.36	0.84	0.01	11.50	0.60	0.20
9	0 - 20	FL	6.4	3.10	43	12.96	1.50	0.90	0.01	12.80	0.32	0.24
10	0 - 20	FL	6.9	1.93	40	9.80	1.49	0.16	0.01	11.00	0.58	0.30
11	0 - 20	FL	6.8	1.03	35	6.40	1.76	0.31	0.01	6.80	0.40	0.31
12	0 - 20	FL	6.6	1.50	44	8.60	1.86	0.09	0.02	9.80	0.43	0.23
13	0 - 20	F	6.6	2.63	55	8.80	1.46	0.17	0.01	8.50	0.43	0.21
14	0 - 20	FL	6.8	2.63	29	9.60	1.20	0.12	0.01	9.60	0.50	0.26
15	0 - 20	FL	7.0	2.40	48	11.20	0.98	0.16	0.01	11.30	0.48	0.26
16	0 - 20	FA	7.0	2.16	42	7.96	2.37	0.08	0.01	9.60	0.65	0.21
17	0 - 20	FA	6.9	2.40	36	7.28	1.53	0.10	0.04	8.50	1.26	0.15
18	0 - 20	FA	6.6	2.40	72	10.10	1.36	0.38	0.01	11.30	0.35	0.17
19	0 - 20	FA	6.6	2.16	68	6.44	1.80	0.13	0.01	6.50	0.68	0.10
20	0 - 20	FL	6.5	1.50	38	6.80	1.70	0.12	0.03	7.30	0.40	0.25
21	0 - 20	FA	7.0	2.63	66	8.43	1.06	0.18	0.04	9.00	0.32	0.31
22	0 - 20	FA	6.7	1.93	72	7.60	1.36	0.09	0.02	8.10	0.55	0.25
23	0 - 20	FA	6.8	1.69	45	7.83	1.87	0.18	0.01	8.70	0.45	0.18
24	0 - 20	FA	6.6	2.16	55	10.50	1.76	0.14	0.01	11.40	0.65	0.31
25	0 - 20	F	6.6	2.87	39	7.84	1.36	0.13	0.01	8.40	0.60	0.26
26	0 - 20	F	6.7	1.03	53	6.40	1.09	0.36	0.11	6.70	0.48	0.18
27	0 - 20	F	7.0	2.87	42	6.98	1.92	0.58	0.08	7.50	0.75	0.30
28	0 - 20	F	6.6	1.03	58	9.80	1.58	0.76	0.03	11.40	0.78	0.22
29	0 - 20	FL	6.5	3.10	45	7.86	1.46	0.56	0.01	10.30	0.40	0.17
30	0 - 20	FL	6.7	3.34	38	8.60	1.56	0.25	0.01	9.40	1.26	0.28
31	0 - 20	FA	6.7	2.40	35	7.24	1.35	0.81	0.01	6.90	0.30	0.10
32	0 - 20	FA	6.9	1.93	53	7.40	1.18	0.68	0.01	8.00	1.01	0.26
33	0 - 20	FL	7.0	2.87	68	7.20	1.36	0.37	0.05	7.60	0.68	0.16
34	0 - 20	F	6.8	1.03	35	4.81	0.96	0.60	0.06	4.50	0.50	0.12
35	20 - 40	FL	6.7	2.63	58	11.20	1.96	0.96	0.11	12.50	0.80	0.07
36	20 - 40	FL	6.8	2.16	62	9.31	1.58	0.14	0.06	10.50	0.43	0.17
37	20 - 40	FA	6.7	2.16	100	14.20	1.86	0.35	0.02	15.40	1.06	0.22
38	20 - 40	F	6.6	2.63	66	10.00	1.46	0.26	0.12	10.40	0.45	0.26
39	20 - 40	FA	6.8	0.85	55	9.80	1.38	0.27	0.08	11.50	0.91	0.13
40	20 - 40	F	6.8	2.16	110	7.40	1.38	0.20	0.16	7.70	1.08	0.09
41	20 - 40	FA	6.9	1.50	62	7.80	1.34	0.12	0.14	8.50	0.75	0.11
42	20 - 40	FAr	7.0	0.61	68	10.22	1.96	0.14	0.02	10.30	1.08	0.12
43	20 - 40	FL	7.1	2.63	58	7.20	1.61	0.15	0.09	7.10	0.50	0.16
44	20 - 40	FL	7.0	0.85	49	7.10	1.14	0.16	0.16	8.00	0.65	0.13
45	20 - 40	FL	6.9	0.85	46	9.48	1.98	0.16	0.20	10.80	0.45	0.20
46	20 - 40	F	7.1	0.61	49	8.60	1.27	0.31	0.11	8.60	0.96	0.15
47	20 - 40	FA	6.7	2.40	75	8.51	1.32	0.19	0.07	8.10	0.93	0.13

