

DETERMINACION DE BORO, COBALTO, ZINC Y ALUMINIO
INTERCAMBIABLES EN SUELOS DEL VALLE DEL PATIA

DEPARTAMENTO DEL CAUCA

Por

JOSE MARIA ASTAIZA MOSQUERA

Tesis de grado presentada como requisito parcial para

optar el título de

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis

JOAQUIN GAMBOA JAIMES I.A.,M.Sc.

Copresidente

RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A.,Mc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

PASTO- COLOMBIA

1.972

"Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores".

Artículo 1o. del Acuerdo 324 del 11 de Octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

e

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES

JOAQUIN GAMBOA JAINES I.A., M. Sc.

A MIS HERMANOS

RICARDO GUERRERO GARCIA I.A., M.Sc.

A ANA ALICIA

FRANCISCO MARTIN DE LA ESPERANZA

A MIS AMIGOS

RITA PEDRO DE ESPERANZA

SERVIO TULIO ESPERANZA

Al personal de suiza de la facultad
de Ciencias Agrícolas de la Univer-

idad de Huelga
DEDICO

José María Astaiza Mosquera.

Para colaborar en el desarrollo
de la presente investigación.

CONTENIDO

	Pag
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Aspectos Generales de la zona estudiada. . .	3
AGRADECIMIENTO A :	5
2.3 Micronutrientes	6
2.3.1 Boro. JOAQUIN GAMBOA JAIMES I.A., M. Sc.	
2.3.2 Cobalto. RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A., M.Sc.	
2.3.3 Zinc. FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA	
2.3.4 Aluminio. RITHA DELGADO DE HURTADO	17
XIII. MATERIALES Y METODOS. SERVIO TULIO GONZALEZ T.A.	21
3.1 Materiales. Al personal de suelos de la Facultad	
3.2 Metodos. de Ciencias Agrícolas de la Univer -	
1.2.1 Determinación de Boro, Cobalto, Zinc y Aluminio intercambiables	
Todas las personas que en una u otra	
forma colaboraron en el desarrollo -	
de la presente investigación.	25
1.2.2 Determinación del Boro Inter -	
cambiable	
1.2.3 Determinación de la solución para la determinación de cobalto y zinc.	25
1.2.4 Determinación de cobalto intercambiable	25

3.2.5 Determinación del boro intercambiable	26
3.2.6 Determinación del aluminio intercambiable	26
	Pag
I. INTRODUCCION	1 27
II. REVISION DE LITERATURA	3 29
2.1 Aspectos Generales de la zona estudiada.	3 29
2.2 Suelos	5 31
2.3 Micronutrientes	6 32
2.3.1 Boro.	6 32
2.3.2 Cobalto.	10 33
2.3.3 Zinc.	13 34
2.3.4 Aluminio	17 35
III. MATERIALES Y METODOS	21 36
3.1 Materiales	21 36
3.2 Metodos	21 36
3.2.1 Determinación del boro, cobalto, zinc y aluminio intercambiables	21 36
3.2.2 Determinación del boro intercambiable.	25 37
3.2.3 Preparación de la solución para la determinación de cobalto y zinc.	25 37
3.2.4 Determinación de cobalto intercambiable	26 38

3.2.5	Determinación del zinc intercambiable	26
3.2.6	Determinación del aluminio intercambiable	27
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	29
4.1	Boro.	29
4.2	Cobalto.	31
4.3	Zinc.	32
4.4	Aluminio.	35
V.	CONCLUSIONES	41
VI.	RESUMEN.	42
	SUMMARY.	43
VII.	BIBLIOGRAFIA	44
	APENDICE	53

TABLAS		Pag
Sustancias intercambiables en los Subsuelos estudiados. (Resultados en		
Tabla I.	Algunas características físicas de los suelos estudiados. (Suelo y - Subsuelo).	23
ILUSTRACIONES		
Tabla II.	Algunas características químicas - de los suelos estudiados. (Suelo- y Subsuelo).	24
Figura 1.		
Tabla III .	Cantidades máxima, promedia y <u>mí</u> ni- ma de Boro, Cobalto, Zinc y Alumi- nio intercambiables en los Subsue- los estudiados (resultados en ppm.).	27
Tabla IV.	Cantidades máxima, promedia y <u>mí</u> ni- ma de Boro, Cobalto, Zinc, y Alumi- nio intercambiables en los Subsue- los estudiados (Resultados en ppm.)	38
Tabla V.	Cantidades promedias de algunos <u>mi</u> - cronutrientes intercambiables en- los suelos estudiados. (Resulta - dos en ppm.).	39
Tabla VI.	Cantidades promedias de algunos <u>mi</u>	

