

DETERMINACION DE PORO, COBALTO, COBRE Y MOLIBDENO  
EN LOS SUELOS DEL VALLE DE SIBUNDOY  
INTENDENCIA NACIONAL DEL PUTUMAYO

Por

MANUEL JESUS VILLOTA MENeses

"

Tesis de grado presentada como requisito  
parcial para optar al título de  
INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis

MARIO BLASCO L., I.A., Ph.D.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO AGRÍCOLA

Pasto - Colombia

1.970

"Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son de responsabilidad exclusiva de su autor".

Art. 1º del Acuerdo No. 324 del 11 de Octubre de 1.966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Maricao.

<b>UNIVERSIDAD DE MARAÑO</b>	
ALICANTE	
211537	
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

A DON RAMON BLANCO L., I. A., Ph.D.  
 A DON FRANCISCO GONZALEZ DE LA ESPERANZA  
 A DON JUAN VICENTE CAJUELA I. A.  
**A LOS SACRIFICIOS DE MIS PADRES**  
**A MI ESPOSA**  
**A MIS HIJOS**  
**A MIS HERMANOS**  
**A MIS FAMILIARES**  
**A MIS AMIGOS**

**DEDICO**

**MANUEL JESUS VILLOTA MENESSES**

<b>UNIVERSIDAD DE NARIÑO</b>			
BIBLIOTECA			
ALBERTO GUZMÁN GUERRERO			
No.	211537-71	Fac.	_____
Ej.	_____	Vol.	_____
		Lib.	_____
Valor \$	_____	Don	_____
		Can.	_____
		Com.	_____
Fecha	_____	Resp.	_____

**AGRADECIMIENTOS:**

A MARIO BLASCO L., I.A., Ph.D.

A FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA

A HERNAN BURBANO ORJUELA I.A.

A ANTONIO ARIAS HERNANDEZ I.A.

A EPREN CORAL QUINTERO I.A.

A ANTONIO BELALCAZAR Y FLIA.

Al personal del Laboratorio de Suelos del Instituto Tecnológico Agrícola.

A todas las personas que en una u otra forma colaboraron en el desarrollo del presente trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
I INTRODUCCION .....	1
II REVISION DE LITERATURA .....	2
2.1 Generalidades del Valle de Sibundoy .....	2
2.2 Boro .....	4
2.2.1 Funciones del boro en la planta .....	4
2.2.2 Boro en el suelo .....	5
2.2.3 Algunas reacciones de boro en el suelo .....	5
2.2.4 Contenido de boro en algunos suelos .....	6
2.3 Cobalto .....	7
2.3.1 Funciones del cobalto en plantas y animales .....	7
2.3.2 Cobalto en los suelos .....	8
2.3.3 Cantidades de cobalto en algunos suelos .....	10
2.4 Cobre .....	11
2.4.1 Funciones del cobre en las plantas y animales .....	11
2.4.2 Cobre en los suelos .....	12
2.4.3 Cantidades de cobre en algunos suelos .....	13
2.5 Molibdeno .....	14
2.5.1 Funciones del molibdeno en plantas y animales .....	14
2.5.2 Molibdeno en los suelos .....	15
2.5.3 Cantidades de molibdeno en algunos suelos .....	18

	Pág.
III MATERIALES Y METODOS .....	19
3.1 Materiales .....	19
3.2 Métodos .....	19
3.2.1 Determinación de boro, cobalto, cobre y molibdeno .....	19
3.2.2 Preparación de la muestra para la determinación de boro .....	20
3.2.3 Determinación del boro .....	21
3.2.4 Preparación de la muestra para la determinación de cobalto, co bre y molibdeno .....	22
3.2.5 Determinación de cobalto .....	22
3.2.6 Determinación de cobre .....	24
3.2.7 Determinación de molibdeno .....	25
IV RESULTADOS Y DISCUSION .....	27
V CONCLUSIONES .....	56
VI RESUMEN .....	58
SUMMARY .....	59
VII BIBLIOGRAFIA .....	60
VIII APENDICE I. ....	74
IX APENDICE II. ....	88

ILUSTRACIONES

	Pág.
Figura 1. Valle de Sibundoy. Intendencia Nal. del Putumayo. Localización de la zona estudiada (mapa) .....	3
Figura 2. Valle de Sibundoy. Intendencia Nal. del Putumayo. Localización de muestras en las unidades de suelo, determinadas por Manjarrés y Marín (mapa) (Apéndice II).	5
Figura 3. Contenidos promedios de boro, cobalto, cobre y molibdeno totales en -- suelos del Valle de Sibundoy, bajo condiciones de cultivo .....	49
Figura 4. Contenidos promedios de boro, cobalto y molibdeno totales en subsuelos del Valle de Sibundoy, bajo condiciones de cultivo .....	50
Figura 5. Contenidos promedios de boro, cobalto, cobre y molibdeno totales en suelos del Valle de Sibundoy, bajo condiciones de pradera .....	51
Figura 6. Contenidos promedios de boro, cobalto, cobre y molibdeno totales en subsuelos del Valle de Sibundoy, bajo condiciones de pradera .....	52
Figura 7. Contenidos promedios de boro, cobalto, cobre y molibdeno totales en suelos del Valle de Sibundoy, bajo condiciones de pantano .....	53

	Pág.
Figura 8. Contenidos promedios de boro, cobalto, cobre y molibdeno totales en suelos del Valle de Sibundoy, bajo condiciones de pantano .....	54
Figura 9. Gráfico comparativo de los promedios de cobalto, cobre y molibdeno en las regiones de clima medio, del Altiplano de Pasto y del Valle de Sibundoy.	55

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
BIBLIOTECA Y DOCUMENTACION  
SERVICIOS AL PUEBLO

TABLAS

	Pág.
Tabla I. Contenido de boro total en suelo y subsuelo del Valle de Sibundoy, (cultivo) .....	33
Tabla II. Contenido de boro total en suelo y subsuelo del Valle de Sibundoy (pradera) .....	34
Tabla III. Contenido de boro total en suelo y subsuelo del Valle de Sibundoy (pantano) .....	35
Tabla IV. Contenido de cobalto total en suelo y subsuelo del Valle de Sibundoy (cultivo) .....	36
Tabla V. Contenido de cobalto total en suelo y subsuelo del Valle de Sibundoy (pradera) .....	37
Tabla VI. Contenido de cobalto total en suelo y subsuelo del Valle de Sibundoy (pantano) .....	38
Tabla VII. Contenido de cobre total en suelo y subsuelo del Valle de Sibundoy (cultivo) .....	39
Tabla VIII. Contenido de cobre total en suelo y subsuelo del Valle de Sibundoy (pradera) .....	40

	Pág.
Tabla IX. Contenido de cobre total en suelo y subsuelo del Valle de Sibundoy (pantano) .....	41
Tabla X. Contenido de molibdeno total en suelo y subsuelo del Valle de Sibundoy (cultivo) .....	42
Tabla XI. Contenido de molibdeno total en suelo y subsuelo del Valle de Sibundoy (pradera) .....	43
Tabla XII. Contenido de molibdeno total en suelo y subsuelo del Valle de Sibundoy (pantano) .....	44
Tabla XIII. Contenidos máximo, promedio y mínimo de boro y cobalto en los suelos en el Valle de Sibundoy, bajo condiciones de cultivo, pradera y pantano. ....	45
Tabla XIV. Contenidos máximo, promedio y mínimo de boro y cobalto en subsuelos del Valle de Sibundoy (cultivo, pradera y pantano) .....	46
Tabla XV. Contenidos máximo, promedio y mínimo de cobre y molibdeno en los suelos del Valle de Sibundoy (cultivo, pradera y pantano) .....	47
Tabla XVI. Contenidos máximo, promedio y mínimo de cobre y molibdeno en subsuelos	

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
BIBLIOTECA Y DOCUMENTACIÓN  
SERVIDIO AL PÚBLICO

del Valle de Sibundoy (cultivo, pradera y pantano) ..... 48

**Tabla XVII. Relación estadística entre suelo y subsuelo con los contenidos de boro, cobalto, cobre y molibdeno bajo condiciones de cultivo y pradera ..... 48A**

La presente investigación tiene por objeto el estudio de los tenores totales de boro, cobalto, cobre y molibdeno, en los suelos del Valle de Sibundoy, considerando así, dentro de la guisa de una guía para las investigaciones realizadas por el Sr. J. J. y E. J. (2), sobre las relaciones existentes de los elementos sujetos a estudio, boro y cobalto.

Los resultados obtenidos acerca de los diez años de trabajo estadístico permitieron por tanto, en el Valle de Sibundoy, el primer estudio estadístico de los contenidos de boro, cobalto, cobre y molibdeno en los suelos de cultivo y pradera, considerando así, dentro de la guisa de una guía para las investigaciones realizadas por el Sr. J. J. y E. J. (2), sobre las relaciones existentes de los elementos sujetos a estudio, boro y cobalto.

(\*) Este estudio fue realizado en el Valle de Sibundoy, en el año 1950, por el Sr. J. J. y E. J. (2), sobre las relaciones existentes de los elementos sujetos a estudio, boro y cobalto.

DETERMINACION DE BORO, COBALTO, COBRE Y MOLIBDENO  
EN SUELOS DEL VALLE DE SIBUNDOY,  
INTENDENCIA NACIONAL DEL PUTUMAYO (")

Por

MANUEL JESUS VILIOTA MENESES

I INTRODUCCION

La presente investigación tiene por objeto el estudio de las formas totales de boro, cobalto, cobre y molibdeno, en los suelos del Valle de Sibundoy, complementando así, dentro de la química de esos suelos, las investigaciones realizadas por Bastidas, Caycedo y Romo (8), sobre las distintas fracciones de los elementos mayores nitrógeno, fósforo y potasio.

Los resultados obtenidos acerca de los elementos menores mencionados permiten por primera vez en Colombia, obtener cierta secuencia de su distribución y contenido en suelos derivados de cenizas volcánicas, sometidos a distintos grados de intemperización. Los datos del boro son los primeros que se obtienen en suelos volcánicos colombianos, y hasta donde ha sido posible obtener literatura, en suelos volcánicos suramericanos.

---

(") Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Mario Blasco L. I.A., Ph. D.

## II REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades del Valle de Sibundoy

El Valle de Sibundoy se encuentra situado a una altura de 2.100 m.s.n.m. en el extremo noroccidental de la Intendencia Nacional del Putumayo, formando una elipse de 12 por 8 kilómetros, situado en la Cordillera Centro-oriental, entre los Cerros de Juanoy, Cascabel, Cordillera de Portachuelo y los Volcanes de Bordoncillo y Patascoy (Bastidas, Caycedo y Romo (8)).

De acuerdo a Espinal y Montenegro (31), el Valle de Sibundoy pertenece al bosque muy húmedo montaño bajo. Según Samel (78), la temperatura es de 16,3°C. mientras que la precipitación en Sibundoy es de 1.373,5 mm. y en Balsayaco de 2.165,7 mm.

Inicialmente el Valle de Sibundoy fue un lago, desaguado actualmente por el Río Putumayo. La región fue cubierta por rocas y derrames volcánicos, en su mayoría de naturaleza andesítica y rocas metamórficas de distintas características (Bastidas, Caycedo y Romo (8); Rojo y Gómez (76), afirman que existen dentro del Valle, formaciones pleistocenas, terrazas y rocas eruptivas volcánicas.

De acuerdo al estudio realizado por Bastidas, Caycedo y Romo (8), los suelos del Valle de Sibundoy son de textura predominante franco o franco li

X

# CONVENCIONES

- ⊙ Poblaciones
- Limite de territorio
- ~ Rios
- Carreteras
- - - Carreteables

VALLE DE SIBUNDOY

0 5 Kms. Escala 1:100.000

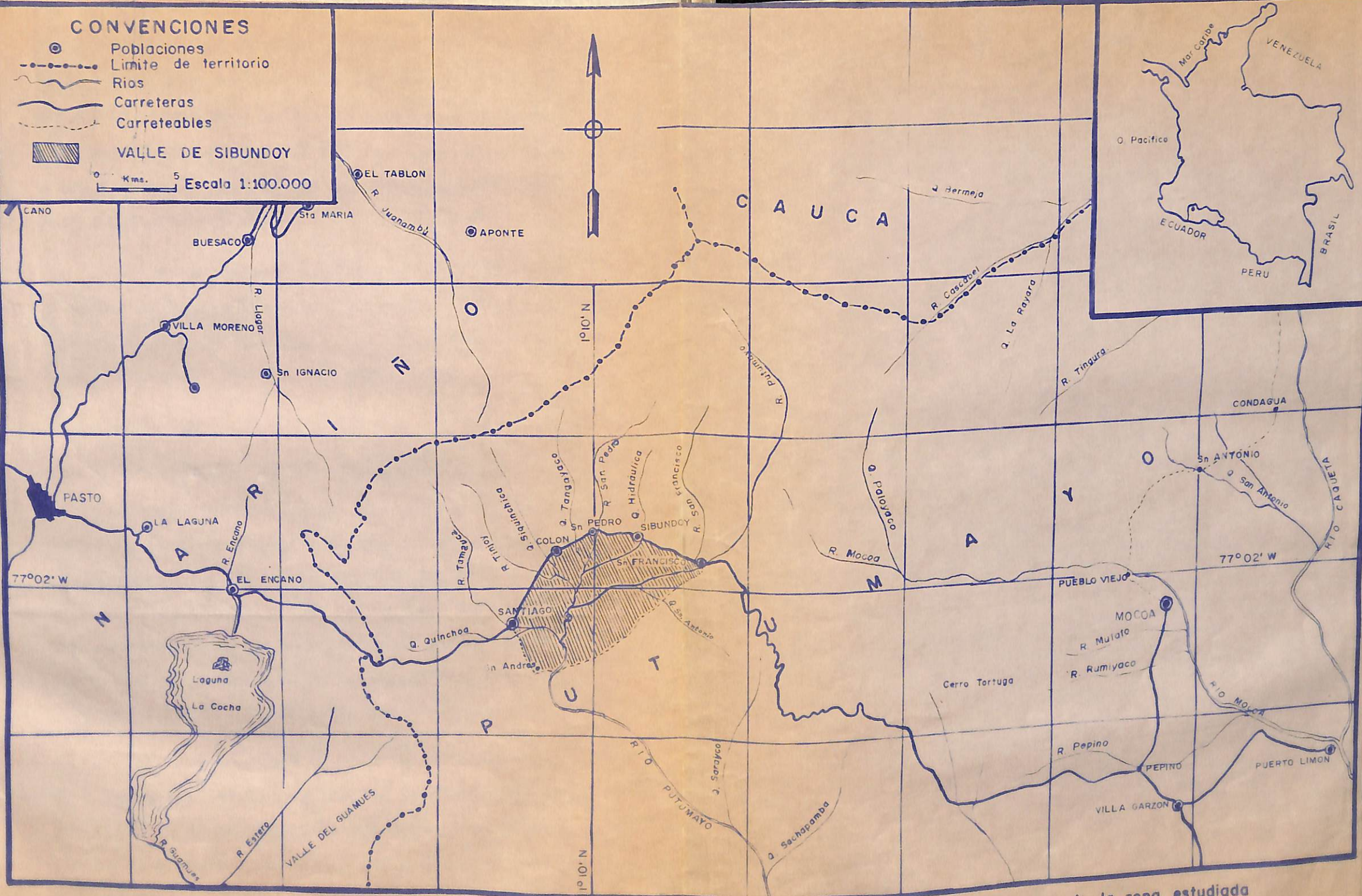


FIGURA N°1 VALLE DE SIBUNDOY. Intendencia Nacional del Putumayo. Localizacion de la zona estudiada

mosa, ácidos y con abundancia de materia orgánica. La capacidad catiónica de cambio es muy variable. Hay abundancia de nitrógeno, fósforo y potasio totales, pero las fracciones intercambiables de nitrógeno y fósforo son bajas. Los suelos son pobres en calcio, magnesio y sodio cambiables.

Los suelos presentan tres grandes divisiones: suelos de abanicos coluvioaluviales; suelos aluviales dispuestos en terrazas y suelos orgánicos o de pantano (Manjarrés y Marín, 63; Samel, 79).

## 2.2 Boro

### 2.2.1 Funciones del boro en la planta

Talvez su función más interesante es la translocación de azúcares, a través de las membranas celulares formando uniones azúcar-borato. Este fenómeno es muy importante porque los tejidos de crecimiento necesitan grandes cantidades de azúcar para mantener una adecuada rata de respiración y crecimiento (Gauche y Duggi, 39; Giddens, 40).

El boro es esencial para la división celular, e interviene en las enzimas de fosforilación y en la síntesis de la glutamina (Giddens, 40). Además, es importante en la germinación del polen y en la formación de frutos, flores y raíces (Jacob y Uexküll,

X

53). El boro tiene también influencia en la absorción de otros cationes por la planta, especialmente de calcio (Russell, 76).<sup>+</sup>

### 2.2.2 Boro en el suelo

El contenido de boro es menor en las rocas ígneas básicas (10 ppm en promedio), que en las rocas ácidas (15 ppm en promedio), mientras que las rocas sedimentarias muestran un promedio de 12 ppm (Hodgson, 51). De acuerdo a Swaine (87) el contenido de boro de los suelos es de 10 ppm en promedio.