TABLA 2. ANALISIS DE SUELOS DE LA SERIE BANANERA (PBA2R2/C), CULTIVOS DE LIMON, TORONJA, MANGO Y PAPAYA

(Continuación)

MUESTRA	PROFUNDIDAD	TEXTURA	pH	P		Ca	Mg	K	Na	CIC	C.E.	B
				M.O. %	BRAY II ppa							
						aeq/100 g suelo			ds/a		ppm	
48	20 - 40	FA	6.8	2.16	62	10.48	1.39	0.15	0.17	11.30	0.63	0.20
49	20 - 40	FA	7.1	1.93	100	4.20	0.90	0.14	0.05	4.60	0.70	0.24
50	20 - 40	FA	7.1	1.27	72	8.40	1.18	0.30	0.01	9.30	0.37	0.20
51	20 - 40	FA	7.0	2.16	100	7.61	1.38	0.09	0.09	8.50	1.97	0.14
52	20 - 40	FArA	6.8	2.16	110	6.90	1.15	0.15	0.01	6.50	1.11	0.14
53	20 - 40	F	6.7	1.93	150	7.50	1.30	0.10	0.06	7.60	1.21	0.08
54	20 - 40	FA	6.8	1.03	56	8.64	1.17	0.19	0.02	8.40	0.58	0.21
55	20 - 40	F	7.0	2.40	190	5.97	0.89	0.10	0.14	6.80	0.70	0.16
56	20 - 40	FA	6.9	0.85	120	4.13	0.90	0.12	0.16	4.60	0.91	0.12
57	20 - 40	F	6.9	1.27	140	9.60	1.78	0.14	0.21	10.40	0.73	0.10
58	20 - 40	FA	6.8	1.03	68	14.00	1.86	0.38	0.02	14.80	0.68	0.26
59	20 - 40	FA	6.9	1.69	68	10.21	1.85	0.35	0.19	11.50	0.96	0.14
60	20 - 40	FL	7.0	0.85	42	7.30	1.37	0.20	0.14	7.60	0.40	0.10
61	20 - 40	FA	7.0	0.61	72	11.10	1.38	0.30	0.06	11.30	1.01	0.10
62	20 - 40	F	6.8	2.16	120	8.19	0.98	0.20	0.10	8.30	0.71	0.16
63	20 - 40	FL	6.7	2.40	75	7.80	1.14	0.08	0.09	6.50	0.68	0.09
64	20 - 40	FL	6.8	1.50	66	5.80	0.96	0.09	0.08	5.40	1.31	0.15
65	20 - 40	FArA	6.9	1.03	56	6.84	1.16	0.06	0.12	7.10	0.65	0.10
66	20 - 40	FArL	7.0	1.03	49	10.10	1.89	0.21	0.03	11.30	1.26	0.12
67	20 - 40	FA	7.1	0.85	50	8.90	1.77	0.15	0.04	9.50	0.65	0.10
68	20 - 40	FA	7.0	1.69	68	9.30	1.96	0.12	0.21	10.80	0.96	0.10