DISTRIBUCION DEL COBALTO, ZINC Y ALUMINIO

Intercambios de nutrientes en los	
Subsuelos estudiados. (Resultados en	
ppm.)	40

Por

ILUSTRACIONES

JOSE MARIA ASTALZA MOSQUERA

Figura 1.	Localización del muestreo de los sue-	
	los del Valle del Patía.	22

Los estudios realizados sobre el contenido de los
elementos menores intercambiables, en los suelos son muy
escasos. Se puede decir que en Colombia hay una escasa in-
vestigación sobre este importante estudio.

El presente trabajo es una contribución a nuestro conocimiento
de la distribución de los elementos menores intercambiables en los
suelos del Valle del Patía hasta el momento en que han
sido estudiados. En esta investigación se han estudiado los
suelos de la zona de estudio de la zona de estudio, se han
realizado estudios sobre el contenido de los elementos
menores intercambiables en los suelos de la zona de estudio
para llevar a cabo una investigación más profunda que se en vía

El presente trabajo es una contribución a nuestro conocimiento
de la distribución de los elementos menores intercambiables en los
suelos del Valle del Patía hasta el momento en que han
sido estudiados. En esta investigación se han estudiado los
suelos de la zona de estudio de la zona de estudio, se han
realizado estudios sobre el contenido de los elementos
menores intercambiables en los suelos de la zona de estudio
para llevar a cabo una investigación más profunda que se en vía

DETERMINACION DEL BORO, COBALTO, ZINC Y ALUMINIO
se traducirán en un mayor rendimiento en la producción y
INTERCAMBIABLES EN SUELOS DEL VALLE DEL PATIA
un mayor nivel de vida en la población. De ahí el inte-
DEPARTAMENTO DEL CAUCA (+)
rés de desarrollar investigaciones relacionadas con este
aspecto.

Por

En el presente trabajo, se determinó la necesi-
dad de determinar el contenido de los elementos
JOSE MARIA ASTAIZA MOSQUERA
intercambiables en suelos del Valle del Patia.
Los elementos estudiados son: boro, cobalto, zinc y aluminio.

I. INTRODUCCION
Las investigaciones sobre los elementos intercambiables
efectúan una acertada diagnosis de fertilidad.

Los estudios realizados sobre el contenido de los
elementos menores intercambiables, en los suelos son muy -
escasos. Se puede decir que en Colombia hay una escasa in -
vestigación sobre éste importante estudio.

Refiriendonos mas concretamente a nuestro temario
decimos que en el Valle del Patia hasta el momento no se han
realizado investigaciones de ésta naturaleza, de donde se-
cree conveniente que el aporte de éste trabajo, servirá de
base para llevar futuras aplicaciones técnicas que a su vez

(+) Tesis de grado presentada como requisito parcial para-
optar el título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presi-
dencia de Joaquín Gamboa Jaimes I.A., M.Sc. y Ricardo Gue-
rrero Riascos I.A., M.Sc.

II. DIVISION DE LITERATURA

se traducirán en un mayor rendimiento en la producción y un mejor nivel de vida en su población. De ahí el interés de desarrollar investigaciones relacionadas con este aspecto.

El Valle del Patía está situado en el Departamento del Cauca.

En el presente trabajo, se determinó la concentración de Boro, Cobalto, Zinc y Aluminio intercambiables fácilmente solubles, en agua, bases, ácidos diluidos, cuyas estimaciones permitirán elaborar planes tendientes a efectuar una acertada diagnosis de fertilidad.

Del mencionado Municipio, se estudió la parte comprendida entre las atribuciones de la Cordillera Central y de la Occidental conocida como "Valle del Patía" (12).