### 2.2.3 Algunas reacciones del boro en el suelo.

De acuerdo a Hodgson (51), se presentan tres formas de combinaciones del boro en los suelos: a) intercambio aniónico; b) precipitación química; c) adsorción molecular.

El intercambio aniónico se produce a través de los boratos, su precipitación es similar a la que se presenta en el fósforo, mientras que para la adsorción molecular se sugiere la posibilidad de que el boro entre mediante difusión en estado sólido dentro de las láminas cristalinas (Hodgson, 51).

Según los trabajos de Sims y Bingham (81,82, 83), el boro es retenido en los suelos por el hierro y el aluminio. La precipitación ocasionada por Fe

(III) o Al (III) puede producir boratos o hidroxiboratos de Fe y Al, o simplemente retención del boro en las formas precipitadas de Fe y Al. Los mencionados autores encontraron que la retención del boro está en función directa del contenido de los sesquióxidos de Fe y Al en las arcillas.

Según Wear y Patterson, (96) la asequibilidad del boro disminuye al aumentar el pH de los suelos por encima de 5, y es mayor cuando el pH pasa de 7.

Gupta (45), señala que hay relación entre el contenido de boro y la textura del suelo; a medida que aumenta el porcentaje de arcillas hay un mayor contenido de boro retenido como anión. También el boro es retenido por la materia orgánica de donde es liberado por la acción microbial (Berger y Troug, 16).

Según Hodgson (51), el boro es el elemento menor que tiene mayor movilidad en los suelos y se puede perder por lixiviación en grandes cantidades. Hodgson (51), señala pérdidas hasta de 76% en un pedregal después de lixiviado por unos pocos días con agua. Sin embargo, estas pérdidas se reducen notablemente cuando hay abundancia de arcillas en perfil (54).

#### 2.2.4 Contenido de boro en algunos suelos

Los estudios sobre boro en Colombia son muy

escasos. Olarte y Motta (70), en algunos suelos del Valle del Cauca, encontraron que el contenido de boro total en los suelos oscilaba entre 17 y 96,25 ppm, mientras que el boro soluble en agua fue siempre inferior a 1 ppm. Por medio de determinaciones biológicas, Bravo (21), indica que los suelos del Valle del Cauca son en general deficientes en boro.

Gupta (47), al estudiar los suelos podzólicos de Nueva Escocia y Nueva Brunswick (Canadá), encontró que el boro total de los suelos tenía un rango comprendido entre 66 y 105 ppm mientras que el boro soluble en agua llegó hasta 2,8 ppm.

Según Bear (9), el boro en los suelos de los Estados Unidos varían entre 4 a 98 ppm con un promedio de 30 ppm.

## 2.3 Cobalto

### 2.3.1 Funciones del cobalto en plantas y animales

Este elemento tiene una gran importancia tanto en los animales como en los vegetales. El cobalto es esencial en la síntesis de cobalamina que actúa como factor de mantenimiento de la flora intestinal (Blasco y Bohórquez).

Por otra parte forman el núcleo mineral de la vitamina B<sub>12</sub>, eficaces en el tratamiento de la ane-

nia perniciosa, e incide en el aumento de la hemoglobina (Baillaire et Fins, 6; Karlson, 57; Harrow y Masur, 48; Noller, 68). Además, según Esteves (32), el cobalto influye favorablemente en la producción lechera.

También se sabe que el género Rhizobium requiere cobalto para la fijación del nitrógeno por las leguminosas (Bergersen, 12; Carter, 22; Tisdale y Nelson, 88).

### 2.3.2 Cobalto en los suelos

Hodgson (51) y Vinogradov (94), señalan que los suelos tienen un promedio de 8 ppm de cobalto y abunda más en los suelos derivados de rocas ígneas básicas.

El cobalto es deficiente en suelos arenosos y en suelos derivados de rocas ígneas ácidas calcílicas y dolomíticas (Hodgson, 51).

El cobalto se presenta en el suelo en distintas formas. Puede estar como Co (III) inmovilizado en complejos orgánicos (Paoli y Iurati, 72). La presencia de cobalto en forma trivalente aparece particularmente en la vitamina B<sub>12</sub> y aunque la molécula es muy grande es soluble en agua y probablemente en esta forma es tomada por las plantas (Hodgson, 51).

Como catión de cambio el cobalto está en

los suelos en las formas de  $\text{Co (II)}$  y  $\text{Co(OH) (I)}$  (González y García, 43; Paoli y Iurati, 72). También aparece retenido por las arcillas, y su retención es mayor en las arcillas expandibles tipo montmorillonita que en otras como caolinita e illita (González y García, 43). Así mismo, puede precipitarse en forma de óxido como ocurre con el hierro (González y García, 43).

La presencia de cobalto viene relacionada con el material parental. La olivina, hornblenda, augita y las asociaciones con el hierro son buenas fuentes del elemento (González y García, 43; Khokeova, 57).

También abunda el cobalto asociado con el níquel en rocas básicas y ultra básicas y unido al azufre, en suelos provenientes de serpentinas. Por su semejanza de radio iónico con  $\text{Mg (II)}$ ,  $\text{Fe (II)}$ ,  $\text{Ni (II)}$  e incluso  $\text{Mn (II)}$  y  $\text{Ti (III)}$  pueden producirse sustituciones conocidas generalmente como isomórficas en rocas básicas. (Demolón, 29; González y García, 43; Mitchell, 66).

En relación con los factores que afectan al cobalto, Hill et al (50), señalan que malas condiciones de drenaje aumentan su solubilidad y probablemente su asequibilidad disminuye al aumentar el pH (González y García, 43; Hodgson, 51). El cobalto puede considerarse inmóvil y en relación a su distribu-

ción en el perfil hay criterios contradictorios entre los autores (Bear, 10; Hodgson, 51; Ozanne et al, 71).

Según Singh y Singh (85), no existe relación entre la asequibilidad del cobalto y el contenido de materia orgánica de los suelos.

### 2.3.3 Cantidades de cobalto en algunos suelos

Son pocos los estudios sobre cobalto en los suelos de regiones tropicales, Barros (7), encontró aproximadamente 4,5 ppm de cobalto en los suelos y subsuelos volcánicos del Altiplano de Pasto. Junca (55), indica un contenido de aproximadamente 9 ppm de cobalto en algunos suelos de clima medio del Departamento de Nariño. Chamberlain (23) y Mitchell (66), para suelos de Africa Oriental, dan resultados variables entre 0,2 y 9 ppm de Co.

Según los estudios de Paoli y Lurati (72), el contenido de cobalto en las Provincias de Buenos Aires y Tierra de Fuego (Argentina) es muy bajo y comprende valores entre 0,7 y 3 ppm. En las praderas de Uruguay los valores son altos, hasta 76,4 ppm en promedio (Alba, 1).

La mayoría de datos que existen en la actualidad corresponden a la zona templada. En la U.R.S.S. se han realizado numerosas determinaciones, 11g

gando los suelos hasta un máximo de 75 a 80 ppm de cobalto, excepto en el distrito de Aktybinsk, donde por haber yacimientos de cobalto, los suelos presentan contenidos hasta de 420 ppm (Oborina, 69; Toikka, 89; Lavenkraepa y Lieldiowa, 60; Malluga y Makarova, 64). De Groot (44), al estudiar los deltas del Rhin (Holanda) y del Elms (Alemania), da una variación entre 9 y 22 ppm. Ozanne, et al (71), indican que muchos suelos de Australia y Nueva Zelandia son deficientes en cobalto (menos de 20 ppm).

## 2.4 Cobre

### 2.4.1 Funciones del cobre en las plantas y animales

Tanto en las plantas como en los animales el cobre interviene en los procesos de respiración, sirviendo como catalizador en varios procesos oxidativos; a la vez retarda la descomposición de la clorofila en las plantas e interviene en la síntesis de la vitamina A y el complejo vitamínico B (Blasco, 17; Karson, 57; Millar, 65; Wilcox y Towsand, 97).

De acuerdo a Harrow y Masur (48), el cobre se encuentra en los organismos animales formando complejos proteínicos y ciertas enzimas oxidantes, (v.g. oxidasa del ácido ascórbico, tirosinasa), y complejos cobre-proteínas.

Aunque no están bien investigadas las causas, se conoce que la deficiencia de cobre produce disturbios y afecciones de consideración en los animales (Collings, 25; Henkens, 49). Algunos datos indican que la presencia de cobre es necesaria para una mejor utilización del hierro en los animales (Bear, 10; Collings, 25; Carter, 22).

La toxicidad se presenta para los vegetales cuando el cobre pasa de las 100 ppm en el suelo (Buckman y Brady, 20).

#### 2.4.2 Cobre en los suelos

Según Hodgson (51) y Vinogradov (94), la cantidad promedio de cobre en los distintos suelos es de 20 ppm. Las rocas básicas contienen más cobre que las sedimentarias y ácidas.

El cobre se encuentra en los suelos en formas cúprica,  $\text{Cu (II)}$  y cuprosa,  $\text{Cu (I)}$ . La primera forma domina en los suelos cuando el pH es superior a 5,5, mientras que la segunda predomina en reacciones más ácidas (Gilbert, 41; Thompson, 91).

La adsorción de cobre por las arcillas ocurre principalmente en forma cúprica (Gallego y Fernández, 35; Tisdale y Nelson, 88).

De Mumbrum y Jackson (citado por Hodgson, 54), indican que el cobre aparece en la lámina octaédrica

drica de las arcillas y, muy posiblemente, su difusión se presenta en estado sólido entre las láminas de las arcillas que lo pueden fijar, mientras que por la acción de los óxidos de hierro puede quedar ocluído.

Según los estudios de Ennis y Brogan (30), y Davis et al (26), la cantidad de cobre intercambiable disminuye al aumentar el porcentaje de materia orgánica de los suelos. Los suelos orgánicos o suelos con abundante materia orgánica se consideran deficientes en cobre intercambiable (Hodgson, 51; Tisdale y Nelson, 88; Trear, 93).

40 { La materia orgánica contribuye grandemente a la fijación del cobre con el cual forma un complejo orgánico-metálico a partir de los ácidos húmicos y fúlvicos. Esta retención es mucho más fuerte que la ocasionada por las arcillas, probablemente, porque en esta última hay una mayor capacidad de hidrólisis.

Microbiológicamente el cobre es importante porque se ha encontrado que en la formación de la hidroxilamina se necesita cobre en los suelos, y al parecer existe una relación directa entre el cobre y el poder de nitrificación de los suelos (Anderson, 4).

#### 2.4.3 Cantidades de cobre en algunos suelos

Al igual que ocurre con el cobalto hay po-

cas determinaciones de cobre en suelos de regiones tropicales.

En suelos del Altiplano de Pasto, Barros (7), encontró un promedio de 6 ppm con valores hasta de 27,6 ppm. En suelos de clima medio de Narifio (Junca (55), halló un promedio de 11 ppm con un máximo de 30 ppm.

Fujimoto y Sherman (33), señalan un promedio de 124 ppm de cobre total para distintos suelos de Hawaii. En Tierra de Fuego (Argentina), Paoli y Laurati (72), dan un promedio de 7,3 ppm de cobre total. Gallego y Fernández (35) y González et al (42), obtuvieron en los suelos aluviales del Río Guadiana, España y en la Provincia de Pontevedra se obtuvieron hasta 9,5 ppm de cobre. En Karalia U.R.S.S. los suelos contienen entre 6,6 y 96 ppm de cobre (Toikka et al, 89). Los suelos arenosos de la Costa Atlántica Norteamericana presentan un contenido de cobre generalmente entre 3 y 15 ppm (Reuther, 75).

## 2.5 Molibdeno

### 2.5.1 Funciones del molibdeno en plantas y animales

El molibdeno, según Mitchell (66) y Jackson (51), tiene relación con el metabolismo del Cu y  $SO_4^{=}$ , y producen desarreglos fisiológicos cuando su

contenido en las plantas excede las 5 ppm. Sin embargo, Saiz del Río y Bornemisza (78), fijan la toxicidad en 10 ppm o más.

En las plantas el molibdeno actúa como catalizador en los sistemas de enzimas que reducen los nitratos a amoníaco, como paso para la síntesis de aminoácidos (Bear, 9; Blasco, 17; Buckman y Brady, 20). Concretamente interviene en la enzima reductasa para la formación de proteínas en plantas no leguminosas (anónimo, 5; Blasco y Bohórquez, 18; Collings, 25; Parker, 73).

Es un hecho bien conocido (Alexander, 2; Bergersen, 12; Russell, 76; Waksman, 95), que el molibdeno es un elemento indispensable para que las plantas puedan fijar simbióticamente el nitrógeno. Sin molibdeno las plantas pueden nodular pero los nódulos no fijan el nitrógeno.

#### 2.5.2 Molibdeno en los suelos

Según Hodgson (51) y Vinogradov (94), el contenido promedio de molibdeno en los suelos es de 2 ppm. Este contenido es ligeramente más alto en las rocas sedimentarias que en las rocas ígneas ácidas y básicas. Gallego y Jolín (34), dan la concentración de molibdeno en distintos minerales y rocas en la forma siguiente: olivina: 10 ppm; gabropicrita, piroxeno y pirolusita, magnetita e ilmenita 3 ppm; ro

cas con abundancia de sílice proporcionan 1 ppm. Por otra parte, de acuerdo a Thompson (92), en las rocas fosfóricas hay cierta abundancia de molibdeno.

Según Bear (9), de los elementos trazas ne cesitados por las plantas es el que menores cantidades presentan los suelos.

Dobritakaya (citado por Hodgson, 51), agru pa en tres formas el molibdeno presente en los suelos:

- a) Como parte de la estructura mineral del suelo.
- b) como anión adsorbido en los minerales del suelo.
- c) unido a la materia orgánica.

De estas formas la segunda es la más importante ya que como  $\text{MoO}_4^{--}$  es asequible a las plantas (Anderson, 3; Parker, 73; Thompson, 90).

Parece que el molibdeno puede ocurrir en los suelos como molibdato de hierro y aluminio, puesto que el elemento reacciona muy fuertemente con los óxidos hidratados de hierro, seguidos en orden descendente por los óxidos de aluminio, halloisita, nontronita y caolinita (Hodgson, 51).

Según Reisenaver et al (74), Smith y Leeper (84), Swaine (87), el molibdeno presenta dificultades

de intercambio en suelos ácidos porque es adsorbido o precipitado por los óxidos de hierro y aluminio, en mecanismos similares a la fijación que presenta el fósforo. De acuerdo a Hodgson (51), la reacción del molibdeno es más fuerte con los óxidos hidratados de hierro que con los de aluminio.

En relación a los componentes texturales del suelo, Gallego y Jolín (34), determinaron que el valor promedio de molibdeno en arenas es de 0,74 ppm, mientras que en arcillas el valor promedio es de 1,23 ppm. Sin embargo, en arenas provistas de óxidos de hierro y aluminio el molibdeno puede llegar a 6 ppm, y en arenas provenientes de granitos y gneis solamente 0,38 ppm.

La solubilidad del molibdeno disminuye a medida que aumenta la acidez de los suelos. Este es el único microelemento que se comporta de esta manera (Black, 16; Camprath, 56).

De acuerdo a Smith (84) y Singh (86), no parece existir relación entre la asequibilidad del molibdeno y las cantidades de materia orgánica, limo y arcilla de los suelos; mientras que se hay correlación con el incremento del carbonato de calcio.

El molibdeno no es móvil en el suelo y únicamente se pierde por lixiviación en suelos muy are-

nosos (Smith y Leeper, 84).

### 2.5.3 Cantidades de molibdeno en algunos suelos

Para suelos de las regiones tropicales, Barros (7), las cantidades promedias para el Altiplano de Pasto próximas a 1 ppm, con un máximo de 2,4 ppm, Junca (55), en algunos suelos de clima medio en el Departamento de Nariño obtuvo 2 ppm y un máximo de 5 ppm. En la Argentina las cantidades de molibdeno han oscilado entre 1 y 2 ppm (Gallego y Jolin, 34; Paoli y Laurati, 72). Nalovik y Pinta (67), para los suelos de Madagascar, hallaron siempre cantidades de molibdeno inferiores a 2,9 ppm, excepto, en algunos suelos ferralíticos cuyo contenido se elevó hasta 7 ppm.

En suelos de la India, Singh y Singh (86), informan que el contenido del total de molibdeno fluctúa entre 0,4 y 2,7 ppm con un promedio de 1,6 ppm y el molibdeno intercambiable equivale hasta el 65% del total. En la U.R.S.S. Vinogradov (94), indica que el contenido de molibdeno en suelos de pradera suavemente podsolizados es de 1,5 y 2 ppm.