TABLA 3. ANALISIS DE SUELOS DE LA SERIE N3A2/C, CULTIVOS DE LIMON, TORONJA, MANGO Y FAYAYA

MUESTRA	PROFUNDIDAD	TEXTURA	pH	P		Ca	Mg	K	Na	CIC	C.E.	B
				M.O. %	BRAY II ppa							
						meq/100 g suelo			dS/a	ppa		
1	0 - 20	FARL	6.5	2.16	55	9.80	1.95	0.21	0.14	10.50	1.01	0.29
2	0 - 20	FL	6.5	2.63	53	3.96	0.70	0.18	0.03	4.50	0.30	0.31
3	0 - 20	FL	6.6	1.93	66	11.30	2.07	0.35	0.10	11.00	1.26	0.21
4	0 - 20	FARL	6.7	2.87	52	6.20	1.84	0.28	0.01	7.30	0.40	0.24
5	0 - 20	FA	6.3	2.40	53	9.00	0.16	0.16	0.01	10.10	0.78	0.35
6	0 - 20	FL	6.5	1.50	30	5.80	2.00	0.22	0.01	7.10	0.75	0.19
7	0 - 20	FL	6.4	1.93	36	8.60	1.10	0.13	0.04	9.00	0.48	0.17
8	0 - 20	ArL	6.4	2.16	44	8.40	1.18	0.19	0.01	8.30	0.60	0.21
9	0 - 20	ArL	6.4	1.93	38	10.00	1.87	0.20	0.01	11.20	0.65	0.26
10	0 - 20	FARL	6.6	1.50	50	8.10	1.67	0.18	0.07	9.10	0.45	0.35
11	0 - 20	ArL	6.4	2.40	42	4.86	0.79	0.20	0.01	5.10	0.55	0.20
12	0 - 20	FL	6.6	2.63	64	10.15	1.38	0.42	0.02	10.50	0.32	0.27
13	0 - 20	FL	7.1	1.93	75	14.10	1.89	0.70	0.01	14.20	0.40	0.23
14	0 - 20	FL	6.7	1.27	40	18.40	2.25	0.86	0.12	18.50	0.68	0.03
15	0 - 20	FL	6.5	1.50	110	8.09	1.48	0.26	0.01	8.30	0.35	0.15
16	0 - 20	FAR	6.8	1.69	32	14.30	2.56	0.68	0.01	16.10	1.26	0.13
17	0 - 20	FL	6.7	2.40	36	8.20	1.30	0.25	0.01	8.30	0.65	0.30
18	0 - 20	FL	6.5	1.50	75	9.00	1.54	0.58	0.01	10.20	0.75	0.26
19	0 - 20	FL	6.9	1.03	39	8.00	1.50	0.19	0.01	9.00	0.30	0.18
20	0 - 20	FL	7.0	2.10	36	9.50	1.95	0.18	0.02	9.70	0.48	0.16
21	0 - 20	FAR	6.8	2.60	32	9.20	2.26	0.37	0.05	10.50	0.43	0.25
22	0 - 20	FARL	6.7	2.87	68	12.10	2.89	0.35	0.04	12.30	0.65	0.30
23	0 - 20	FA	6.7	1.69	45	8.20	1.68	0.19	0.01	9.10	0.30	0.17
24	0 - 20	FAR	6.6	2.16	62	9.10	2.25	0.28	0.01	10.30	0.55	0.31
25	0 - 20	FL	6.9	2.87	64	7.80	1.96	0.21	0.01	7.40	0.80	0.20
26	0 - 20	FL	6.6	1.69	58	9.20	2.14	0.28	0.01	10.00	0.91	0.38
27	0 - 20	FL	6.6	1.27	43	8.20	2.10	0.18	0.01	8.10	0.35	0.16
28	0 - 20	FL	6.8	1.03	42	9.20	2.12	0.17	0.01	10.30	0.43	0.18
29	20 - 40	FL	6.8	1.50	110	4.60	1.10	0.18	0.03	5.50	1.21	0.12
30	20 - 40	FL	6.8	1.27	60	9.20	1.28	0.17	0.17	9.10	0.43	0.07
31	20 - 40	FL	6.8	1.03	75	7.40	1.47	0.20	0.04	8.50	1.31	0.08
32	20 - 40	FA	7.0	2.16	150	7.80	1.34	0.10	0.05	8.10	0.55	0.12
33	20 - 40	FA	6.8	1.03	100	10.20	1.90	0.12	0.21	10.40	0.78	0.08
34	20 - 40	FA	6.8	1.03	64	7.00	1.56	0.13	0.23	8.10	0.65	0.06
35	20 - 40	FL	6.7	1.27	43	4.20	1.60	0.18	0.04	5.30	0.55	0.05
36	20 - 40	FL	7.1	1.03	58	8.00	1.26	0.29	0.08	8.70	0.60	0.06
37	20 - 40	FL	7.2	0.85	72	7.60	1.38	0.09	0.18	9.00	0.55	0.02
38	20 - 40	FL	6.9	1.93	120	6.90	1.21	0.15	0.06	7.70	0.80	0.20
39	20 - 40	FA	7.0	1.50	72	6.14	1.26	0.19	0.24	5.60	0.64	0.21
40	20 - 40	FA	6.8	1.93	62	3.40	0.96	0.13	0.02	4.50	0.70	0.10
41	20 - 40	FL	6.8	0.85	44	7.80	1.26	0.17	0.20	8.30	0.43	0.01
42	20 - 40	FL	7.1	1.03	110	8.96	1.24	0.27	0.02	7.80	0.93	0.09
43	20 - 40	ArL	7.2	1.03	62	6.97	1.76	0.10	0.23	8.00	0.35	0.11
44	20 - 40	ArL	7.5	0.85	150	4.83	1.70	0.12	0.09	6.30	1.31	0.16
45	20 - 40	FA	6.9	1.93	42	11.00	1.35	0.20	0.06	12.10	0.65	0.18
46	20 - 40	ArL	7.0	1.03	43	8.20	1.95	0.26	0.18	9.30	1.01	0.10

TABLA 3. ANALISIS DE SUELOS DE LA SERIE M3A2.C, CULTIVOS DE LIMON, TORONJA, MANGO Y PAPAYA

(Continuación)