Sus coordenadas extremas son: $7^{\circ}03'$ a $7^{\circ}51'$ de latitud norte y $77^{\circ}03'$ a $77^{\circ}00'$ de longitud, al oeste de Buenavista. Esta región se encuentra localizada a 20 kilómetros de El Bordo y 120 de Pácora (13).

El Valle del Patía tiene una altitud promedio de 200 metros sobre el nivel del mar (14). Diferencia (15) afirma que es la segunda de las áreas más bajas que

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales de la zona estudiada

El Valle del Patía está situado en el Departamento del Cauca.

Zuñega, citado por Chaves y Rosero (12) afirma que el Municipio del Patía limita así: Por el Oriente con la Vega y la Sierra, por el occidente, con Balboa y Argelia, por el norte, con el Tambo; por el Suroeste con Bolivar y por el Sur con Mercaderes.

Del mencionado Municipio, se estudió la parte comprendida entre las estribaciones de la Cordillera Central y de la Occidental conocida como "Valle del Patía" (12).

Sus coordenadas extremas son: $2^{\circ}08'$ a $1^{\circ}51'$ de latitud norte y $77^{\circ}03'$ a $77^{\circ}00'$ de longitud, al oeste de Greenwich. Esta región se encuentra localizada a 20 kilómetros de El Bordo y 120 de Popayán (13).

El Valle del Patía tiene una altitud promedio de 500 metros sobre el nivel del mar (45). Barrera (3) afirma que es la segunda de las cinco regiones bajas que se

encuentran en el Departamento del Cauca, inferiores a los 1.000 metros de altura y con temperaturas superiores a los 24 C., correspondiente al piso térmico cálido.

De acuerdo a las investigaciones realizadas por Cháves y Rosero (12). Los datos obtenidos por González y Gómez (17) en trabajos efectuados en diferentes Centros Investigativos del Departamento del Cauca, la precipitación promedio anual en la parte norte del Valle del Patía es de 1.750 mm., hacia la parte sur la pluviosidad se estima en promedio de 1.295 mm., anuales.

Según Espinal y Montenegro (16), el Valle del Patía pertenece a las formaciones de bosques muy seco tropical (bms-T) y bosque seco tropical (bs-T).

La vegetación del Valle se caracteriza por presentar flora muy variada, desde mesófitas hasta xerófitas. El bosque ha sido totalmente destruido y tan solo quedan algunos árboles utilizados como sombríos y cercos vivos. Las praderas, que ocupan la mayor parte del Valle se encuentran invadidas por malezas, constituyéndose en un problema para la explotación pecuaria (17).

El clima de ésta región es considerado como malsano, debido a los fuertes cambios de temperatura que se..

observan. Durante el día el clima es ardiente y pasado, y muy frío durante la noche a causa de los vientos que bajan de los páramos (13) .

2.2 Suelos

Los suelos del Valle del Patía , presentan un relieve ondulado que oscilan entre 100 y 400 metros (13) .

Los estudios físicos realizados por Añasco y Córdoba (2) , indican que son suelos de textura franca , con baja retención de humedad debido al bajo porcentaje de porosidad , un contenido de materia orgánica de 3,56% y con un pH ligeramente ácido que osciló entre 5.10 y 6.70 .

Stuzer y Scheibe, citados por Cháves y Rosero (12) indican que los suelos del Valle del Patía tienen gran influencia volcánica , según éstos autores los volcanes Sotomayor, Doña Juana y Puracé ejercen influencia directa en la formación de dichos suelos .

Cuatrecasas (14) afirma que los terrenos de las bajas llanuras situadas entre las cordilleras y las montañas , son de origen sedimentario y en su mayoría lacustres.

González y Gómez (17), al hacer referencia a los

suelos de las Vegas, sostienen que son suelos formados por aluviones recientes del Río Patía y sus afluentes, los cuales en época de invierno arrastran grandes cantidades de sedimentos pertenecientes a las cordilleras Central y Occidental .

2.3 Micronutrientes

2.3.1 Boro

Millar (30) afirma que el boro está asociado con la síntesis de proteínas y carbohidratos , actuando en el transporte de éstos últimos ; así mismo actúa en la función fotosintética , y está asociado con la actividad de los tejidos vasculares , principalmente con el Floema .