En España, Gallego y Jolin (36, 37, 38) determinaron en el Valle de Manzanares 0,06 a 5,9 ppm; para la zona central de España el contenido promedio fue de 0,7 ppm y en el norte un promedio de 1,01 con oscilaciones entre 0,08 a 3 ppm.

### III MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Materiales

La presente investigación se realizó en las ocho unidades de suelos determinadas por Manjarrés y Marín (63), utilizando muestras de los mismos suelos estudiados por Bastidas, Caycedo y Romo (8), para los fraccionamientos de nitrógeno, fósforo y potasio. Estas muestras fueron localizadas en: Diviso, Carolina, Santiago, Garzón, San Antonio, El Carmen, San Pedro, San Francisco, Machoy, Puente Putumayo, Balsayaco, San Andrés, Colón, Sibundoy, Hidráulica, Vichoy, Salvador, Las Cochas, Fábrica de Menta, Secayaco, La Misión, Tinchoy y Laguna Las Cochas.

Se estudiaron la primera y segunda capas de los suelos bajo condición de pradera, cultivo y pantano. Los sitios de muestreo están señalados al final del Apéndice II.

Algunas de las características generales de estos suelos aparecen en las Tablas I a XIII, colocadas en el Apéndice II. La caracterización de estos suelos fue realizada por Bastidas, Caycedo y Romo (8)

#### 3.2 Métodos

##### 3.2.1 Determinación de boro, cobalto, cobre y molibdeno

Para la determinación de boro, cobalto, cobre y molibdeno totales se siguieron los métodos de

Society Analytical Chemistry (80). El cobre se determinó según la técnica descrita por Jackson (54).

### 3.2.2 Preparación de la muestra para la determinación del boro

1.- Se secó la muestra entre 60 a 70°C. Efectuando determinaciones de la humedad en muestras por separado.

2.- Se pesó cuidadosamente 2 gr. de la muestra seca dentro de un crisol de platino, adicionando 20 ml. de solución saturada de hidróxido de calcio; se evaporó la muestra a sequedad y se calcinó el residuo completamente en un horno de mufla entre 450 y 500°C por tres horas. Se enfrió y trató el residuo con 10 ml. de ácido clorídrico 2N.

3.- Se filtró y se lavó el residuo con agua destilada y se diluyó el filtrado exactamente a 25 ml. con agua destilada. Se centrifugó alternativamente la mezcla por 5 a 10 minutos y se decantó el líquido supernatante dentro de balón volumétrico de 25 ml. Se lavó el sólido residuo y se centrifugó con dos porciones sucesivas de 5 ml. de agua destilada, agitando fuertemente después de cada adición del agua. Se centrifugó la mezcla después de cada adición y se vertió las soluciones del lavado dentro del frasco de 25 ml. Finalmente se diluyó a la marca con agua destilada.

### 3.2.3 Determinación del boro

El boro se determinó utilizando el procedimiento del Carmón como sigue: se transfirieron 2 ml. de la solución ácida proveniente de la preparación de la muestra a un "beaquer", cuidadosamente adicionando 10 ml. de ácido sulfúrico concentrado, mezclando y enfriando. Se adicionaron 10 ml. de solución del carmín, se mezcló, y se dejó en reposo entre 6 y 7 horas.

Se llevó una determinación en blanco de todos los reactivos usados.

La densidad óptica de las soluciones correspondientes a la muestra y el blanco se leyó en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 585 m $\mu$ , usando celdas de un cm, con agua en la celda de comparación.

El número de microgramos de boro es equivalente a las densidades ópticas observadas de las soluciones correspondientes a la muestra y blanco sobre una curva previamente calibrada con patrones, obteniéndose así la medida neta del boro en la muestra.

La curva patrón se realizó a partir de ácido bórico recristalizado, diluyéndolo de manera que 1 ml. equivaliese a 100 microgramos de boro como solución standard.

3.2.4 Preparación de la muestra para la de-  
terminación de cobalto, cobre y molib-  
deno.

Se prepararon las muestras según las técnicas de la Society Analytical Chemistry (80).

Procedimiento

Se pesaron 5 gr. de suelo que se llevaron a una temperatura no superior de  $450^{\circ}\text{C}$  para destruir la materia orgánica. Luego se adicionaron 10 ml. de ácido clorídrico 6N y se evaporó a sequedad. Se extrajo las sales solubles con dos porciones sucesivas de ácido clorídrico 2N, diluido e hirviente, decantando y filtrando en balón volumétrico de 50 ml. Se adicionaron 5 ml. de ácido clorídrico 6N y 5 ml. de ácido nítrico 2N, llevando a sequedad en una plancha a baja temperatura, hasta remover todo el ácido nítrico. Finalmente, se agregaron 10 ml. de ácido clorídrico 2N hirviente, diluyendo los extractos combinados hasta la marca de los 50 ml. quedando la solución final 1N con respecto al ácido clorídrico.

3.2.5 Determinación de cobalto

La curva patrón se obtuvo a partir del sulfato de cobalto disuelto en agua destilada y llevando a volúmenes conocidos.

Como solución reactivo se utilizó 1 gramo de 2 -nitroso- 1 -naftol diluïdos en 100 ml. de ácido acético y para purificación se agregó 1 gramo de carbón activado, filtrándose luego esta solución.

#### Procedimiento

Se tomaron 15 ml. de la solución ácida y se transfirieron a matraces donde se adicionaron 15 ml. de citrato de sodio, se llevó a 50 ml. con agua destilada. Se ajustó el pH entre 3 a 4 con ácido clorídrico 2N y hidróxido de sodio 2N. Con el fin de evitar la precipitación del hierro, se calentó la solución y una vez fría se agregaron 10 ml. de  $H_2O_2$  al 3% y después de 5 minutos, 1 ml. de la solución reactiva.

Se calentó el matraz a  $90^{\circ}C$  y luego se deja reposar por 30 minutos a temperatura ambiente. Se transfirió la solución a un embudo de separación adicionándole 10 ml. de tolueno; se agitó por dos minutos y se descargó la fase acuosa más baja. En el embudo quedó extracto de tolueno, al que se adicionó 20 ml. de ácido clorídrico 2N. Nuevamente se agitó por un minuto, descartándose la fase acuosa más baja; se lavó así el extracto de tolueno con dos porciones sucesivas de 20 ml. de hidróxido de sodio 2N, agitando cada vez por un minuto y desechándose la fase acuosa más baja en cada oportunidad.

Por último se descargó el extracto de tolueno sobre una pequeña cantidad de sulfato anhidro colocada en un filtro de porcelana. Se recibe este extracto en una cubeta que se acopla a una célula de 1 cm. con tolueno en la célula de comparación.

Por medio de un espectrofotómetro con una longitud de onda de 376 m. se determinaron las concentraciones de cobalto, el cual es determinado absorbiométricamente como un complejo fucsina con 2 - nitroso 1 - naftol en una solución de tolueno. (Society Analytical Chemistry, 80).

### 3.2.6 Determinación del cobre

La curva patrón se obtuvo a partir de cobre metálico disuelto en ácido nítrico y sulfúrico, llevando después a volumen conocido con agua bidestilada. La solución reactiva empleada fue el dietilditio-carbonato de sodio al 2%.

#### Procedimiento

Se tomaron 5 ml. de la solución ácida proveniente de la preparación de la muestra de suelo, se los transfirió a un tubo de centrífuga; se agregaron 5 ml. de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  al 25% y a continuación amoníaco concentrado haciendo burbujear el fondo del tubo hasta elevar el pH a 7,0. Se adicionaron 3 ml. de amoníaco en exceso y el conjunto se enrasó a 15 ml. con agua bidestilada.

Se centrifugó para precipitar el hierro y el aluminio presente; al supernatante se pasa a un matraz y se diluyó hasta 22ml.; se adicionó 1 ml. de dietilditiocarbonato al 2% y 2 ml. de agua bidestilada. Se presentó así un compuesto amarillo-dorado, al formarse la sal de cobre el ácido dietilditiocarbámico en los 15 minutos siguientes, y que persiste por una hora, leyéndose en este lapso, en un colorímetro con una longitud de onda de 440 m. (Jackson, 54).

### 3.2.7 Determinación de molibdeno

La curva patrón se obtuvo a partir de la disolución de  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada. Se tomó como solvente una mezcla de tetracloruro de carbono y alcohol isoamílico, en volúmenes iguales.

#### Procedimiento

Se tomaron 7 ml. de la solución ácida proveniente de la preparación de las muestras descritas anteriormente; se transfirieron a un embudo de separación. Se trajo este volumen a 50 ml. con ácido clorídrico 1N, se agregó un ml. de solución de tiocianato de potasio, dando un complejo anaranjado de iones  $\text{SCN}^-$ , los cuales se unen al molibdeno. Se adicionó 1 ml. de cloruro estannoso que reduce al molibdeno del estado de valencia VI a valencia V y a todo el hierro que se presenta en las muestras con el fin de que

no forme con el  $\text{SCN}^-$ , el complejo rojo que enmascara el molibdeno; se necesita la presencia del hierro para que se desarrolle el color.

El reductor también evita las oxidaciones del molibdeno a valencia VI y del hierro a valencia III.

Por último, se extrae el complejo con 5 ml. de la mezcla del alcohol isoamílico y tetracloruro de carbono, fue determinado el molibdeno absorción métrica en un espectrofotómetro con una longitud de onda de 470 m. (Society Analytical Chemistry, 80).

#### IV RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se muestran en las Tablas I a XVI, y los resúmenes estadísticos en la Tabla XVII.

En el Apéndice I se incluyen las tablas completas de las comparaciones estadísticas, además de las tablas correspondientes a los análisis de caracterización de los suelos estudiados.

En las Figuras 3 a 8, aparecen las gráficas de los datos obtenidos para boro, cobalto, cobre y molibdeno en los distintos suelos estudiados.

La Figura 9 expresa comparativamente los promedios obtenidos para cobalto, cobre y molibdeno en el Altiplano de Pasto, suelos de clima medio de Nariño y suelos del Valle de Sibundoy.

La Figura 10 muestra la diferencia existente entre boro, cobalto, cobre y molibdeno en los suelos del Valle de Sibundoy en condiciones de pantano.

De acuerdo a los resultados, el contenido promedio de boro en los suelos fue 63,52, 42,16 y 32,37 ppm, para condiciones de cultivo, pradera y pantano respectivamente (Tablas I, II, III). En el subsuelo, y en el mismo orden, los promedios fueron 53,50, 46,23 y 24,28 ppm (Tablas I, II, III).

El contenido máximo de boro se registró en el suelo de Salvador (cultivo) con 97,94 ppm, y el mínimo correspondió a la fábrica de menta (pantano) con 18,50 ppm.

Los distintos datos obtenidos demuestran que suelos pantanosos tienen aproximadamente entre 40 y 50% de boro total menos que los otros suelos del Valle de Sibundoy. Estos suelos son los de más alto contenido de materia orgánica. Es posible, como dicen Berger y Pratt (14), que el boro tomado por las plantas y con los cuales forma compuestos se ha liberado por la acción de los microorganismos, y debido al hidromorfismo existente parte del boro ha perdido por lixiviación.

Aunque no se ha estudiado, no se descarta, que por acción de la materia orgánica, los suelos de pantano sean aquellos que tienen una mayor cantidad de boro asequible. Al respecto Berger y Troug (15), Gupta (45), demostraron que la materia orgánica influye en la solubilidad del boro.

En los suelos del Valle del Cauca se encontraron algunas cantidades de boro similares a las más altas encontradas en el Valle de Sibundoy (90 y 96 ppm). Sin embargo, Olarte y Motta (70), señalan que la determinación de boro total no fue un buen índice

de la asequibilidad del boro en esos suelos.

Las cantidades de boro del Valle de Sibundoy están por encima de los promedios mundiales reportados por Hodgson (51).

Las cantidades de cobalto encontradas en los suelos del Valle de Sibundoy muestran algunas peculiaridades notables. En primer lugar las diferentes concentraciones que se presentan en varias de las muestras de pantano, que llegan a un máximo de 51,1 ppm en el suelo de Tinchoy (Tabla VI).

Otra de las peculiaridades observadas en el Valle de Sibundoy es que el cobalto tiende a concentrarse en el subsuelo, (Tablas IV, V y VI) donde se obtuvieron cantidades más altas que las encontradas por Barros (7), y Junca (55), (Figura 10) en los suelos volcánicos de Nariño, mientras que en los suelos no pantanosos, las cantidades obtenidas son similares, en promedio, a los encontrados por Barros (7), en el Altiplano de Pasto.

Es posible tal como lo señalan Irving y Williams (52), De Groot (28), que la mayor cantidad de cobalto en el área pantanosa, se deba a que éste elemento esté presente en compuestos quelatizados, y por otra parte parece probable que la materia orgánica sea activa movilizadora de los elementos trazas cuando están en forma de quelatos, lo cual explicaría la

mayor presencia de cobalto en los subsuelos.

Es probable que el cobalto llegue a causar toxicidad en algunas zonas pantanosas del Valle de Sibundoy. Químicamente éste elemento interfirió con el fraccionamiento de fósforo realizado en los mismos suelos por Bastidas, Caycedo y Romo (8).

De acuerdo a los resultados obtenidos los contenidos promedios de cobre en los suelos fueron 43,99, 23,50 y 33,24 ppm, para las condiciones de cultivo, pradera y pantano respectivamente (Tablas VII, VIII y IX). En este mismo orden en los subsuelos se obtuvieron 32,70, 27,24, 24,94 ppm (Tablas VII, VII, IX).

A diferencia de los datos reportados por Barros (7), y Junca (55), para los suelos volcánicos de Nariño (Figura 10), donde los niveles de cobre son deficientes, los suelos del Valle de Sibundoy presentan cantidades adecuadas, por encima del promedio mundial (20 ppm), señaladas por Hodgson (51). La única deficiencia de cobre total se presenta en El Carmen, en cuyos suelos no se detectó la presencia de cobre, y en el subsuelo apenas se obtuvieron 4,4 ppm.

Es probable que la presencia de cobre signifique alguna abundancia de sulfuros en los suelos del Valle de Sibundoy, porque el cobre muestra una

gran tendencia a estar asociado con los sulfuros (Hodgson, 51). Dentro de las tres condiciones estudiadas no se observaron variaciones apreciables entre ellas.

Con relación al molibdeno, los datos obtenidos muestran unos promedios de 3,76, 2,80 y 1,41 ppm, para las condiciones de cultivo, pradera y pantano respectivamente (Tablas X, XI y XII). En el mismo orden los promedios para los subsuelos fueron de 2,01, 3,86 y 4,77 ppm (Tablas X, XI, XII).

Estos datos fueron superiores siempre a los obtenidos por Barros (7), en los suelos del Altiplano de Pasto, y en la mayoría de los casos el contenido también es más alto que el encontrado por Junca (55), Figura 10 en los suelos de clima medio nariñense. Algunas de las muestras analizadas como los suelos de Puente Putumayo y los subsuelos de Diviso (pradera), se pueden clasificar como áreas de muy alto contenido de molibdeno en los suelos.

En los suelos de pantano, con excepción de la Fábrica de Menta y en Secayaco, se presentan los menores contenidos de molibdeno en el Valle de Sibundoy.

No obstante que el molibdeno en cantidades totales es adecuado en el Valle de Sibundoy muy posiblemente no presentará problemas de toxicidad ya que según Smith y Leeper (84) y Reisenaver et al (74),

el molibdato al igual que los fosfatos son retenidos por los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, en forma absorbida y puede precipitarse. Según los estudios de Bastidas, Caycedo y Romo (8), la retención de fósforo por el aluminio y el hierro en el Valle de Sibundoy es la más alta que hasta el momento se ha encontrado en suelos colombianos.

Estadísticamente se estudiaron las relaciones entre el primero y segundo horizonte, que en la mayor parte de los casos representa un buen porcentaje de material parental. En las comparaciones se estableció que existe correlación para el boro, cobre y molibdeno, y no existe correlación para el cobalto bajo condiciones de cultivo. En pradera existe correlación para el boro, cobalto y cobre y no para el molibdeno.

Para el caso donde existe correlación significativa que hay un reparto similar de dichos elementos a las distintas profundidades del perfil. Y para donde no hay correlación significativa que existe una distribución irregular de los diferentes elementos, probablemente, explicable por la diferencia de meteorización del suelo y subsuelo.

TABLA I

CONTENIDO DE HORO TOTAL EN SUELOS Y SUBSUELOS  
DEL VALLE DE SIBUNDOY  
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

Resultados en ppm.

LUGAR	SUELO	SUBSUELO
SAN ANDRES	66,74	94,00
COLON	62,20	43,37
SIBUNDOY	64,96	54,84
HIDRAULICA	73,50	47,48
VICHOY	43,58	54,85
SALVADOR	97,94	61,74
LAS COCHAS	25,70	19,23
SAN FRANCISCO	30,85	35,15
LAGUNA	44,71	43,39
PUNTA SANCHEZ	29,50	27,85
MALBATO	29,21	45,21

TABLA II

CONTENIDO DE BORO TOTAL EN SUELOS Y SUBSUELOS  
DEL VALLE DE SIBUNDOY  
BAJO CONDICIONES DE PRADERA

Resultados en ppm.