MUESTRA	PROFUNDIDAD	TEXTURA	pH	P		Ca	Mg	K	Na	CIC	C.E.	B
				M.O. BRAY II	%							
47	20 - 40	FArL	6.9	0.85	60	7.85	1.14	0.04	0.16	7.40	0.58	0.20
48	20 - 40	FL	7.1	0.85	62	6.81	0.92	0.09	0.10	6.30	0.41	0.12
49	20 - 40	FL	6.9	1.50	52	5.90	0.96	0.16	0.08	6.10	0.65	0.20
50	20 - 40	FA	7.0	1.93	58	7.81	1.89	0.14	0.03	8.30	0.93	0.09
51	20 - 40	FA	7.0	0.61	75	8.10	1.82	0.09	0.01	9.10	0.42	0.11
52	20 - 40	FArL	6.8	1.27	58	8.42	1.72	0.11	0.06	8.60	0.63	0.22
53	20 - 40	FL	7.0	0.51	68	8.90	1.96	0.12	0.10	8.50	0.96	0.16
54	20 - 40	FA	7.0	0.85	120	4.80	1.72	0.10	0.06	5.10	1.23	0.10
55	20 - 40	FL	6.9	1.03	90	11.00	2.60	0.13	0.09	12.30	0.73	0.15
56	20 - 40	FArL	6.9	0.85	43	4.85	1.73	0.14	0.16	5.80	0.70	0.10

TABLA 4. ANALISIS DE SUELOS DE LA SERIE GUACAMAYAL (M12X/C), CULTIVOS DE LIMON, TORONJA Y PAPAYA

MUESTRA	PROFUNDIDAD	TEXTURA	pH	M.O. BRAY II %	P	Ca	Mg	K	Na	CIC	C.T.	B
					ppm	meq/100 g suelo				dS/a	ppm	
1	0 - 20	FA	6.5	2.63	52	9.00	1.96	0.20	0.06	9.40	1.03	0.14
2	0 - 20	FA	6.4	2.89	64	3.80	0.71	0.19	0.02	4.50	1.26	0.14
3	0 - 20	FA	6.5	1.62	49	11.10	2.01	0.23	0.01	12.30	0.37	0.22
4	0 - 20	FL	6.7	2.87	45	8.50	1.46	0.15	0.01	8.70	0.43	0.15
5	0 - 20	FL	6.9	2.40	58	8.95	1.57	0.12	0.04	9.30	0.68	0.15
6	0 - 20	FArL	6.6	2.16	52	9.20	1.01	0.13	0.01	8.40	1.26	0.10
7	0 - 20	ArL	6.5	2.40	62	8.60	1.78	0.21	0.08	7.30	0.58	0.04
8	0 - 20	FAr	6.6	2.63	75	7.50	1.86	0.06	0.04	8.10	1.97	0.10
9	0 - 20	FL	6.6	1.27	75	8.60	1.96	0.16	0.05	9.50	1.21	0.15
10	0 - 20	FL	7.0	1.69	68	16.20	1.26	0.18	0.01	15.30	0.60	0.10
11	0 - 20	FA	6.9	1.50	110	6.20	1.84	0.21	0.06	7.10	1.08	0.11
12	0 - 20	FA	7.0	1.69	150	9.60	1.87	0.71	0.01	8.50	1.31	0.08
13	0 - 20	FL	6.5	2.63	68	6.80	1.20	0.26	0.04	7.10	0.50	0.10
14	0 - 20	FL	6.7	2.87	44	5.97	1.31	0.36	0.02	4.80	0.43	0.16
15	0 - 20	FA	6.5	2.63	75	7.76	1.40	0.40	0.01	8.50	0.25	0.10
16	0 - 20	FL	6.9	2.16	53	8.00	1.34	0.21	0.04	9.30	0.50	0.11
17	20 - 40	FA	6.5	1.69	44	7.50	1.20	0.20	0.08	6.40	1.21	0.01
18	20 - 40	FA	6.7	2.16	53	3.10	1.15	0.14	0.12	3.10	1.26	0.10
19	20 - 40	F	6.9	0.61	36	7.80	1.21	0.12	0.16	8.30	0.58	0.16
20	20 - 40	F	7.1	1.50	49	9.00	1.60	0.13	0.20	9.50	0.55	0.10
21	20 - 40	FA	6.8	1.27	49	7.20	1.63	0.08	0.20	8.40	0.68	0.10
22	20 - 40	FA	6.7	10.30	22	7.10	1.41	0.10	0.09	7.30	1.21	0.08
23	20 - 40	FL	6.6	1.93	55	7.90	1.63	0.16	0.10	6.90	1.01	0.01
24	20 - 40	FL	7.0	0.85	64	7.00	1.20	0.04	0.06	8.50	1.98	0.08
25	20 - 40	FL	7.1	0.85	49	8.00	1.35	0.09	0.08	9.10	1.23	0.10
26	20 - 40	FArL	7.0	0.10	55	14.20	1.48	0.10	0.14	12.10	0.63	0.06
27	20 - 40	ArL	7.0	0.85	75	6.00	1.19	0.12	0.08	6.30	1.23	0.04
28	20 - 40	FL	6.8	1.03	68	8.50	1.70	0.20	0.18	9.60	1.97	0.03
29	20 - 40	FL	7.0	1.69	44	5.40	1.38	0.10	0.06	6.30	0.58	0.06
30	20 - 40	FA	6.9	1.50	36	6.00	1.21	0.16	0.02	7.00	0.70	0.08
31	20 - 40	FA	7.0	1.27	62	7.10	1.75	0.20	0.19	6.80	0.58	0.06
32	20 - 40	FA	7.0	1.50	49	9.40	1.94	0.18	0.06	9.60	0.55	0.04

TABLA 5. ANALISIS DE SUELOS DE LA SERIE HSA2/C, CULTIVO DE TORONJA.