Winfield (49) dice que el Boro entra en la planta en forma de H_3BO_3 combinándose con los compuestos polihidróxidos de las células , siendo uno de los más probables complejos de piridoxina .

Además , el boro es importante para la germinación del polen y en la formación de frutos, flores y reices (24) . El boro tiene también influencia en la Absorción de otros cationes por la planta , especialmente de...

calcio (Russell, 37)

Estudios biológicos han demostrado según Welquer (48) , que la deficiencia de boro en las plantas retarda el crecimiento , pero sin producir síntomas visuales . Agrega que los tejidos que forman los vasos de conducción son los primeros afectados, lo cual incide en el déficit de absorción de alimentos nutritivos del suelo , impidiendo a la vez una buena distribución dentro de la planta .

De acuerdo a Bear (5), el contenido total del boro de los suelos se aproxima a un promedio de 30 ppm. Además, Berger y Troug (6) señalan que un 5% de ese total , se halla en forma aprovechable para las plantas. El mismo autor afirma que el boro presenta problemas en las regiones húmedas , en las cuales el boro soluble se le oscila entre 0,1 y 2,5 ppm.

Las aportaciones de boro al suelo proceden sobre todo del estiércol y de las aguas de lluvia (20 gr. al año) (19) .

El contenido de boro es menor en las rocas igneas básicas que en las rocas ácidas , mientras que en...

las rocas sedimentarias su contenido está en un punto medio de los dos anteriores (22).

Boro soluble en agua

La cantidad de boro soluble en agua, en los suelos cultivados, parece estar mas influenciada por el pH que por otro factor cualquiera, sin embargo el contenido de materia orgánica, el contenido de coloides minerales, la edad del suelo y el sistema de irrigación que ha sido empleado en el suelo, merece tenerse en cuenta (23).

En la Sabana de Agueros, Departamento de

Vinogradov (47) opina que el boro es mas abundante en el horizonte superficial y que los suelos de regiones de reciente volcanismo, como por ejemplo, la Cordillera Andina, tienden a ser ricos en boro. El mismo autor sostiene, que en las regiones húmedas tropicales, el contenido es bajo, debido a que es lixiviado por las aguas lluvias.

Según Blasco (8), las deficiencias de boro se presentan mayormente en los suelos con pH altos. El mismo autor dice, que cuando se hace preciso fertilizar un suelo con boro, el producto comercial más usado es el tetraborato de sodio o borax hidratado.

Reisenauer, citado por Chamorro y Echeverría(10)

establece los siguientes niveles críticos de boro aprovechable en el suelo, mediante su extracción con agua caliente:

Para muchos investigadores (1, 6, 16, 21)

Boro soluble en agua

ppm.

0, 1 - 0, 7 Deficiente

0, 7 - 1, 0 Adecuado

1, 0 - 5, 0 Tóxico

En la Sabana de Túquerres, Departamento de Nariño el boro intercambiable es de un nivel adecuado para el aprovechamiento por la planta (10) .

Villota (46) encontró que los contenidos promedios de boro total en el Valle de Sibundoy oscilan entre 63,52, y 24,28 ppm. El mismo autor , demuestra que los suelos de pantanos tienen aproximadamente entre 40 y 50% de boro total menos que los suelos no pantanosos .

Bravo (9), en sus estudios biológicos de boro en el Valle del Cauca , comprendidos entre Palmira y el Río Fraile , al sur, encontró que estos suelos , en general , son bastante pobres en boro en la capa comprendida entre los 30 y 60 centímetros de profundidad .

2.3.2 Cobalto

Para muchos investigadores (1,8,18,21) el cobalto como componente de la vitamina B12 es vital para la formación de la hemoglobina ,de aquí su necesidad en la alimentación del hombre y los animales .En éstos últimos el requerimiento normal oscila entre 0.08 y 1.0 ppm., niveles necesarios para aumentar la producción lechera .

Salisbury (38) indica que el cobalto es necesario para la división celular .