LUGAR	SUELO	SUBSUELO
DIVISO	42,16	73,71
CAROLINA	38,08	30,45
SANTIAGO	61,34	50,05
GARZON	62,20	76,03
SAN ANTONIO	22,58	20,12
EL CARMEN	56,45	19,44
SAN PEDRO	32,59	61,90
SAN FRANCISCO	38,65	55,66
MACHOY	44,72	48,39
PUENTE PUTUMAYO	25,80	27,65
BALSAYACO	39,21	45,21

TABLA III

CONTENIDO DE HENO TOTAL EN SUELOS Y SUBSUELOS  
DEL VALLE DE SIBUNDUY,  
BAJO CONDICIONES DE PASTIZO

Resultados en ppm

LUGAR	SUELO	SUBSUELO
FABRICA DE MENTA	18.50	19.59
SUCAYACO	33.79	19.19
BALSAYACO	29.42	34.06
LA MISION	44.06	
TINCHOY	39.79	
LAGUNA LAS COCHAS	28.55	

TABLA IV

CONTENIDO DE COBALTO TOTAL EN SUELOS Y SUBSUELOS  
DEL VALLE DE SIBUNDUY,  
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

Resultados en ppm

LUGAR	SUELO	SUBSUELO
SAN ANDRES	3.26	7.82
COLON	5.92	1.15
SIBUNDUY	7.05	8.60
HI DRAULICA	8.93	3.42
VICHOT	0.43	18.48
SALVADOR	0.81	15.16
LAS COCHAS	0.31	4.23

TABLA V

CONTENIDO DE COBALTO TOTAL EN SUBIOS Y SUBSUBIOS  
DEL VALLE DE SIEMBOY,  
BAJO CONDICIONES DE PRADERA

Resultados en ppm

LUGAR	SUBIO	SUBSUBIO
DIVISO	6.85	7.69
CAROLINA	0.66	7.28
SANTIAGO	4.75	5.38
GAZON	4.82	6.38
SAN ANTONIO	6.45	6.65
EL CARMEN	11.11	5.60
SAN PEDRO	5.60	9.17
SAN FRANCISCO	0.26	18.12
KACHOY	6.02	16.46
PUNTE PUTUMAYO	4.73	4.90
BALSAYACO	0.16	15.14

TABLA VI

CONTENIDO DE COBALTO TOTAL EN SURIOS Y SUBSURIOS  
DEL VALLE DE SIBUNDUY,  
BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Resultados en ppm

LUGAR	SURIO	SUBSURIO
FABRICA DE MENTA	1.08	2.80
SECAYACO	0.72	24.78
BALSAYACO	2.55	17.82
LA VISION	16.67	
TINCHOY	51.10	
LAGUNA LAS COCHAS	22.27	

TABLA VII

CONTENIDO DE COBRE TOTAL EN SUELOS Y SUBSUELOS  
DEL VALLE DE SIBUNDÓY,  
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

Resultados en ppm

Resultados en ppm

FINCA	Resultados en ppm	
	SUELO	SUBSUELO
LAJGAR	33.61	21.95
SAN ANDRÉS	55.99	61.11
COLOM	36.67	35.06
SIBUNDÓY	34.30	26.14
HIDRAULICA	38.23	34.88
VICHÓY	68.87	7.59
SALVADOR	40.26	42.19
LAS COCHAS		

TABLA VIII

CONTENIDO DE COBRE TOTAL EN SUELOS Y SUBSUELOS  
DEL VALLE DE SIBUNDOY  
BAJO CONDICIONES DE PRADERA

Resultados en ppm

LUGAR	SUELO	SUBSUELO
DIVISO	24,00	16,50
CAROLINA	15,89	49,69
SANTIAGO	21,50	24,67
GARZON	32,91	15,45
SAN ANTONIO	29,42	21,89
EL CARMEN	TRAZAS	4,41
SAN PEDRO	19,92	18,33
SAN FRANCISCO	25,73	38,64
MACHOY	49,43	42,29
PUENTE PUTUMAYO	24,01	38,81
BALSAYACO	15,68	29,65

TABLA IX

CONTENIDO DE COBRE TOTAL EN SUEIOS Y SUBSUEIOS  
DEL VALLE DE SIHUNDOY,  
BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Resultados en ppm

LUGAR	SUEIO	SUBSUEIO
FABRICA DE MENTA	29.09	21.70
SEJAYACO	38.75	39.90
BALSAYACO	37.63	13.22
LA MISION	34.30	
TINCHOY	33.57	
LAGUNA LAS COCHAS	16.10	

TABLA X

CONTENIDO DE MOLIBDENO TOTAL EN SUELOS Y SUBSUELOS  
DEL VALLE DE SIMUNDOY,  
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

Resultados en ppm

LUGAR	SUELO	SUBSUELO
SAN ANDRES	3.32	5.37
COLON	3.60	1.46
SIMUNDOY	1.39	1.03
HIDRAULICA	2.85	0.11
VICH OY	4.03	2.68
SALVADOR	3.26	0.76
LAS COCHAS	7.35	2.69

TABLA XI

CONTENIDO DE NOLIBENO TOTAL EN SUELOS Y SUBSUELOS  
DEL VALLE DE SIBUNDUY,  
BAJO CONDICIONES DE PRADERA

Resultados en ppm

LUGAR	SUELO	SUBSUELO
DIVISO	2.44	17.09
CAROLINA	1.21	1.86
SANTIAGO	1.70	3.30
GARZON	3.90	0.99
SAN ANTONIO	1.21	2.97
EL CARRIN	1.12	4.58
SAN PEDRO	1.95	4.43
SAN FRANCISCO	0.99	2.58
NACHOY	0.04	0.10
PUNTE PUTUMAYO	16.16	4.11
BALSAYACO	0.10	0.50

TABLA XII  
CONTENIDO DE MOLIBDENO TOTAL EN SURTOS Y SUBSURTOS  
DEL VALLE DE SIUNDUY,  
BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Resultados en ppm

LUGAR	SURTO	SUBSURTO
FABRICA DE MENTA	3.33	7.34
SECA YACO	3.87	6.12
BALS AYACO	0.24	0.85
LA MISION	0.02	
TINCH OY	0.12	
LAGUNA LAS COCHAS	0.88	

TABLA XIII

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE HORO Y COBALTO EN LOS SUELOS

EN EL VALLE DE SIEMUNDOY

Resultados en ppm

B O R O C O B A L T O

	Cultivo	Pradera	Pantano	Cultivo	Pradera	Pantano
MAXIMO	97.94	62.20	44.06	8.95	11.11	51.10
PROMEDIO	63.52	42.16	32.37	3.81	4.67	15.73
MINIMO	25.70	22.58	18.50	0.31	0.16	0.72

TABLA XIV

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE HONO Y COBALTO EN LOS SUBSUELOS DEL VALLE DE SIRIBUJOY

Resultado en ppm

	B O R O			C O B A L T O		
	Cultivo	Pradera	Pantano	Cultivo	Pradera	Pantano
MAXIMO	94.00	76.03	34.06	18.48	18.12	24.78
PROMEDIO	53.50	46.23	24.28	8.40	9.34	15.15
MINIMO	19.23	19.14	19.19	1.15	4.90	2.80

TABLA XV

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE COHES Y MOLLEDERO EN LOS SUELOS

DEL VALLE DE SIBUNDOY

Resultados en pjm

	C O H E S		M O L L E D E R O	
	Cultivo	Pradera	Pantano	Pantano
MAXIMO	68.87	49.45	47.65	7.55
PROMEDIO	43.99	23.50	33.24	3.76
MINIMO	33.61	00.00	39.90	1.89
				16.16
				2.80
				3.87
				1.41
				0.02

TABLA XVI

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE CORRA Y MOLINERO EN LOS SUBSUELOS

DEL VALLE DE SIMUNOY

Resultados en ppm

	C O R R A		M O L I N E R O	
	Cultivo	Pantano	Cultivo	Pantano
MAXIMO	61.11	49.59	5.37	27.09
PROMEDIO	32.70	27.29	2.01	3.86
MINIMO	7.59	4.41	0.11	0.10

TABLA XVII

RELACION ESTADISTICA ENTRE SUELO Y SUBSUELO  
CON LOS CONTENIDOS DE BORO, COBALTO, COBRE Y MOLIBDENO  
BAJO LAS CONDICIONES DE CULTIVO Y PRADERA

Elementos	C U L T I V O			Grados de Libertad
	"r" obtenido	"r" tabulado 5%	1%	
BORO	0,944 <sup>++</sup>	0,707	0,834	6
COBALTO	0,638 N.S.	"	"	"
COBRE	0,854 <sup>++</sup>	"	"	"
MOLIBDENO	0,789 <sup>*</sup>	"	"	"

Elementos	P R A D E R A			Grados de Libertad
	"r" obtenido	"r" tabulado 5%	1%	
BORO	0,913 <sup>++</sup>	0,576	0,708	10
COBALTO	0,643 <sup>*</sup>	"	"	"
COBRE	0,883 <sup>++</sup>	"	"	"
MOLIBDENO	0,416 N.S.	"	"	"

++ = Altamente significativo

\* = Significativo a nivel del 5%

N.S. = No significativo.

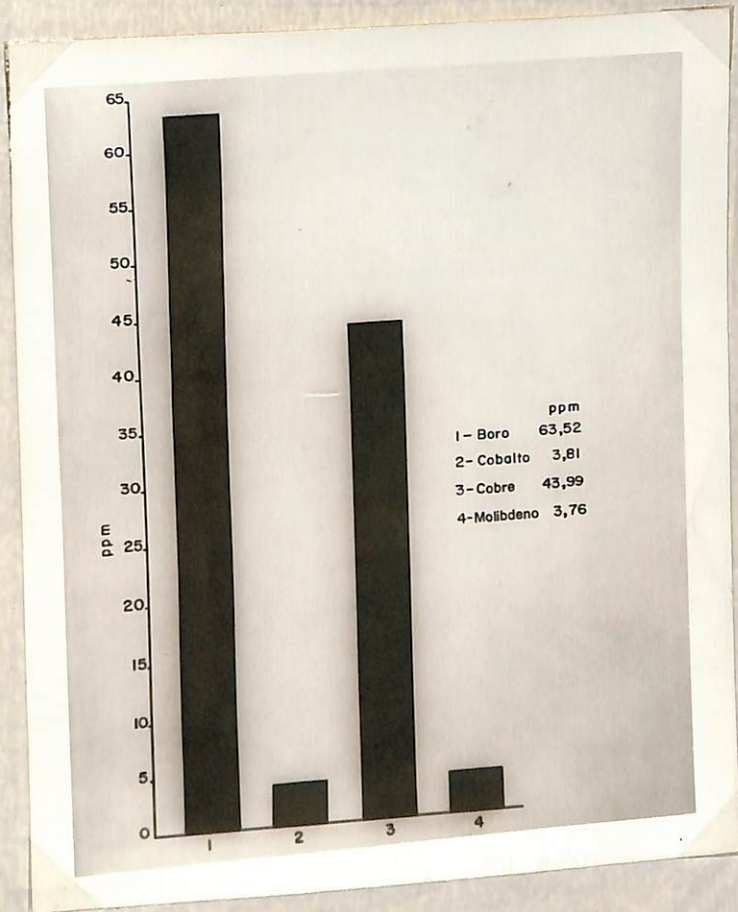
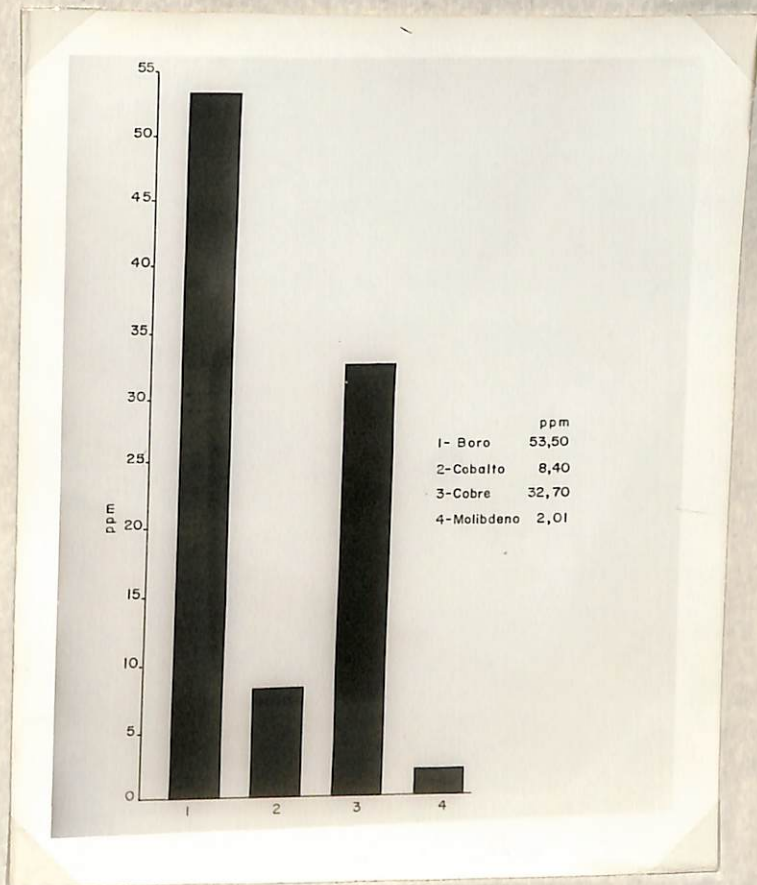


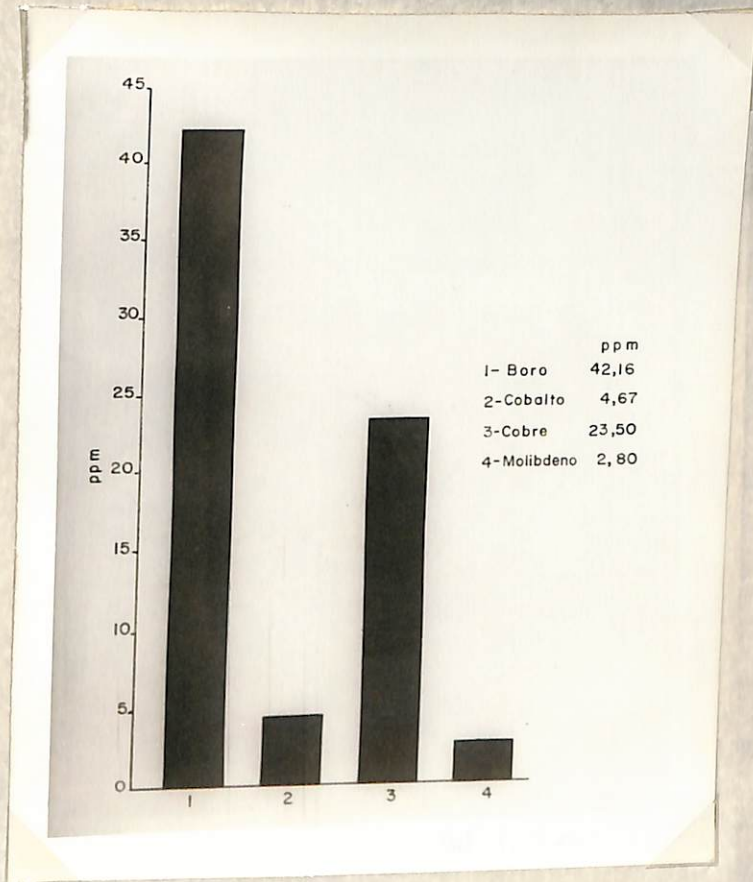
Figura No. 3  
Contenidos promedio de boro, cobalto,  
cobre y molibdeno totales en suelos del  
Valle de Sibundoy, bajo condiciones de  
cultivo.

Foto: I. Santacruz



**Figura No. 4**  
Contenidos promedio de boro, cobalto  
y molibdeno totales en subsuelos del  
Valle de Sibundoy, bajo condiciones de  
cultivo.

Foto: Ismael Santacruz



**Figura No. 5**  
Contenidos promedios de boro, cobalto, cobre y molibdeno totales en suelos del Valle de Sibundoy, bajo condiciones de pradera.