MUESTRA	PROFUNDIDAD	TEXTURA	pH	P		Ca	Mg	K	Na	CIC	C.E.	B
				M.O. BRAY II %	ppm							
						meq/100 g suelo			ds/a		ppm	
1	0 - 20	FA	6.5	2.40	68	6.80	1.04	0.39	0.01	7.50	0.20	0.23
2	0 - 20	FA	6.8	2.63	110	5.97	1.25	0.46	0.01	6.90	1.11	0.27
3	0 - 20	FL	6.5	1.93	22	9.60	1.48	0.72	0.03	10.50	0.70	0.26
4	0 - 20	FL	7.1	2.40	44	7.76	1.34	0.45	0.01	8.60	1.21	0.28
5	0 - 20	FA	6.9	2.16	75	8.50	1.35	0.20	0.01	9.30	0.35	0.38
6	0 - 20	FA	7.0	2.40	53	7.80	1.25	0.76	0.01	8.50	0.58	0.35
7	0 - 20	F	6.5	2.87	53	7.35	1.15	0.68	0.01	7.30	0.43	0.24
8	0 - 20	FA	6.7	2.16	49	7.20	1.19	0.17	0.01	7.40	0.43	0.34
9	0 - 20	FA	6.9	1.03	64	4.96	0.87	0.49	0.01	5.40	0.25	0.17
10	0 - 20	F	7.0	1.50	75	11.10	1.90	0.71	0.02	12.40	0.25	0.22
11	0 - 20	FL	7.2	1.27	75	10.60	1.52	0.60	0.03	11.30	1.23	0.30
12	0 - 20	F	6.8	3.10	62	5.80	1.19	0.25	0.10	5.80	0.50	0.15
13	0 - 20	FA	6.9	0.61	49	7.30	1.28	0.65	0.01	7.10	0.59	0.36
14	0 - 20	F	7.0	2.40	64	7.30	1.20	0.46	0.02	8.00	0.55	0.22
15	0 - 20	FA	7.1	2.16	22	7.96	1.63	0.29	0.01	8.50	0.80	0.11
16	0 - 20	FA	6.7	1.69	49	7.30	1.41	0.75	0.01	7.30	0.43	0.22
17	20 - 40	FA	7.0	2.16	75	7.90	1.76	0.08	0.02	9.60	1.31	0.20
18	20 - 40	FA	7.2	1.03	110	8.60	1.32	0.15	0.08	7.40	1.26	0.25
19	20 - 40	F	7.0	1.69	55	9.20	1.67	0.11	0.10	8.90	0.96	0.25
20	20 - 40	FA	7.2	2.13	60	10.00	1.99	0.14	0.23	11.50	1.31	0.16
21	20 - 40	FA	7.3	2.16	120	7.84	2.17	0.08	0.20	9.30	0.45	0.16
22	20 - 40	FL	7.0	0.85	64	10.40	1.31	0.31	0.08	10.10	0.65	0.08
23	20 - 40	FA	7.2	0.61	62	8.73	1.70	0.11	0.20	7.40	0.93	0.16
24	20 - 40	FA	7.1	1.03	36	8.51	1.32	0.09	0.18	7.90	0.58	0.20
25	20 - 40	FA	7.1	1.03	150	8.97	1.76	0.18	0.24	9.40	0.50	0.10
26	20 - 40	FA	7.0	0.85	72	10.47	1.66	0.13	0.06	7.30	1.31	0.18
27	20 - 40	FA	7.3	1.03	110	8.64	1.96	0.11	0.01	6.80	0.37	0.05
28	20 - 40	F	7.0	1.27	60	9.33	1.93	0.25	0.06	8.40	0.68	0.11
29	20 - 40	FA	7.1	0.61	75	8.70	1.37	0.28	0.02	7.40	1.25	0.20
30	20 - 40	FA	7.2	2.16	75	9.57	1.68	0.36	0.04	10.20	1.23	0.12
31	20 - 40	FL	7.1	0.85	64	9.36	1.79	0.53	0.24	9.30	0.73	0.11
32	20 - 40	FA	6.9	1.50	62	8.00	1.78	0.26	0.23	8.50	1.11	0.15

**ANEXO No. 3**

**CONTIENE TABLAS DE  
RESULTADOS ESTADISTICOS**

TABLA 1                      ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO PARA LA VARIABLE  
 RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL MAIZ ICA V- 155  
 EN CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA.