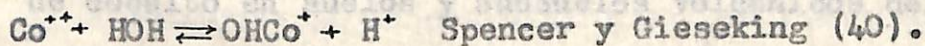
M.Raggio y N.Raggio (34) señalan que el cobalto es necesario para la fijación del N₂ en las leguminosas , por medio del género Rhizobium.

Stiles (41) opina que el contenido de cobalto en los suelos puede escilar, en la mayoría de los casos , entre 1 a 300 ppm.,

Blasco (8) dice que el cobalto abunda mas en los horizontes en los cuales ocurre acumulación de hierro , no presentándose deficiencias en aquellos suelos cuyo material parental sea compuesto de rocas básicas o ultrabásicas .

La presencia de cobalto viene relacionada con el material parental. La olivina, hornblenda y augita son buenas fuentes de éste elemento, encontrándose menos en otros minerales excepto en donde haya asociación con el hierro (ilmenita y magnetita principalmente). (18,19).

El cobalto en su mayor parte está retenido por el retículo cristalino de los minerales y no es rápidamente disponible para las plantas. El cobalto puede ser absorbido por el suelo como ión cobaltoso Co^+ y con divalente Co^{++} , ión cobalto. La relación entre uno y otro viene esquematizado así:



En relación con los factores que afectan el cobalto, Young (50) indica que el elemento es soluble a pH bajos, disminuyendo su solubilidad a medida que el pH aumenta. Al respecto, Hill et al (21) señala que las malas condiciones de drenaje aumenta la solubilidad del cobalto.

En general el cobalto intercambiable disminuye en los suelos al aumentar el pH, especialmente a partir de 5,3 (18).

Sin embargo, en la recopilación de investigaciones realizadas por Hodgson(22), aparecen datos muy contradictorios al respecto y a veces la absorción por las plantas es independiente de la reacción del suelo. El mismo autor afirma, con relación a los fenómenos de oxidación-reducción, que el cobalto intercambiable aumenta en suelos pobremente drenados.

El aumento en el contenido de humus disminuye la asequibilidad del cobalto (43).

Barros (4) encontró aproximadamente 4,5 ppm. de cobalto en suelos y subsuelos volcánicos del Altiplano de Pasto. El mismo autor afirma que la presencia de materia orgánica, la relación C/N y la reacción del suelo no tienen en este estudio ninguna influencia en el contenido de cobalto.

Junca (28) encontró un promedio aproximadamente 9 ppm. de cobalto en algunos suelos de clima medio del Departamento de Nariño.

Villota (46) afirma que los suelos pantanosos presentan comparativamente el más alto contenido de cobalto el cual se encuentra en forma de quelato. Según éste autor el cobalto se encuentra en mayor cantidad en

los suelos del Valle de Sibundoy, que en los suelos volcánicos de Nariño.

Chamorro y Echeverría (10) para los suelos de la Sabana de Túquerres encontraron un promedio general de 0,871 ppm. para los suelos; en el caso de los sub-suelos fué de 0,852 ppm. Anotan también que ninguna de las correlaciones estudiadas entre el cobalto y otras variables, resultó significativa; sin embargo insinúan una relación inversa con el pH y directa con la materia orgánica.

2.3.3 Zinc

Stiles (41) señala que el zinc influye en el funcionamiento de la cisteína y en las reacciones de oxidación-reducción de las plantas; también el zinc entra en la composición de la molécula de la enzima anhidraza carbónica.

Muller, citado por Igue y Bornemiza(23) explica el papel que desempeña el zinc como activador de, por lo menos nueve sistemas enzimáticos en las plantas.

Es de anotar que el zinc es mas necesario para las plantas que crecen en regiones de intensa luminosidad por lo tanto en éstas zonas hay mayor posibilidad de que se presenten deficiencias (8).

Para Gross (19) el zinc actúa como catalizador

y regulador del metabolismo , particularmente en lo que respecta a los procesos de oxidación-reducción .

Swaine, citado por De Satana (15) afirma que la abundancia de zinc en la corteza terrestre es de 80 ppm.

De acuerdo a Mitchel (31), el contenido de zinc en los suelos es de 40 ppm. aproximadamente , con un rango para la mayor parte de los suelos agrícolas entre 100 y 200 ppm.