Foto: I. Santacruz

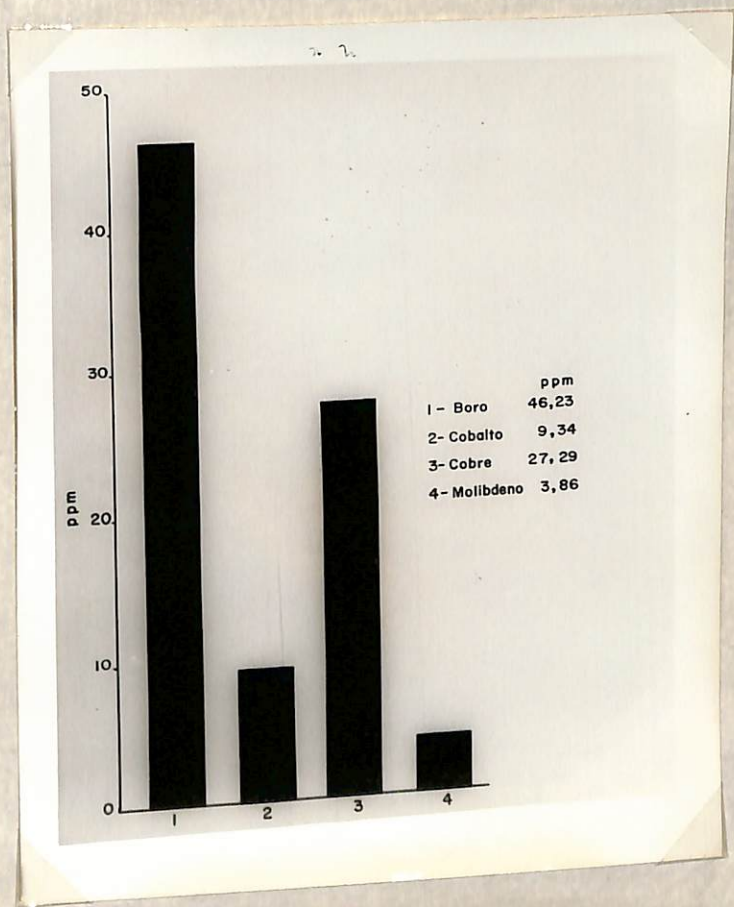


Figura No. 6  
Concentraciones promedio de boro, cobalto,  
cobre y molibdeno totales en subsuelos  
del Valle de Sibundoy, bajo condiciones  
de pradera.

Foto: I. Santacruz

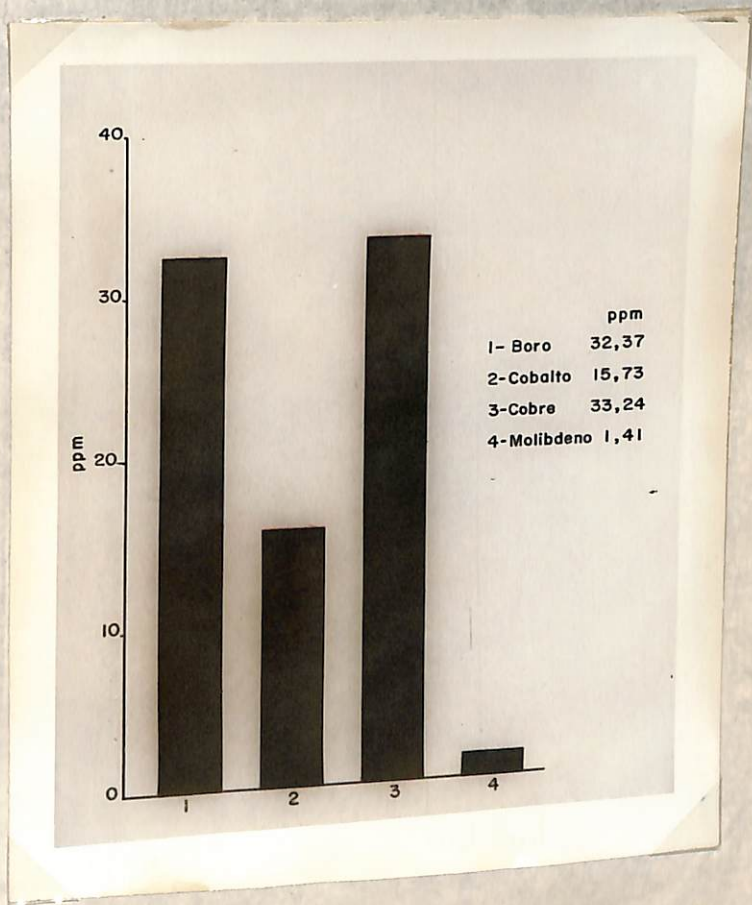


Figura No. 7  
Contenidos promedio de boro, cobalto,  
cobre y molibdeno totales en suelos del  
Valle de Sibundoy, bajo condiciones de  
pantano.

Foto: I. Santacruz

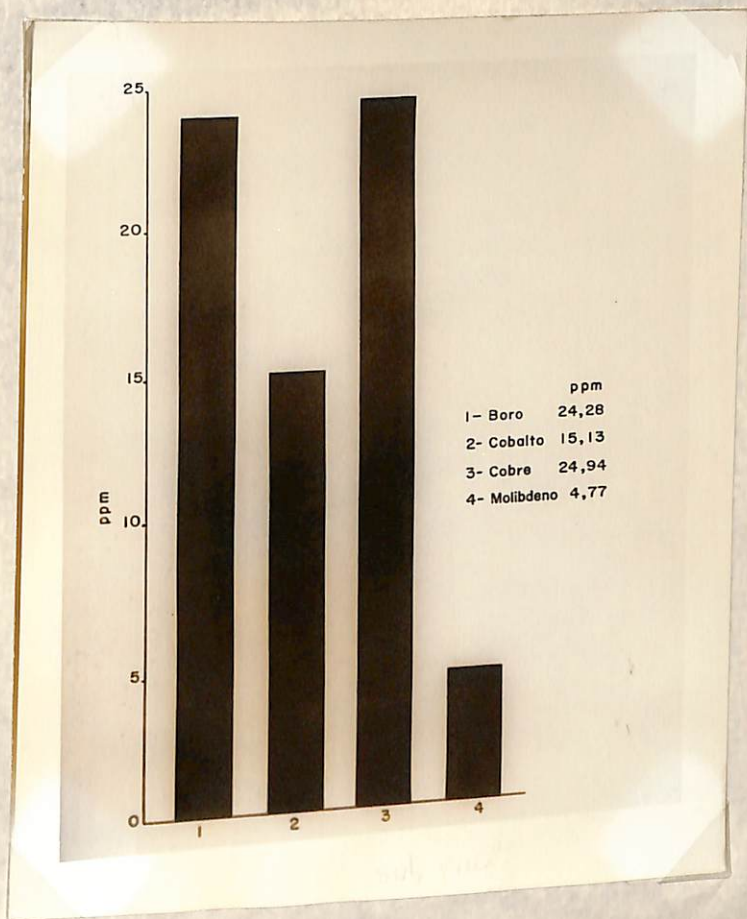


Figura No. 8  
Contenidos promedio de boro, cobalto,  
cobre y molibdeno totales en subuelos  
del Valle de Sibundoy, bajo condicio-  
nes de pantano.

Foto: I. Santaorus

44  
40  
30  
20  
10  
0

ppm.

A  
1  
COBALTO: Cultivo (I)

M  
2

V  
3

A  
1  
COBALTO: Pradera (II)

M  
2

V  
3

A  
1  
COBRE: Cultivo (I)

M  
2

V  
3

A  
1  
COBRE: Pradera (II)

M  
2

V  
3

A  
1  
MOLIBDENO: Cultivo (I)

M  
2

V  
3

A  
1  
MOLIBDENO: Pradera (II)

M  
2

V  
3

GRAFICO COMPARATIVO DE LOS PROMEDIOS DE COBALTO, COBRE y MOLIBDENO EN LAS REGIONES DE CLIMA MEDIO Y ALTIPLANO DE PASTO DOY INTENDENCIA DEL PUTUMAYO

DE COBALTO, COBRE y MOLIBDENO EN LAS REGIONES DE CLIMA MEDIO Y ALTIPLANO DE PASTO DOY INTENDENCIA DEL PUTUMAYO

Dibujo ST CARVAJAL M.

CONVENCIONES  
A- ALTIPLANO  
M- CLIMA MEDIO  
V- VALLE DE SIBUNDOY

□ Suelo  
■ Subsuelo  
I- Cultivo II- Pradera

Los resultados se expresan en ppm.

FIG. 9

## V CONCLUSIONES

1.- Los contenidos promedios de boro en el Valle de Sibundoy oscilan entre 63,52 y 24,28 ppm. Los distintos datos obtenidos demuestran que los suelos de pantano tienen aproximadamente entre 40 y 50% de boro total menos que los suelos no pantanosos.

2.- Los contenidos totales de cobre de los suelos del Valle de Sibundoy son entre 3 y 4 veces más altos que los encontrados en los suelos narifenses derivados de cenizas volcánicas.

3.- El molibdeno total encontrado en el Valle de Sibundoy supera al que corresponde a los suelos volcánicos narifenses, mientras que el cobalto, con excepción de los suelos pantanosos, es más alto que el encontrado en el Altiplano de Pasto y similar al reportado para la zona de clima medio de Narifio.

4.- Los suelos de pantano se caracterizan por presentar comparativamente los más altos contenidos de cobalto y los más bajos en contenido de boro.

5.- Se presupone que en los suelos pantanosos el cobalto está en forma de quelatos.

6.- En general los suelos del Valle de Sibundoy demuestran tener un mayor contenido de cobre, cobalto y molibdeno que los suelos volcánicos de Narifio.

7.- Se encontraron diferencias significativas entre los contenidos de boro, cobre y molibdeno bajo las condiciones de cultivo en suelos y subsuelos. De la misma manera se encontraron diferencias significativas entre boro, cobalto y cobre bajo las condiciones de pradera.

8.- No se encontraron diferencias significativas para el cobalto bajo condiciones de cultivo. Tampoco se encontraron diferencias significativas para el molibdeno bajo condiciones de pradera.

## VI RESUMEN

Esta investigación presenta los resultados obtenidos para boro, cobalto, cobre y molibdeno totales, en suelos del Valle de Sibundoy, Putumayo S. O. de Colombia. Los suelos tienen una fuerte influencia volcánica. La temperatura promedio de la región es de  $16.3^{\circ}\text{C}$  mientras que la precipitación anual oscila entre 1.373.5 mm (Sibundoy) y 2.165.7 mm (Balsayaco). El Valle de Sibundoy está situado a una altura de 2.100 mts. en las montañas de los Andes.

El boro, cobalto, cobre y molibdeno se determinaron en suelos bajo condiciones de cultivo (A), pradera (B) y pantano (C).

Los promedios encontrados para el boro total fueron 63.5 ppm (A), 42.1 ppm (B) y 32.3 ppm (C) en suelos, 53.5 ppm (A), 46.2 ppm (B) y 24.3 ppm (C) en subsuelos.

Los promedios encontrados para el cobalto total fueron 3.8 ppm (A), 4.6 ppm (B) y 15.7 ppm (C) en suelos, y 8.4 ppm (A), 9.3 ppm (B) y 15.1 (C) en subsuelos.

Los promedios encontrados para el cobre total fueron 43.9 ppm (A), 23.5 ppm (B) y 33.2 ppm (C) en suelos, y 32.7 ppm (A), 27.3 ppm (B) y 24.9 ppm (C) en subsuelos.

Los promedios encontrados para el molibdeno total fueron 3.7 ppm (A), 2.8 ppm (B) y 1.4 ppm (C) en suelos, y 2.0 ppm (A), 3.8 ppm (B) y 4.8 ppm (C) en subsuelos.

## SUMMARY

This research presents the results for total boron, cobalt, copper and molybdenum, in representative soil samples of the Sibundoy Valley, Putumayo S.W. of Colombia. The soils are, mainly, derived from volcanic ashes. Average temperature is  $16.3^{\circ}\text{C}$ , while rainfall per annum varied from 1,373,5 mm (Sibundoy) to 2,165,7 mm (Balsayaco). The Sibundoy Valley lies at about 2,100 feet in the Andes mountains.

The total amounts of boron, cobalt, copper and molybdenum were determined under conditions of crops (A) prairi (B) and swamp (C).

The average found for total boron were 63,5 ppm (A), 42.1 ppm (B) and 32.3 ppm (C) in soils, and 53.5 ppm (A), 46.2 ppm (B) and 24.3 ppm (C) in subsoils.

The average found for total cobalt were 3,8 ppm (A), 4.6 (B) and 15,7 ppm (C) in soils and 8.4 ppm (A), 9,3 ppm (B) and 15.1 ppm (C) in subsoils.

The average found for total copper were 43.9 ppm (A), 23,5 ppm (B) and 33,2 ppm (C) in soils and 32,7 ppm (A), 27,3 ppm (B) and 24.9 ppm (C) in subsoils.

The average found for total molybdenum were 3,7 ppm (A), 2,8 ppm (B) and 1,4 ppm (C) in soils and 2,0 ppm (A), 3,8 ppm (B) and 4,8 ppm (C) in subsoils.

## VII BIBLIOGRAFIA

1. ALBA, J. 1968. Alimentación del ganado en América Latina. Prensa Med. México. 336p.
2. ALEXANDER, M. 1961. Introduction to soil microbiology. John Wiley. New York. 472p.
3. ANDERSON, A. 1956. Molybdenum as a fertilizer. Adv. in Agronomy. Acad. Press. New York. 8: 181.
4. ANDERSON, J. H. 1965. Studies on the oxidation of ammonia to hidroxilamina by the Nitrosomonas. Biochem. Jour. 95: 633-638.
5. (ANONIMO). 1968. Los micronutrientes orgánicos. Rev. Agrícola. (Bogotá). 1968: 14-15.
6. BAILLAIRE et Fils Ed. 1964. Nutrition animale. III Donnes generales sur la nutrition et l'alimentation. Paris. 1432-2179 pp.
7. BARRIOS, P. 1969. Determinación de molibdeno, cobre y cobalto en algunos suelos del Altiplano de Pasto. Fac. Agronomía. Pasto. 106p. (Tesis sin publicar).
8. BASTIDAS O., A. GAYCENDO y F. ROMO. 1970. Estudio de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos del Valle de Sibundoy, Intendencia Nacional del Putumayo. Fac. de Agronomía. Pasto. 219p. (Tesis sin publicar).

9. INBAR, P. 1957. Toxic elements in soils. U.S. Department of Agriculture. Soil. 1957: 168-171.
10. \_\_\_\_\_ 1963. Química del suelo. Trad. José de la Rubia P. Interciencia, Madrid. 435p.
11. \_\_\_\_\_ 1963. Suelos y fertilisantes. J. Doral. 2a. Ed. Omega. Barcelona. 438p.
12. BERGENSEN, F. 1960. Biochemical Pathways in Legume root nodule nitrogen fixation. C.S.I.R.O. Canberra. 24: 246-250.
13. BERGER, K. C. and E. THOUG. 1940. Boron deficiencies as revealed by plants and soil tests. Amer. Soc. Agr. 32: 247-301.
14. \_\_\_\_\_ P. F. PRATT. 1963. Advances in secondary and micronutrient fertilisation (In Fertiliser Technology usage. pp 287-340). Soil Sci. Amer. Soc. Madison.
15. \_\_\_\_\_ E. THOUG. 1946. Boron availability in relation to soil reaction and organic matter content. Soil Sci. Soc. Amer. proc. 10: 113-116.
16. BLACK, C. 1965. Soil - plant relationships. 4th. ed. John-Wiley Inc. New York. 332p.

17. BLASCO, M. Curso de Suelos. 1963. Fac. Nal. de Agronomía. (Palmira). 427p. (Conferencias Miogeografadas).
18. \_\_\_\_\_ y N. RODRIGUEZ. 1967. Estudio sobre la composición química del ramio (Bohemeria nivea (L) Grand). Agr. Trop. Bogotá. 23: 813-816.
19. BOYOUCUS, G. H. 1934. A comparison between the pippete method and the hidrometer method for making mechanical analysis of soil. Soil Sci. 38: 335-343.
20. BUCKMAN, H. y N. BRADY, 1966. Naturaleza y propiedades de los suelos. R. Salord. Uteha. Méjico. 590p.
21. BRAVO, R. 1956. Determinación biológica del boro en ocho suelos del Valle del Cauca. Tesis de Grado. Palmira, Fac. de Agronomía. 53p.
22. CARTER, R. 1964. Micronutrients and crop production in Georgia. What are micronutrients. Georgia Agr. Exp. Stambul. 126: 7-12.
23. CHAMBERLAIN, G. 1969. Trace elements in some East Afreacan soils and plants. Afr. Agric. J. Kikuyu. 25: 121-125. (En Abs. soils and Fertilizers. 23: 41. 1960).

24. COLOMBIA. 1959. Atlas. El Departamento de Minería en el país geológico. Min. del Trabajo. Bogotá. (Sin paginación).
25. COLLINS, G. 1955. Commercial fertilisers. Their sources and use. 5 th. ed. McGraw-Hill. New York 617p/
26. DAVIES, R. I., M. V. CHESHIRE and I. J. GRAHAM-BRYCE. 1969. Retention of low levels of copper by humic acid. Jour. Soil Sci. 20: 65-71.
27. DEBRZANSKI, B. and J. GLYNSKI. 1964. Copper and cobalt content of grassland soils in the region of the Wieprz - Krzna canal. Annls. Univ. Mariae Curie. 12: 19-41. (In Abs. Soils and Fertilisers 25: 3.012. 1966).
28. DE GROOT, A. J. 1967. Mobility of trace elements in deltas (In: Soil Chemistry and Fertility. pp. 267-279). ISSC, Aberdeen.
29. DEMOION, A. 1968. Dinámica del suelo, J. Pérez Ma 114. Vol. I. Omega. Barcelona. 523p.
30. HENIS, M. T. and J.C. BROGAN. 1961. The availability of copper from copper humic acid complexes. Irish Jour. Agric. Res. 1: 35-42.