FUENTE DE VARIACION	S.L.	CUADRADO MEDIO
Serie	4	6.982 **
Error a	15	0.395
Tratamiento	4	0.114 +
Serie x Tratamiento	16	0.137 +
Error b	60	0.134
TOTAL	99	
Promedio		2.647
C.V.		13.86

+ = No significativo

\*\* = Altamente significativo (P<0.01)

TABLA 2 PROMEDIOS DE RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL MAIZ  
 VARIEDAD ICA V-155 EN 6/MATERA EN CONDICIONES DE  
 INVERNADEERO EN LOS CINCO SUELOS DEL C.I. CARIBIA

SUELOS	PROMEDIOS +
3	3.65 a
1	2.62 b
5	2.54 bc
2	2.26 bc
4	2.15 c

+ Promedios de 20 observaciones

Las letras al lado de los promedios indican la prueba de Duncan  
 Promedios con una letra común no difieren estadísticamente; en  
 caso contrario, presentan diferencias significativas al 5%.

1. Serie Y1X/1
2. Serie P8A2B2/C
3. Serie M3A2/C
4. Serie M12X/C
5. Serie MBA2/C

TABLA 3 PROMEDIOS DE RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DEL MAIZ  
 VARIEDAD ICA V-155 EN S/MATERA EN CONDICIONES DE  
 INVERNADERO PARA LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS EN LAS  
 CINCO SERIES DE SUELO DEL C.I. CARIBIA

TRATAMIENTOS	Kg B/Ha	PROMEDIOS +
1	0	2.58 a
2	0.7	2.59 a
3	1.4	2.63 a
4	2.1	2.65 a
5	2.8	2.77 a

+ Promedio de 20 Observaciones

Las letras al lado de los promedios indican la prueba de Duncan.  
 Promedios con una letra común no difieren estadísticamente; en  
 caso contrario, presentan diferencias significativas al 5%.



TABLA 5 CUADRADOS MEDIOS DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE CONCENTRACION DE B EN EL TEJIDO VEGETAL DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN CINCO SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA

FUENTE DE VARIACION	G.L.	SERIES DE SUELO				
		1	2	3	4	5
Trataamiento	4	121.62**	533.90**	165.89**	234.048**	126.039**
Error	15	63.1700	2.0720	3.6380	1.3475	1.6310
TOTAL	19					
Proaedio		12.60	19.620	18.425	17.535	15.630
C.V.		19.94	7.336	10.352	6.620	8.170

\*\* Altamente significativo (P<0.01)

1. Serie Y1X/1
2. Serie P8A2B2/C
3. Serie M3A2/C
4. Serie M12X/C
5. Serie M9A2/C

TABLA 6 CONCENTRACION PROMEDIA DE B EN ppm EN EL TEJIDO FOLIAR DE MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN CONDICIONES DE INVERNADERO PARA LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS EN SUELOS DE LAS CINCO SERIES DEL C.I. CARIBIA

TRATAMIENTOS	Kg de B/Ha	PROMEDIOS +
1	0	7.51 e
2	0.7	12.95 d
3	1.4	16.26 c
4	2.1	20.48 b
5	2.8	26.59 a

+ Promedios de 20 observaciones

Las letras al lado de los tratamientos indican la prueba de Duncan. Valores con una letra en común no difieren estadísticamente; en caso contrario, presentan diferencia significativa al 5%.

TABLA 7 CONCENTRACION PROMEDIA DE B EN EL TEJIDO FOLIAR DEL MAIZ  
 VARIEDAD ICA V-155 EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN SUELOS  
 DE LAS CINCO SERIES DEL C.I. CARIBIA.

SUELOS	PROMEDIOS +
2	19.62 a
3	18.42 b
4	17.53 b
5	15.63 c
1	12.60 d

+ Promedios 20 observaciones

Las letras al lado de los promedios indican la prueba de Duncan.  
 Promedios con una letra en común no difieren estadísticamente;  
 en caso contrario, presentan diferencias significativas al 5%.

1. Serie YIX/1
2. Serie PBA2B2/C
3. Serie M3A2/C
4. Serie M12X/C
5. Serie MBA2/C



TABLA 9. ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO FOLIAR DEL MAIZ VARIEDAD ICA V-155 EN PORCENTAJE PARA N, P, Ca, Mg, K y B EN ppm EN CONCO SERIES DE SUELO DEL C.I. CARIBIA

FUENTE DE VARIACION	G.L.	CUADRADOS MEDIOS					
		N	P	Ca	Mg	K	B
SERIE	4	0.123 **	0.0170 **	0.956 **	0.0305 **	1.7660 **	150.670 **
ERROR a	15	0.005	0.0012	0.012	0.0018	0.0430	2.596
TRATAMIENTO	4	0.004 +	0.0012 +	0.042 ‡	0.0002 +	0.0100 +	1,054.160 **
SERIE*TRAT.	46	0.003 +	0.0027 ‡	0.035 ‡	0.0034 **	0.0140 +	31.833 **
ERROR b	60	0.006	0.0012	0.016	0.0014	0.0130	3.102
TOTAL	90						
PROMEDIO		0.669	0.223	0.468	0.3113	2.4970	16.762
C.V.		11.880	15.880	27.580	12.040	4.639	10.509