Según Hodgson (22) en rocas básicas el contenido promedio de zinc es de 130 ppm., en rocas ácidas 60 ppm. y en rocas sedimentarias 80 ppm.

Las cantidades de zinc son mayores en los horizontes en donde abunda la materia orgánica, la asimilación del zinc decrece a medida que aumenta el pH, especialmente , cuando domina el calcio en el suelo, con el que forma zincatos de calcio insolubles , y su asequibilidad aumenta a pH superiores a 7,5 puesto que con el sodio forman zincatos solubles ; los encalamientos por tanto, perjudican la solubilidad del zinc (8)

Powers y Pang (33) observaron que en suelos con reacción alcalina, el contenido de zinc era generalmen-

te menor que en suelos de reacción ácida o neutra .

De acuerdo a Sauchelli, citado por De Santana (15), el zinc se encuentra en el suelo formando complejos orgánicos o combinado con varios minerales del suelo, en posiciones de intercambio con los coloides del suelo y en e2 equilibrio dinámico con la fracción existente en la solución del suelo .

Nelson y Melsted (32) indican que las arcillas-minerales retienen el zinc con diferentes intensidades ; arcillas del tipo 2:1 retienen más zinc que aquellas de tipo 1:1; estos investigadores afirman que la causa del empobrecimiento del zinc en suelos de los trópicos húmedos sea debido a la predominación de arcillas de tipo 1:1

Según Jones et al, citados por De Santana (15) el zinc es un elemento mineral que se mueve muy poco en el perfil del suelo . Señala que el movimiento del zinc varía con la textura del suelo disminuyendo de suelos arenosos a suelos francos .

Torne y colaboradores y Sauchelli citados por De Santana (15) indican un mayor contenido de zinc en suelos originados de rocas calcáreas que en los originados de gneis ó cuarcita, mientras que en los suelos de origen aluvial, hay más zinc que en los suelos originados de pizarras.

Hibbard (20) en suelos de California , encontró que la mayor concentración de zinc ocurría en la capa arable del suelo siendo ésta concentración mayor en suelos ricos en materia orgánica , debido a la retención de gran parte de éste elemento .

Contrariamente , Tucker y Kurtz, citados por De Santana (15), al extraer zinc de diferentes suelos a través de una oxidación previa de la materia orgánica , obtuvieron concentraciones pequeñas de zinc y concluyeron que gran parte de éste elemento se encuentra asociada a la materia orgánica.

De Santana (15) encontró en suelos de la región cacaotera de Bahía , Brasil, promedios de zinc total para los horizontes A - B - C , así: 40,4 - 34,4 y 33,8 ppm., Para el zinc disponible , el mismo autor encontró que los suelos tienen un promedio general de 3,9 - 2,2, y 0,1 ppm., respectivamente .

Rubinstein , citado por Chamorro y Echeverría (10), encontró que en suelos andosoles de Costa Rica el contenido de zinc disponible extraído con HCl 0,1N fué :

Profundidad en cms. ppm .	
0 - 30	7,2
30 - 60	4,9
60 - 90	3,8

Según Ravikovitch et al (35), las cantidades de zinc disponibles extraídas con EDTA a diversas profundidades en suelos arenosos de Israel fueron:

Profundidad en cms.	ppm.
0 - 30	4,3
30 - 60	3,3
60 - 90	3,3

Chamorro y Echeverría (10) en suelos y Sub-suelos de la sabana de Túquerres, encuentran las siguientes cantidades de zinc intercambiable en ppm.,

	Suelo	Sub-suelo
Mínimo	Trazas	Trazas
Promedio	0,96	2,09
Máximo	5,00	9,16

2.3.4 Aluminio

Los resultados obtenidos demuestran que el aluminio es poco móvil y tiene mucha afinidad por la pectina, por lo cual se acumula en las paredes celulares, y debido a su escasa movilidad, las raíces retienen entre el 80 y 90% del aluminio existente en las plantas (25)

Para Jones (27) el aluminio tiende a formar

en los tejidos vegetales compuestos insolubles con el fósforo efecto que es dominado por la acción de los ácidos orgánicos mediante la formación de complejos de aluminio .