31. ESTEVEZ, J. A. 1960. Influencia de la adición de fósforo y cobalto a raciones comunes para vacas lecheras. *Acta Agronómica*. 10: 170-183.
32. ESPINAL, T. L. y B. MONTENEGRO. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá, Ins. Geogr. Agustín Codazzi. 210p.
33. FUJIMOTO, G. and G. SHIRMAN. 1959. The copper content of typical soils and plants of the Hawaiian Islands. *Hawaii - agr. Exp. Sta.* 121: 22p. (En *Abstr. soils and Fertilizers* 23: 523. 1960).
34. GALLEGO, R. y T. JOLIN. 1958. Relaciones entre la composición de los suelos y su contenido en molibdeno. *Anales de Edafología y Fisiología vegetal*. Madrid. 17: 785-832.
35. \_\_\_\_\_ y B. PERNANDEZ. 1963. Oligoelementos en los suelos de las vegas altas del Guadiana. *Anales de Edafología y Agrobiología*. Madrid. 22: 307 - 322.
36. \_\_\_\_\_ y T. JOLIN. 1958. Aportación a la geoquímica del molibdeno. I. Introducción y estudio de muestras tomadas en el Valle de Mansanares. *Anales de Edafología y Fisiología Vegetal*. Madrid 17: 341-359.

37. GALLEGO, R. y T. JOLIN. 1958. Aportación a la Geoquímica del molibdeno. II. Estudio de las muestras de la zona central de la Península. *Anales de Edafología y Fisiología Vegetal*. Madrid. 17: 361-385.
38. \_\_\_\_\_ . Aportación a la Geoquímica del molibdeno. III. Estudio de la zona norte de España. *Anales de Edafología y Fisiología Vegetal*. 17: 439-455.
39. GAUGH, H. G. and W. H. DUGG, Jr. 1963. Boron in the Trans-location of Sucrose-plant physiol. 28: 457-467p.
40. GIDDENS, J. 1964. Functions of Boron in plant Growth Micronutrients and Crop production in Georgia Agric Exp. St. Bulletin N. 126.
41. GILBERT, F. 1952. Copper in nutrition. *Adv. in Agr. Acad. Press*. New York. 4: 156-157.
42. GONZALEZ, G. 1959. Composición botánica, características generales y proporción de hierro, manganeso, cobre y cobalto en hierbas y sucos de prados de la provincia de Pontevedra en relación con la preservación de ciertas enfermedades del ganado vacuno. *Anales de Edafología y Fisiología Vegetal*. Madrid. 18: 241-273.

43. GONZALEZ, F. y A. M. GARCIA. 1964. Geoquímica del cobalto en los suelos de Andalucía occidental. I. Contenido en cobalto total y caracteres generales de los suelos del Valle del Guadalquivir. *Anales de Edafología y Agrobiología*. Madrid. 23: 305-321.
44. \_\_\_\_\_ Geoquímica del cobalto en los suelos de Andalucía occidental. II. Distribución del cobalto total en las fracciones de suelo de distinto diámetro de partícula. *Anales de Edafología y Agrobiología*. Madrid. 23: 447-460.
45. \_\_\_\_\_ Geoquímica del cobalto en los suelos de Andalucía occidental. III. Cobalto total en relación con la composición mineralógica de los suelos y rocas. *Anales de Edafología y Agrobiología*. Madrid. 23: 461-469.
46. GIBDOT, A. J. 1966. Mobility of trace elements in deltas. *Soil Chemistry and Fertility*. I.S.S.S. Transac. Aberdeen. 269-279.
47. GUPTA, U. C. 1968. Relationship of total and hot-water soluble boron, and fixation of added boron, to properties of pedzol soil. *Soil. Sci. Amer. proc.* 32: 43-49.

48. HAROW, B. y A. MAZUR. 1967. Bioquímica Básica. Trad. María T. Toran. 9 ed. Ed. Interamericana. México. 546p.
49. HENKENS, C. H. 1962. The importance of copper in the cultivation of arable soils and grassland. Sondech. Groningen. 16: 56-65. (En Abs. Soils and Fertilizers. 23: 3101. 1960).
50. HILL, A. C., S. J. TOTH and F. B. BEAR. 1953. Cobalt status of New Jersey soils and forage plants and factors affecting the cobalt content of plants. Soil Sci. 76: 273-284.
51. HODGSON, J. F. 1963. Micronutrients in soils. Adv. in Agr. Acad. Press. New York. 15: 119-159.
52. IRVING, H. and R. WILLIAMS, R. 1948. Orden of stability of metal complexes. Nature. 162: 746-747.
53. JACOB, A. y H. UEXKULL. 1961. Fertilización. Trad. L. López M. Veemny y zonen, Vageningen. 626p.
54. JACKSON, M. L. 1964. Análisis químico de suelos. Trad. J. B. Martínez. Omega. Barcelona. 662p.
55. JUNCA, C. 1970. Determinación de cobalto, cobre y molibdeno en algunos suelos de clima medio del Departamento de Nariffo. Fac. de Agronomía. Pasto. 101p. (Tesis no publicada).

56. CAMPRATH, E. J. 1967. Acidez del suelo y su respuesta al encalado. Soil testing. A. J. L. Washington. bul. 4: 7.
57. KARLSON, P. 1965. Manual de Bioquímica. F. Pulido. Main. Barcelona. 386p.
58. KHOKEOVA, T. I. 1967. Content and distribution of trace elements in soils of the Kusnets wooded steppe. Pochovedenic Inst. Geogr. Sibiri i Dal'n. Vostok. 1967: 59-65. (En Abs. Soils and Fertilizers. 30: 546. 1967).
59. KUBOTTA, J., K. C. BERGER and E. TROUG. 1949. Boron movement in Soils. Soil Sci. Soc. Amer. proc. 13: 130-134.
60. LAVENKRAPEA, E. and R. LIBLDWIENS. 1961. Cobalt content in soils formed on Devenian deposits in the Latvian S.S.R. Zinst. Adad. Vestin. 1961: 91-94. (En Abs. Soils and Fertilizers 25: 3100 1962).
61. LEE S., H. and J. R. SIMPSON. 1956. The effect of chlorate on the rate of nitrite oxidation by Nitrobacter. Biochem J. 52: 1.
62. MANJARRES, F. 1963. Los yacimientos calcáreos de San Francisco. Comisaría del Putumayo. Ministerio de Minas y Petróleos. (Bogotá). 14p.

63. MANJARRIES, J. O. y J. O. MARIN. 1964. Estudio Ge-  
neral de los suelos del Valle de Sibundoy. (Pu-  
tunayo). INCORA, Departamento de estudios téc-  
nicos. 54p.
64. MALYUGA, D. P. and A. I. MAKAROVA. 1956. Trace e-  
lements in virgin soils and in vegetation. Med.  
Akad. Nauk, Latv. S.S.R. Riga. 53: 485-495.  
(En Abs. Soils and Fertilizers 144: 14. 1962).
65. MILLAR, G. B. 1965. Soil Fertility. 4 th. ed John  
Wiley. New York. 436p.
66. MITCHELL, R. L. 1966. Los oligoelementos y la en-  
fermedad. Rev. de la potasa. Inst. Internacional  
de la potasa. Berna. 34: 1-6. 1
67. MALOVIC, L. et M. PINTA. 1969. Recherches sur les  
éléments traces dans les sols tropicaux: Stade  
de quelques sols de Madagascar. Geoderma. 3:  
117-132.
68. HOLLER, C. R. 1964. Química orgánica. Trad. María  
T. Toral. 3 ed. Ed. Iberoamericana, México. 613p.
69. OBOHINA, M. G. 1965. Content of molybdenum and co-  
balt in soils of the northern forest steppe of  
Trans-Ural. Trudy sverdlovsk, sel. Khos. Insti.  
14: 45-47. (En Abs. Soils and Fertilizer 30:  
2466. 1967).

70. OLARTE, L. I. y B. MOTTA. 1961. Deficiencia de boro en algunos suelos del Valle del Cauca. IGAC Pub. IT-10. 27p.
71. OZANNE, P. G. E. GREENWOOD and T. C. SHAW. 1963. The cobalt requirement of subterranean clover in the field. Australian Jour. of Agr. Res. Melbourne. 14(1): 39-50.
72. PAOLI, A. y M. LURATI. 1962. Consideraciones sobre la importancia de los oligoelementos del suelo. Inst. Nal. de Tecnología. (Buenos Aires) Vol. 177: 6-14.
73. PARKER, M. S. 1964. Micronutrients and crop production in Georgia Molybdenum. Georgia Agr. Exp. Sta. bul. 126: 42-52.
74. REISENAVER, H. M., A. A. TABIKH and P. R. STOUT. 1962. Molybdenum reactions with soils and the hydrous oxides of iron, aluminum and titanium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26: 25-27.
75. REUTHER, W. 1957. Copper and soil fertility. U.S. Department of Agriculture Soil. 1957: 131.
76. ROYO y GOMEZ. 1942. Datos para la geología económica de Nariño y Alto Putumayo. Copilación de estudios geológicos en Colombia. (Bogotá). 5: 53-160.

77. RUSELL, E. W. 1961. Soil conditions and plant growth. 9 th. ed. Longmans. London. 688p.
78. SAIZ DEL RIO, J. y E. BORNEMISZA. 1961. Análisis químico de suelos. O.E.A. Costa Rica. 107p.
79. SAMEL, INGENIEROS. 1967. Proyecto Putumayo No.1 INCORA. 225p.
80. SOC. ANALYTICAL CHEMISTRY. 1963. Determination of trace elements Hoffer. Ltd. London. 29p.
81. SIMS, J. R. and R. T. BINGHAM. 1967. Retention of boron by layer Silicates, Sesquioxides, and Soil materials: I: Layer Silicates. Soil Sci. Soc. Amer. proc. 31: 728-732.
82. \_\_\_\_\_ . 1968. Retention of boron by Layer Silicates, Sesquioxides and Soil Sci. Soc. Amer. proc. 32: 364-369.
83. \_\_\_\_\_ . 1968. Retention of boron by Layer Silicates, Sesquioxides and Soil material: III Iron and aluminium-coated Layer Silicates and Soil materials. Soil Sci. Soc. Amer. proc. 32: 369-373.
84. SMITH, E. H. and G. W. LEEPER. 1969. The fate of applied molybdate in acidic soils. Jour. Soil. Sci. 20: 246-254.

85. SINGH, S. and B. SINGH. 1966. Trace elements studies in some Alkali and Adjeinag soils of Uttar Pradesh. Jour Indian Soc. Soil. Sci. 14: 177-181.
86. \_\_\_\_\_ . Trace element studies in some alkali and adjoining soils of Uttar Pradesh. Profile distribution of molubdenum. Jour. of the Indian Soc. of Soil Sci. N. Delhi. 14 (1): 19-23.
87. SWAINE, D. J. 1955. The Trace-element content of soils. Commonwealth Sur. Soil Sci. Tech. Harpenden. Common. No. 48.
88. TISDALE, S. L. and W. L. NELSON. 1966. Soil fertility and fertilizers 2 th. ed. The MacMillan Co., New York. 694p.
89. TOIKKA, M. A. E. M. PEREVOZCHIKOVA y E. A. LAZAREVA. 1965. Content of trace elements in soils of the setavalak district of Karelia. Uchem Zappetroza res. 30: 2469. 1967.
90. THOMPSON, L. M. Soils and soil fertility. 2 th. ed. McGraw Hill. New York. 451p. 1957.
91. \_\_\_\_\_ . 1962. Suelo y su fertilidad. Trad. de la 2a. ed. inglesa R. Clara. Barcelona. Ed. Reverte S.A. 409p.

92. THOMPSON, L. M. 1966. El suelo y su fertilidad. 3a ed. Reverté. Barcelona. 407p.
93. TREAR, D. 1956. Química Agrícola. A. Rencafé. Salvat. vol. II. Barcelona. 693p.
94. VINOGRADOV, A. P. 1959. The geochemistry of rare and dispersed chemical element in soils. Consultants Bur. New York. (Translated from the russian).
95. WAKSMAN, S. 1963. Soil Microbiology 4 th. ed. John Wiley & Sons. New York. 356.
96. WEAR, J. I. and R. M. PATERSON. 1962. Effect of soil pH and texture on the availability of water soluble boron in the soil - Soil Sci. Soc. Amer. proc. 26: 344-346.
97. WILCOX, J. S., and W. M. TOWNSEND. 1964. An introduction to agricultural chemistry. 3 rd. ed. Pub., London. 243p.

TABLA X

RELACION DE LOS DISTINGUIDOS SUJITOS DE NOMBRE  
 ENTRE SUJOS Y SUJOSAS HASTA CONJUNTO DE CRISTINA (\*)

Apellido	Nombre Sujo	Nombre Sujo	$\Sigma$	$\Sigma^2$	$\Sigma^3$
1.º SUJOS	56,76	51,09		6836,08	6279,56
2.º SUJOS	52,20	63,07		1660,96	2497,61
3.º SUJOS	76,95	54,04		5613,06	4110,01
4.º SUJOS	73,98	47,60		5432,73	3499,79
5.º SUJOS	73,53	50,05		5399,22	3966,52
6.º SUJOS	57,94	62,73		3337,24	2390,96
7.º SUJOS	25,70	19,23		661,49	6949,64
	444,62	379,90		33.496,27	23.167,64
					28.502,17

\*º abstracción = 0,312

\*\*º abstracción = 0,312

(\*) El 1.º sujo es el sujo con la siguiente abstracción

$$p = \frac{\Sigma X}{\Sigma X^2}$$

1.º tabulado a nivel del 96 para 6840,707  
 2.º tabulado a nivel del 16 para 6280,034

TABLA I

RELACION DE LOS CONTENIDOS TOTALES DE BORO  
ENTRE SUELO Y SUBSUELO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (\*)

Lugar	Suelo ppm x	Subsuelos ppm y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
SAN ANDRES	66,74	94,00	4454,23	8836,00	6273,56
COJON	62,20	43,47	3868,84	1880,96	2697,61
SIBUNDY	74,96	54,84	5619,00	3007,43	4110,81
HIDRAULICA	73,50	47,48	5402,25	2254,35	3489,78
VICHOY	43,58	54,85	1899,22	3088,52	2390,36
SALVADOR	97,94	61,73	9599,24	3810,59	6045,84
LAS COCHAS	25,70	19,23	660,49	369,79	494,21
<b>T</b>	<b>444,62</b>	<b>375,50</b>	<b>31.496,27</b>	<b>23.167,64</b>	<b>25.502,17</b>

"r" obtenido = 0,944<sup>++</sup>

<sup>++</sup> = altamente significativo.

"r" tabulado a nivel del 5% para 6GL=0,707  
"r" tabulado a nivel del 1% para 6GL=0,834

(\*) El "r" se calculó con la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 \sum Y^2}}$$

TABLA II

RELACION DE LOS CONTENIDOS TOTALES DE HONDO ENTRE SUEÑO Y SUBSUEÑO BAJO CONDICIONES DE PRADERA

LUGAR	SUEÑO $\sum X$	SUBSUEÑO p.p.m. Y	$\sum X^2$	$\sum Y^2$	$\sum XY$
DIVISO	42,16	73,71	4776,66	5433,16	3107,61
CARDINA	30,08	30,43	1450,09	927,20	1159,54
SANTIAGO	61,34	50,05	1762,60	2505,00	3070,07
GARCON	62,20	76,03	3868,84	5780,56	4729,07
SAN ANTONIO	22,56	20,12	509,86	404,81	454,31
EL CAMER	56,45	19,44	3186,60	377,91	1097,39
SAN PEDRO	32,59	61,90	1062,11	3831,61	2017,32
SAN FRANCISCO	30,65	55,66	1493,62	3898,04	2151,26
MACHOY	44,72	40,39	1999,88	2341,59	2164,00
PUNTE PUTUMAYO	25,60	27,65	665,64	764,52	713,37
BALSAYACO	39,21	45,21	1537,42	2043,94	1772,68
	463,78	508,61	21313,52	28301,34	22436,62

"r" obtenidos = 0,913<sup>++</sup>

"r" tabulado al nivel del 5% para 10GL=0,576

"r" tabulado al nivel del 1% para 10GL=0,708

++ = Altamente significativo

TABLE III

RELACION DE LOS CONTENIDOS TOTALES DE COBRATO ENTRE SUEÑO Y SUBSUEÑO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

LUGAR	SUEÑO T <sub>1</sub>	SUBSUEÑO T <sub>2</sub>	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
SAN ANDRÉS	3,26	7,82	10,63	61,15	25,49
COLOM	5,92	1,15	35,04	15,25	6,80
SIEBUNDY	7,05	8,60	49,70	75,96	60,63
HIDRAULICA	8,95	3,42	79,74	11,69	30,54
VICH OY	0,45	18,40	0,28	341,51	7,95
SALVADOR	0,81	15,16	0,66	229,85	12,28
LAS COCHAS	0,51	4,25	0,09	17,89	1,31
	26,71	58,86	176,04	749,26	231,59

"r" obtenido = 0,638 N.S.