+ = NO SIGNIFICATIVO

‡ = SIGNIFICATIVO (P<0.05)

\*\* = ALTAMENTE SIGNIFICATIVO (P<0.01)

TABLA 10

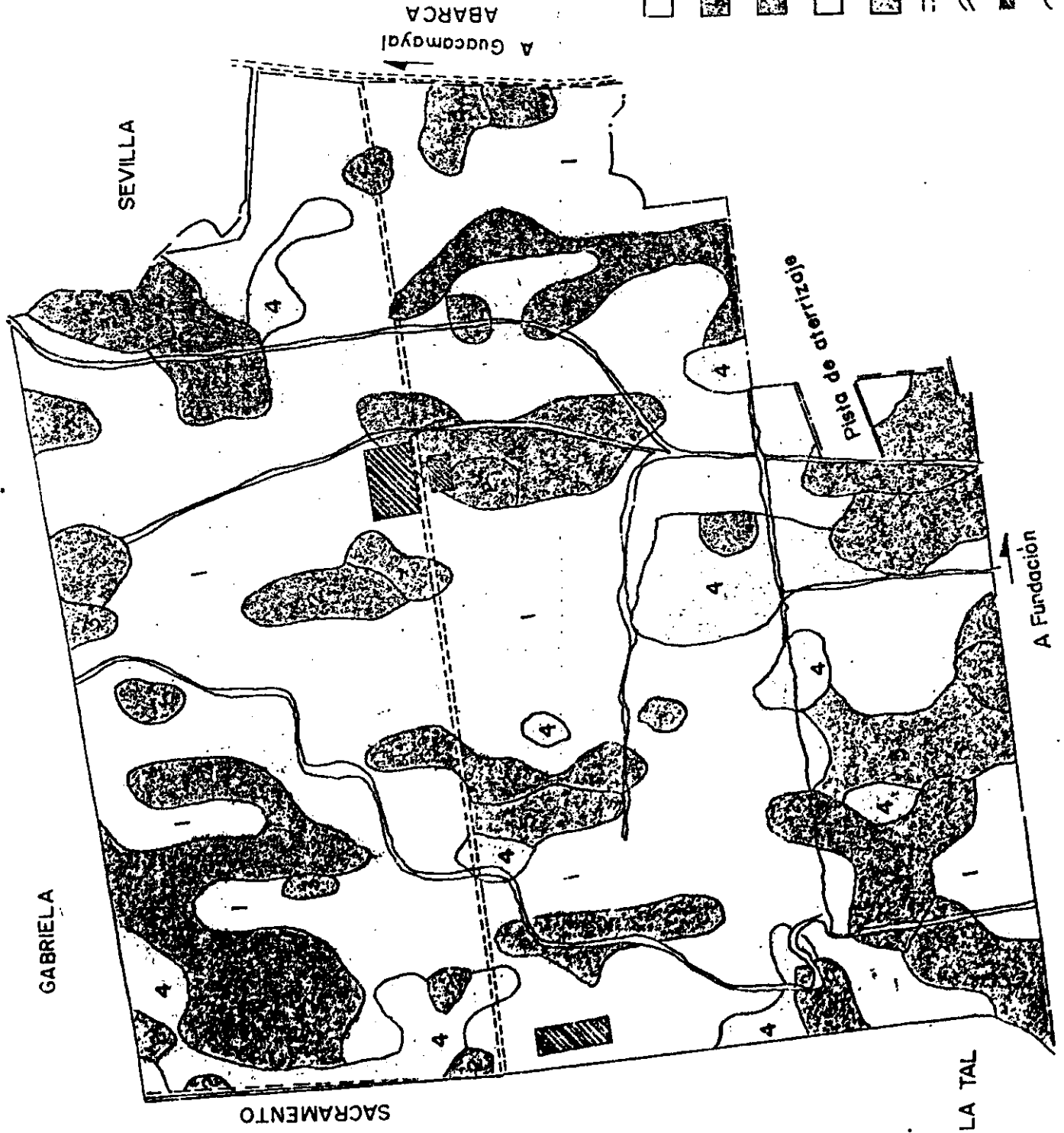
PROMEDIOS DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA ABSORCIÓN DE BORO (mg/materia)  
EN EL MAÍZ VARIEDAD ICA V-155 PARA LOS SUELOS EN CONJUNTO

TRATAMIENTOS	B Kg/ha	PROMEDIOS
1	0.0	0.020 e
2	0.7	0.034 d
3	1.4	0.042 c
4	2.4	0.053 b
5	2.8	0.072 a

Las letras al lado de los promedios indican la prueba de Duncan.  
Promedios con una letra en común no son diferentes estadísticamente; en caso contrario, presentan diferencias significativa al 5%.