"r" tabulado al nivel del 5% para 601=0,707

"r" tabulado al nivel del 1% para 601=0,834

N.S. = No significativo

"r" tabulado al nivel del 5% para 601=0,707  
 "r" tabulado al nivel del 1% para 601=0,834

TABLA IV

RELACION DE LOS CONTENIDOS TOTALES DE COBALTO  
ENTRE SUEÑO Y SUBSUEÑO BAJO CONDICIONES DE PRADERA

LUGAR	SUEÑO ppm X	SUBSUEÑO ppm Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
DIVISO	6,85	7,69	46,92	59,24	52,65
GAROLINA	0,66	7,28	0,44	53,00	4,80
SANTIAGO	4,75	5,38	22,56	28,94	25,55
GARDON	4,82	6,48	23,23	16,70	30,75
SAN ANTONIO	6,45	6,65	41,60	44,22	42,89
EL CARMEN	11,11	5,60	123,43	31,36	62,22
SAN PEDRO	5,60	9,17	31,36	84,09	41,35
SAN FRANCISCO	0,26	18,12	0,07	328,33	4,71
MACHOY	6,02	16,46	36,24	270,92	99,09
PUESTO PUMAYO	4,75	4,90	22,37	24,01	25,18
BALSAYACO	0,16	15,14	0,03	220,22	2,42
	53,41	102,77	348,24	1170,03	409,64

"r" obtenido = 0,645

"r" tabulado a nivel del 5% para 10GL = 0,576

"r" tabulado a nivel del 1% para 10GL = 0,708

' = significativo al nivel de 5%

TABLA VI

RELACION DE LOS CONTENIDOS TOTALES DE COBRE

ENTRE SUELO Y SUBSUELO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

LUGAR	SUELO ppm X	SUBSUELO ppm Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
SAN ANDRES	33,61	21,95	1129,63	481,80	737,74
COLOM	55,99	61,11	3134,88	3734,43	3421,55
SILVINOY	36,67	35,06	1344,69	1229,20	1285,65
HI DRAULICA	34,30	26,14	1176,49	683,30	896,60
VICHOY	38,23	34,88	1461,53	1216,61	1333,46
SALVADOR	68,87	7,59	4743,08	57,61	252,72
LAS COCHAS	40,26	42,19	1620,87	1780,00	1698,57
	307,93	228,92	14611,17	9182,95	9896,29

"r" obtenido = 0,854 "

" = altamente significativo.

"r" tabulado al nivel del 5% para 60L = 0,707

"r" tabulado al nivel del 1% para 60L = 0,834

TABLA VI

RELACION DE LOS CONTENIDOS TOTALES DE COBRE  
ENTRE SUELO Y SUBSUELO BAJO CONDICIONES DE PRADERA

LUGAR	SUELO ppm Y	SUBSUELO ppm Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
DIVISO	24,00	16,50	576,00	272,25	396,00
CAROLINA	15,89	49,59	252,49	2459,17	787,99
SANTIAGO	21,50	24,67	462,25	608,61	530,41
CARZON	32,91	15,45	1083,07	238,70	508,46
SAN ANTONIO	29,42	21,89	865,54	479,17	644,00
EL CAMER	00,00	4,41	00,00	19,45	00,00
SAN PEDRO	19,92	18,73	396,81	335,99	365,13
SAN FRANCISCO	25,74	38,64	662,03	1493,05	994,21
MACHOY	49,43	42,29	2443,33	1788,44	2090,39
PUNTA PUTUMAYO	24,01	38,81	576,48	1506,22	931,83
BALSAYAO	15,68	29,65	245,86	879,12	464,91
	258,49	300,23	7463,86	10079,47	7723,33

"r" obtenido = 0,885 \*\*

\*\* tabulado al nivel del 5% para 10GL = 0,576  
"r" tabulado al nivel del 1% para 10GL = 0,708

\*\* = Altamente significativo

TABLA VII

RELACION DE LOS CONTENIDOS TOTALES DE MOLIBDENO  
ENTRE SUEÑO Y SUBSUEÑO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

LUGAR	SUEÑO ppm X	SUBSUEÑO ppm Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
SAN ANDRES	3,32	5,37	11,02	28,84	17,83
COLON	3,60	1,46	12,96	2,13	5,26
SIMUNDOY	1,89	1,03	3,57	1,06	1,95
HIDRAB LICA	2,85	0,11	8,12	0,01	0,31
VICHY	4,03	2,68	16,24	7,18	10,80
SALVADOR	3,26	0,76	10,63	0,58	2,48
LAS COCHAS	7,35	2,69	54,02	7,24	19,77
	26,30	14,10	116,56	47,04	58,40

"r" obtenido = 0,769

"r" tabulado a nivel del 5% para 6 GL = 0,707

"r" tabulado a nivel del 1% para 6 GL = 0,834

\* = significativo a nivel del 5%

... tabulado a nivel del 5% para 10GL = 0,576  
... tabulado a nivel del 1% para 10GL = 0,734

RELACION DE LOS CONTENIDOS TOTALES DE MOLLEJENO  
ENTRE SUEIO Y SUBSUEIO BAJE CONDICIONES DE PRADERA

LUGAR	SUEIO PPM X	SUBSUEIO PPM Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
DIVISO	2,44	17,09	5,95	292,07	41,70
CANOLINA	1,21	1,86	1,46	3,46	2,25
SANTIAGO	1,70	3,30	2,90	10,89	5,61
CARSON	2,90	0,99	15,21	0,97	3,86
SAN ANTONIO	1,21	2,87	1,46	8,82	3,59
EL CARMEN	1,12	4,58	1,25	20,98	5,13
SAN PEDRO	1,95	4,43	3,80	19,62	8,64
SAN FRANCISCO	0,99	2,58	0,98	6,66	2,55
MACHOY	0,04	0,10	0,01	0,01	0,04
PUESTO PUTUMAYO	16,16	4,11	261,15	16,89	66,42
BALSAYACO	0,10	0,50	0,01	0,02	0,05
	30,82	42,51	294,41	380,63	139,80

r<sup>2</sup> obtenido = 0,416 N.S.

"r" tabulado a nivel del 5% para 10GL = 0,576

"r" tabulado a nivel del 1% para 10GL = 0,708

N.S. = No significativo

TABLA 1

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CARBOHIDRATOS A LOS QUE SE DEBE  
 2.477 CONDICIONES DE TRABAJO (PUNTA DE LA)

Temp. en Densidad	0.0102	0.0103	0.0104	0.0105	0.0106	0.0107	0.0108	0.0109	0.0110	0.0111	0.0112	0.0113	0.0114	0.0115	0.0116	0.0117	0.0118	0.0119	0.0120
0 - 30	21.29	20.73	20.17	19.61	19.05	18.49	17.93	17.37	16.81	16.25	15.69	15.13	14.57	14.01	13.45	12.89	12.33	11.77	11.21
0 - 35	20.27	19.71	19.15	18.59	18.03	17.47	16.91	16.35	15.79	15.23	14.67	14.11	13.55	12.99	12.43	11.87	11.31	10.75	10.19
0 - 40	18.57	18.01	17.45	16.89	16.33	15.77	15.21	14.65	14.09	13.53	12.97	12.41	11.85	11.29	10.73	10.17	9.61	9.05	8.49
0 - 45	17.33	16.77	16.21	15.65	15.09	14.53	13.97	13.41	12.85	12.29	11.73	11.17	10.61	10.05	9.49	8.93	8.37	7.81	7.25
0 - 50	15.49	14.93	14.37	13.81	13.25	12.69	12.13	11.57	11.01	10.45	9.89	9.33	8.77	8.21	7.65	7.09	6.53	5.97	5.41
0 - 55	13.57	13.01	12.45	11.89	11.33	10.77	10.21	9.65	9.09	8.53	7.97	7.41	6.85	6.29	5.73	5.17	4.61	4.05	3.49
0 - 60	11.57	11.01	10.45	9.89	9.33	8.77	8.21	7.65	7.09	6.53	5.97	5.41	4.85	4.29	3.73	3.17	2.61	2.05	1.49
0 - 65	9.57	9.01	8.45	7.89	7.33	6.77	6.21	5.65	5.09	4.53	3.97	3.41	2.85	2.29	1.73	1.17	0.61	0.05	-0.49
0 - 70	7.57	7.01	6.45	5.89	5.33	4.77	4.21	3.65	3.09	2.53	1.97	1.41	0.85	0.29	-0.27	-0.71	-1.15	-1.59	-2.03
0 - 75	5.57	5.01	4.45	3.89	3.33	2.77	2.21	1.65	1.09	0.53	-0.03	-0.47	-0.91	-1.35	-1.79	-2.23	-2.67	-3.11	-3.55
0 - 80	3.57	3.01	2.45	1.89	1.33	0.77	0.21	-0.35	-0.89	-1.43	-1.97	-2.51	-3.05	-3.59	-4.13	-4.67	-5.21	-5.75	-6.29
0 - 85	1.57	1.01	0.45	-0.11	-0.65	-1.19	-1.73	-2.27	-2.81	-3.35	-3.89	-4.43	-4.97	-5.51	-6.05	-6.59	-7.13	-7.67	-8.21
0 - 90	-0.43	-0.89	-1.35	-1.81	-2.27	-2.73	-3.19	-3.65	-4.11	-4.57	-5.03	-5.49	-5.95	-6.41	-6.87	-7.33	-7.79	-8.25	-8.71

VIII. APENDICE II (\*)

(\*) Tomadas de Bastidas, Caycedo y Romo.

1 = Tronco; A = Arbolado; B = Arbolado; C = Lignos.

TABLA I

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS  
BAJO CONDICIONES DE PRADERA (PRIMERA CAPA)

LUGAR	Prof. en cms.	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura	
		En seco	En Húmedo					
DIVISO	0 - 50	21.20	10YR-4/3	10YR-2/2	30.98	10.12	58.90	F - L <sup>+</sup>
CAROLINA	0 - 20	10.37	10YR-5/3	7.5YR-3/2	36.98	19.39	43.63	F
SANTIAGO	0 - 20	8.57	10YR-5/3	10YR-3/4	38.31	18.39	43.30	F
GARZON	0 - 35	27.58	10YR-4/2	10YR-2/2	43.31	17.12	39.59	F
SAN ANTONIO	0 - 40	29.05	10YR-4/2	7.5YR-3/2	41.98	19.12	38.90	F
EL CARMEN	0 - 20	19.49	2.5YR-5/2	10YR-3/3	32.31	34.12	33.57	F - Ar
SAN PEDRO	0 - 15	18.57	10YR-5/3	7.5YR-3/2	55.31	14.12	30.57	F - A
SAN FRANCISCO	0 - 15	5.90	2.5Y-5/2	10YR-2/2	49.98	13.12	36.90	F - A
MACHOY	0 - 30	8.40	10YR-6/3	10YR-4/3	21.31	16.12	62.57	F - L
PUENTE PUTUMAYO	0 - 35	5.30	5Y-5/2	10YR-3/1	31.31	36.12	32.57	F - Ar
BALSAYACO	0 - 35	4.56	10YR-6/3	10YR-3/3	39.31	12.12	48.57	F

+ F = Franco; A = Arenoso; Ar = Arcilloso; L = Limoso.

TABLA II

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS  
BAJO CONDICIONES DE PRADERA (SEGUNDA CAPA)

LUGAR	Prof. en cm.	Humedad		C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Fanos %	Textura
		%	En seco	En húmedo	%				
DIVISO	50 - 90	17.00	10YR-5/3	10YR-5/4	31.98	14.12	53.90	F - L	
CABOLINA	20 - 70	8.74	10YR-6/3	10YR-4/3	40.31	20.12	39.58	F	
SANTIAGO	20 - 50	8.22	10YR-6/4	10YR-4/4	42.32	20.12	35.57	F	
GARZON	35 - 80	22.63	10YR-5/3	10YR-3/4	36.23	18.69	45.08	F	
SAN ANTONIO	40 - 80	7.28	10YR-6/2	10YR-4/3	32.61	14.83	62.56	F - L	
EL CARMEN	20 - 60	5.10	2.5YR-6/2	10YR-4/3	22.64	45.39	31.97	A	
SAN PABLO	15 - 50	5.36	10YR-5/4	10YR-5/3	43.23	18.39	38.38	F	
SAN FRANCISCO	15 - 40	9.14	10YR-4/2	10YR-3/2	44.31	18.12	37.57	F	
MACHOY	30 - 65	5.20	10YR-6/3	10YR-4/3	36.31	10.83	12.86	F - L	
PUNTA PUMAYO	35 - 70	4.34	2.5YR-5/2	2.5 Y-5/2	27.31	25.12	49.57	F	
BALSAYACO	35 - 55	5.14	10YR-5/3	10YR-4/3	46.88	11.12	42.00	F	

TABLA III

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS  
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (PRIMERA CAPA)

LUGAR	Prof. en cms.	Humedad %	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Índex %	Textura
			En seco	En húmedo				
SAN ANDRÉS	0 - 50	30.26	10YR-5/3	2.5 Y-2/0	38.32	15.12	46.56	F -
COLOM	0 - 20	18.13	2.5YR-6/2	10YR-5/3	40.62	18.43	40.95	F
SINIBOY	0 - 40	15.32	10YR-5/3	5YR-2/2	40.88	7.39	51.73	F - L
HIDRAWILICA	0 - 35	16.67	10YR-4/4	7.5YR-3/2	15.62	23.38	61.00	F - L
VIGROY	0 - 25	20.21	10YR-5/4	10YR-5/4	30.68	13.12	56.00	F - L
SALVADOR	0 - 40	24.76	10YR-5/4	10YR-5/3	25.61	18.12	56.27	F - L
LAS COCHAS	0 - 40	13.72	2.5Y-5/2	10YR-3/3	16.16	25.12	58.27	F - L

TABLA IV

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS CUELOS  
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (SEGUNDA CAPA)

LUGAR	Prof. en cms.	Humedad %	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Limon %	Textura
			En seco	En húmedo				
SAN ANDRES	50 - 1 <sup>++</sup>	26.17	10YR-5/3	10YR-5/4	25.72	16.69	57.59	F - L
COLOM	20 - 45	11.92	10YR-6/3	10YR-4/4	33.23	25.68	41.08	F
ELBUNDY	40 - 70	10.24	10YR-4/2	10YR-3/2	16.00	37.68	46.32	F-AR-L
ELDRAUTICA	35 - 80	11.71	10YR-5/4	10YR-5/3	24.64	33.39	41.97	F - AR
YICH OY	25 - 60	9.70	10YR-5/3	10YR3/4	25.31	15.12	59.57	F - L
SALVADOR	40 - 70	26.62	10YR-5/8	10YR-4/4	35.33	22.69	42.98	F
LAS COCHAS	40 - 85	9.88	10YR-5/2	10YR-2/2	9.64	43.39	46.97	AR - L

<sup>++</sup> Profundidad a más de 90 cms.

TABLA V

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CORRESPONDIENTES A SUELOS

BAJO CONDICIONES DE PANTANO

(PRIMERA CAPA)

LUGAR	Prof. en cms.	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Lámos %	Textura
		En seco	En húmedo				
FABRICA DE HENTA	0 - 15	27.57	7.5YR-3/2	58.00	5.69	36.31	F-A
SECAYACO	0 - 15	7.28	10YR-6/3	23.98	12.12	63.90	F-L
BALSAYACO	0 - 10	11.01	2.5Y-5/2	26.98	37.12	35.90	F-AF
LA MISION	0 - X <sup>++</sup>	19.08	10YR-4/3	44.31	21.39	44.30	F
SINCHOY	0 - X	24.34	10YR-5/2	49.31	23.12	47.57	F
LAGUNA LAS COCHAS	0 - X	4.19	2.5YR-5/2	9.61	19.12	71.27	F-L
(SEGUNDA CAPA)							
FABRICA DE HENTA	15 - X	20.55	10YR-2/2	78.61	7.83	13.56	A-F
SECAYACO	15 - X	16.33	5Y-6/3	2.31	35.12	62.57	F-AF-L
BALSAYACO	10 - X	13.52	10YR-4/2	25.31	26.12	48.57	F

<sup>++</sup> Profundidad a más de 90 cms.

TABLA VI

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS  
BAJO CONDICIONES DE PRADERA (PRIMERA CAPA)

LUGAR	pH	O %	N %	M.O %	C/N	C.O.C.O. n.e.o./100 gr	Reses cambiables en ppm.						
							K	Ca	Mg	Na	Al	Po	
DIVISO	5,3	4,7	0,75	8,1	6,3	39,9	166,6	266,4	66,3	15,7	89,3	8,0	
CARDOLINA	5,4	3,1	0,68	5,3	4,5	40,2	153,4	507,7	100,6	9,9	86,3	11,9	
SANTIAGO	5,4	1,8	0,45	3,1	4,0	30,0	205,9	390,8	99,0	12,5	112,2	25,4	
GARDON	5,3	4,5	0,79	7,7	5,7	30,5	274,8	216,2	227,5	12,9	55,7	19,7	
SAN ANTONIO	5,6	3,8	0,75	6,5	5,1	36,8	293,4	229,6	77,5	10,8	43,6	15,3	
EL CARMEN	5,2	3,8	0,68	6,5	5,6	31,0	224,0	573,5	159,8	14,9	164,3	15,0	
SAN PEDRO	5,5	2,4	0,40	4,1	6,0	16,4	207,5	343,8	100,9	5,9	82,1	6,4	
SAN FRANCISCO	5,3	3,2	0,55	5,5	5,8	25,5	127,0	804,8	149,3	9,0	91,4	6,7	
MACHOY	5,5	1,7	0,32	2,9	5,3	23,5	78,6	411,9	93,6	17,3	112,0	16,2	
PUEBLO POTUMAYO	7,7	1,8	0,17	3,1	10,5	15,3	98,4	2,369,2	147,2	14,7	9,1	6,0	
BALSAYACO	5,5	1,1	0,28	1,9	3,9	14,8	49,6	606,4	127,1	10,4	59,2	38,2	

TABLA VII

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS

BAJO CONDICIONES DE PRADERA (SEGUNDA CAPA)

LUGAR	pH	C %	H %	N %	M.O. %	C/N	C.O.C. n.e.o./ 100 SF	Bases cambiables en ppm					
								K	Ca	Mg	Na	Al	Fe
DIVISO	5,6	4,5	0,47	7,7	9,5	19,4	43,8	70,2	25,6	6,4	30,5	12,6	
CARDINA	5,6	1,3	0,28	2,2	4,6	24,8	54,3	108,7	39,6	3,3	46,9	22,8	
SANTIAGO	5,7	1,2	0,19	2,1	6,3	20,8	105,5	367,9	118,4	10,8	121,6	44,1	
GARZON	5,7	3,0	0,37	5,2	8,1	33,9	150,2	135,0	40,2	10,4	37,5	27,2	
SAN ANTONIO	5,8	2,5	0,28	4,3	8,9	21,1	155,5	622,2	173,5	9,1	64,6	7,4	
EL CARMEN	5,4	1,4	0,18	2,4	7,8	19,4	10,9	262,7	51,1	6,8	120,9	25,8	
SAN PEDRO	5,6	1,7	0,17	2,9	10,0	13,4	121,1	189,6	60,2	4,2	82,4	16,4	
SAN FRANCISCO	7,2	0,8	0,13	1,4	6,1	13,5	40,9	1309,6	99,5	8,2	43,2	17,6	
MACHOY	5,6	0,6	0,14	1,0	4,3	15,4	60,5	336,6	121,5	12,6	81,3	24,6	
PUNTE PUTUMAYO	7,5	1,6	0,17	2,7	9,4	16,3	80,8	1961,6	23,0	15,1	17,8	16,6	
BALSAYACO	5,4	0,9	0,14	1,5	6,4	17,0	65,7	525,7	147,0	7,8	100,2	15,7	

TABLA VIII

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS CORRESPONDIENTES A LOS CUBIOS  
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (PRIMERA CAPA)

LUGAR	pH	O %	H %	M.O. %	O/N	C.C.C m.e./ 100 gr	Bases cambiables en ppm					
							Ca	Mg	Kr	Al		
SAN ANDRÉS	5,5	4,8	0,79	8,3	6,1	43,3	156,3	547,0	245,5	9,1	66,7	33,9
COLÓN	5,4	1,6	0,41	2,7	3,9	29,1	242,5	1110,4	119,2	7,6	20,2	10,3
SIBUNDY	5,1	8,3	1,25	14,3	6,6	53,7	58,5	622,7	98,1	19,0	119,2	11,2
HIDRANTICA	5,2	5,6	0,87	9,6	6,4	53,8	536,7	548,5	390,1	21,5	59,8	7,0
VICEDY	5,6	2,6	0,52	4,5	5,0	32,3	105,2	853,5	138,8	25,2	103,7	20,1
SALVADOR	5,2	2,8	0,35	4,8	8,0	26,6	271,3	523,9	151,7	14,9	86,3	6,7
LAS COCHAS	5,9	3,8	0,50	6,5	7,6	35,3	167,7	2433,6	193,6	17,0	19,4	5,8

TABLA IX

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS  
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (SEGUNDA CAPA)

LUGAR	pH	C %	N %	M.O. %	O/N m.o.o./ 100 gr	Bases cambiables en ppm.						
						K	Ca	Mg	Na	Al	Po	
SAN ANTON	5,7	4,0	0,47	6,9	8,5	51,7	94,6	176,6	69,0	7,6	21,5	27,2
COJON	5,6	1,8	0,14	3,1	12,8	26,7	240,6	805,8	268,1	1,2	67,4	11,1
SIBUNDY	5,5	2,9	0,44	5,0	6,6	30,0	99,2	374,8	120,6	15,7	152,6	13,5
HIDRAULICA	5,5	1,9	0,25	3,3	7,6	18,9	139,6	245,7	95,1	7,8	115,4	23,1
VICHY	5,4	2,4	0,34	4,1	7,0	31,1	131,6	733,0	153,4	23,6	94,6	20,7
SALVADOR	5,4	1,9	0,26	3,3	7,3	20,8	85,4	557,1	115,5	10,1	130,9	60,7
LAS COCHAS	5,6	4,3	0,60	7,4	7,1	35,0	153,8	1756,1	164,3	18,6	28,6	16,4

5,3 1,3 0,79 2,4 2,3 6,0 10,3 10,7 2,7 10,7 10,7 2,7 1,3 7,6,3

TABLA X

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUECOS  
BAJO CONDICIONES DE PANTANO  
(PRIMERA CAPA)

LUGAR	PH	C		N		M.O.		O/N	C.G.O. m.e./ 100 gr	Elementos intercambiables en ppm.				
		%	g	%	g	K	Ca			Mg	Na	Al	Po	
FABRICA DE MENTA	5,0	16,9	2,20	29,1	7,7	90,1	437,7	2143,2	341,3	34,4	68,3	29,8		
SECAYACO	5,3	3,7	0,55	6,4	6,7	35,8	246,7	986,9	253,5	36,4	32,7	6,1		
BALSAYACO	5,1	4,6	0,63	7,9	7,3	41,6	191,5	1221,1	211,9	18,8	76,8	28,3		
LA VISION	5,2	7,9	1,08	13,6	7,3	52,7	223,2	928,7	293,9	36,9	113,4	97,8		
TINCUYO	5,3	7,1	0,90	12,2	7,9	53,4	177,1	1306,6	291,8	16,7	112,8	6,7		
LAGUNAS LAS COCHAS	7,4	0,9	0,16	1,5	5,6	18,8	104,2	2505,5	169,5	15,6	17,8	6,8		

(SEGUNDA CAPA)

FABRICA DE MENTA	5,1	14,1	1,94	24,3	7,3	89,3	216,3	1928,8	285,8	30,1	104,0	30,7
SECAYACO	5,7	1,4	0,12	2,5	11,6	17,4	95,9	628,2	212,2	11,6	110,8	24,4
BALSAYACO	5,3	8,2	0,79	14,1	10,3	49,0	192,9	1055,7	2707,0	18,7	157,1	76,9

TABLA XI

CONTENIDOS MÁXIMO, PROMEDIO Y MÍNIMO DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
Reacción del suelo	7,7	5,6	5,2	7,5	5,9	5,4
Carbono orgánico %	4,7	2,9	1,1	4,5	1,7	0,6
Nitrógeno total %	0,79	0,53	0,17	0,47	0,23	0,13
Materia orgánica %	8,1	4,9	1,9	7,7	3,0	1,0
Relación C/N	10,5	5,7	3,9	10,0	6,4	4,3
Capacidad de cambio m.e./100 gr.	40,2	27,6	14,8	33,9	19,5	13,4
Potasio de cambio ppm.	293,4	170,7	49,6	155,5	87,0	40,9
Calcio de cambio ppm.	2369,2	425,5	229,6	1961,6	535,4	70,2
Magnesio de cambio ppm.	227,5	122,6	66,3	173,5	81,7	23,0
Sodio de cambio ppm.	17,3	12,1	5,9	15,1	8,6	3,3
Aluminio de cambio ppm.	164,3	82,3	9,1	121,6	67,9	17,8
Hierro de cambio ppm.	36,2	15,3	6,0	44,1	20,9	7,4

TARLA XII

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUJOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

CARACTERISTICAS QUIMICAS	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
Reacción del suelo	5,9	5,4	5,1	5,7	5,5	5,4
Carbono orgánico %	8,3	4,2	1,6	4,3	2,7	1,8
Nitrógeno total %	1,25	0,67	0,25	0,60	0,36	0,14
Materia orgánica %	14,3	7,2	2,7	7,4	4,7	3,1
Relación C/N	8,0	6,2	3,9	12,8	8,1	6,6
Capacidad de cambio n.e./100 gr.	53,7	39,0	26,6	51,7	30,6	18,9
Potasio de cambio n.e./100 gr.	536,7	234,0	105,2	240,6	134,9	85,4
Calcio de cambio p.p.m.	2433,6	248,4	523,9	1736,1	658,4	176,6
Magnesio de cambio p.p.m.	390,1	191,0	98,1	268,1	140,8	69,0
Sodio de cambio p.p.m.	25,2	16,3	7,6	23,6	11,8	1,2
Aluminio de cambio p.p.m.	118,2	65,0	20,2	152,6	87,2	21,5
Hierro de cambio p.p.m.	33,9	13,5	5,8	60,7	24,6	11,1

TABLA XIII

CONTENIDOS MÁXIMO, PROMEDIO Y MÍNIMO DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS  
CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PANTANO

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
Reacción del suelo	7,4	5,5	5,0	5,7	5,3	5,3
Carbono orgánico %	16,9	6,8	0,9	14,1	7,9	1,4
Nitrógeno total %	2,20	0,92	0,16	1,94	0,95	0,12
Materia orgánica %	29,1	11,8	1,5	24,3	13,6	2,4
Relación C/N	7,9	7,1	5,6	11,6	9,7	7,3
Capacidad de cambio ppm.	90,1	48,7	18,8	89,3	51,9	17,4
Potasio de cambio ppm.	433,7	229,4	104,2	216,3	158,3	95,9
Calcio de cambio ppm.	2550,5	1481,2	928,8	1928,8	1204,2	628,2
Magnesio de cambio ppm.	341,3	266,8	168,5	285,8	235,0	207,0
Sodio de cambio ppm.	36,9	26,4	15,6	30,1	20,1	11,6
Aluminio de cambio ppm.	113,4	75,6	17,8	157,1	123,9	104,0
Hierro de cambio ppm.	47,8	21,2	6,7	76,9	44,0	24,4

TABLA XIV

FOSFORO APROVECHABLE CORRESPONDIENTE  
A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE  
PRADERA

Resultados en ppm

LUGAR	PRIMERA CAPA	SEGUNDA CAPA
DIVISO	2,13	1,03
CAROLINA	38,72	1,72
SANTIAGO	6,10	1,44
GARZON	3,13	3,01
SAN ANTONIO	17,21	11,76
EL CARMEN	13,84	5,35
SAN PEDRO	41,60	3,97
SAN FRANCISCO	1,31	13,21
MACHOY	6,09	4,54
PUENTE PUTUMAYO	1,24	12,26
BALSAYACO	13,12	19,85
PROMEDIO	13,14	7,10

TABLA XV  
FOSFORO APROVECHABLE CORRESPONDIENTE  
A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE  
CULTIVO

Resultados en ppm

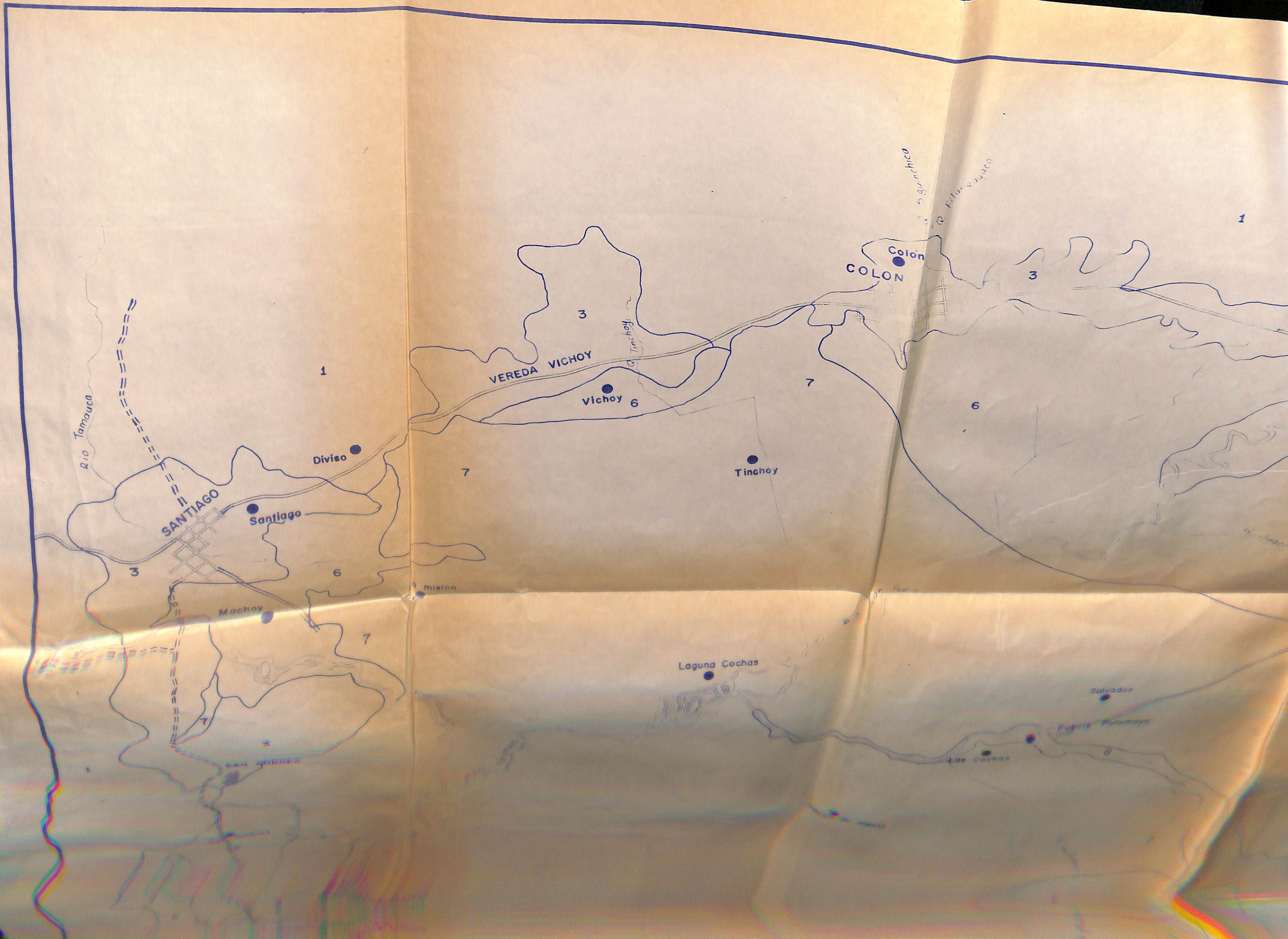
LUGAR	PRIMERA CAPA	SEGUNDA CAPA
SAN ANDRES	1,37	6,66
COLON	32,85	14,73
SIBUNDOY	4,05	0,58
HIDRAULICA	6,11	7,24
VICHOY	4,43	2,69
SALVADOR	7,00	10,80
LAS COCHAS	4,29	6,28
PROMEDIO	8,59	6,99

TABLA XVI

POSFORO APROVECHABLE CORRESPONDIENTE  
A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE  
PANTANO

Resultados en ppm

LUGAR	PRIMERA CAPA	SEGUNDA CAPA
FABRICA DE MENTA	3,81	2,54
SECAYACO	89,40	18,16
BALSAYACO	6,23	5,38
LA MISION	5,22	-
TINCHOY	5,68	-
LAGUNA LAS COCHAS	8,59	-
PROMEDIO	19,82	8,69



UNIVERSIDAD DE NARIÑO

T  
631.82  
V761

Inventario: 211 53 7 - 87

Autor: Manuel J. Villota M.

Título: Determinación de boro



T  
631.82  
V761  
Ej.2

211 53 7 - 87  
Universidad de Nariño  
Pasto (Nariño)

211 53 7 - 87