MAPA DE SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA

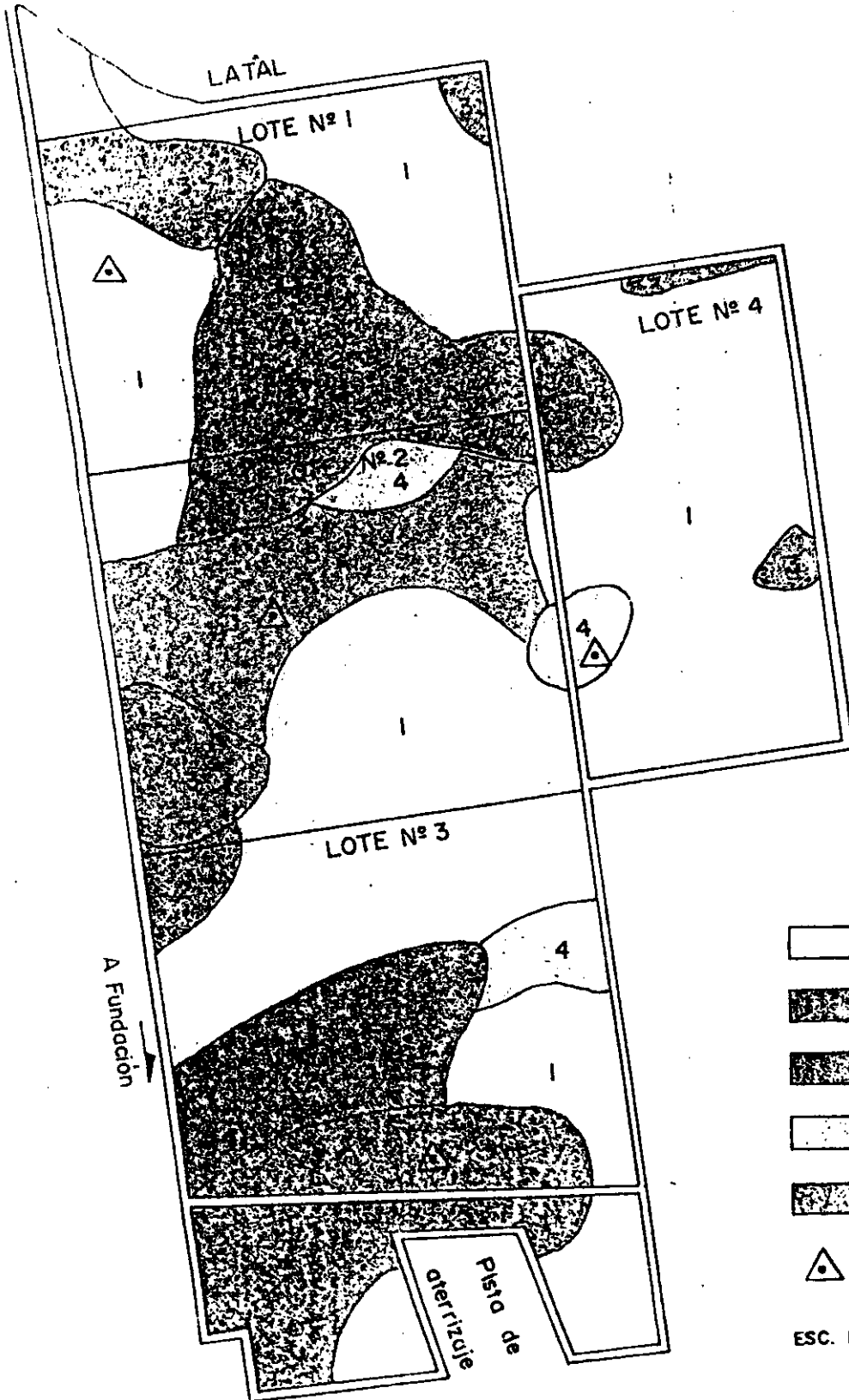
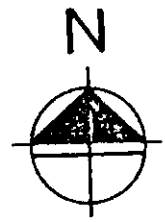
ESC. 1:5000









CONVENCIONES

- Series 1: Ylx/I
- Series 2: P8A2B2/C
- Series 3: M3A2/C
- Series 4: M12x/C
- Series 5: M6A2/C
- Carretera
- Canales
- Construcciones
- Líneas de suelos

AREA ESTUDIADA DE LAS SERIES DE SUELOS DEL C.I. CARIBIA



-  Serie 1: Ylx/I
-  Serie 2: P8A2 B2/C
-  Serie 3: M3A2/C
-  Serie 4: M12x/C
-  Serie 5: M6A2/C

 Descripción Perfiles

ESC. 1: 10000

EL PRADO