Jackson (25) dice que no en todos los casos - las adiciones de cal y fósforo a los suelos ácidos disminuye la toxicidad del aluminio al inmovilizarlo, impidiendo su absorción excesiva por las plantas .

En los últimos años el estudio del aluminio - de cambio ha tenido gran incremento , debido a la definitiva influencia que ejerce en la fertilidad y en algunas propiedades fisico-químicas de los suelos (44) .

Según Bear citado por Vargas (44), después del oxígeno y del silicio , el aluminio es el elemento mas abundante en la corteza terrestre , en las rocas, ígneas y en el suelo. Confirma que las fuentes de aluminio en el suelo son los aluminosilicatos de origen primario y secundario . Entre los minerales primarios que contienen dicho elemento se encuentran feldespatos , piroxenos , anfíboles, y micas; entre los minerales secundarios se encuentran arcillas y óxidos de aluminio hidratado .

Vargas (44) afirma que la saturación del calcio en un suelo de bases en general, es decisiva en el contenido de aluminio de cambio del mismo ; a medida que se asciende..

en porcentajes de saturación de calcio, el contenido de aluminio de cambio desciende, hasta desaparecer a una saturación del 60%, en la mayoría de los casos. También dice, según datos obtenidos que la casi totalidad de la sorción de fósforo se debe al aluminio de cambio.

Según Russell (37) el suelo contiene compuestos inorgánicos amorfos constituidos por hierro, aluminio y silicio, que se depositan sobre la superficie de la arena de capa opaca y los cuales en solución ácida, toman carga positiva por disociación de hidróxilos; las cargas negativas existentes en la superficie de la arcilla con éstos compuestos, disminuyen al tiempo que lo hace el pH.

Yuan, citado por Chamorro y Echeverría (10) dice que la acidéz de los suelos está relacionada con la actividad del aluminio de cambio a través de las reacciones de intercambio o hidrólisis.

Blanchet y otros investigadores (7) afirman que el aluminio de cambio es un factor importante, ya que regula la fijación de fosfatos.

Según Chamorro y Echeverría (10), el contenido de aluminio intercambiable en suelos de la Sabana de Túquerres son cantidades relativamente bajas, pues solo cuatro

de los diez suelos estudiados superan la concentración de 1 m.e./100 gr. de suelo. Los mismos autores afirman que el contenido de aluminio de cambio, en los suelos tuvo un promedio de 84 ppm., con un máximo de 157,5 ppm., y un mínimo de 29,25 ppm.; en los Sub-suelos, el promedio fué de 57,36 ppm., con un máximo de 139,5 ppm., y un mínimo de 33,48 ppm.

Para Jiménez y Ocampo (26) el contenido de aluminio intercambiable de los suelos Nariñenses no es alto, en muchos casos no llega a 1 m.e./100 gr. de suelo. Concluyen además que la concentración de aluminio intercambiable es más alta en los subsuelos que en los suelos, según los mismos autores, en Nariño los contenidos promedios de éste elemento en los suelos cultivados están comprendidos 11,70 ppm., al ser extraído con KCl, y 54,63 ppm., con NH_4OAc . Bajo condiciones de pradera presentan los siguientes datos: 166,86 ppm., cuando se emplea KCl y 52,75 con NH_4OAc ; en suelos de bosque encontraron los siguientes promedios, 21,09 ppm., con KCl y 52,41 ppm., cuando se utiliza NH_4OAc .

1.2.2. METODOS

1.2.2.1. Determinación de la forma intercambiable y la

forma intercambiable.

Los métodos empleados para la determinación de

la forma intercambiable y aluminio intercambiable son los pro-

cedimientos de Bower y Jackson, con las modificaciones realizadas

III MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES

Para la elaboración del presente trabajo se estudiaron cuatro zonas del Valle del Patía ;

1. Suelos de "Vega" o de terraza baja.
2. Suelos de "Cultivo" o de terraza intermedia
3. Suelos "Cementados " o de terraza intermedia
4. Suelos de "Loma" o de terraza alta .

En cada una de ellas se tuvieron en cuenta cuatro perfiles, en los cuales se realizó el estudio de Boro, cobalto, zinc, y aluminio intercambiables .

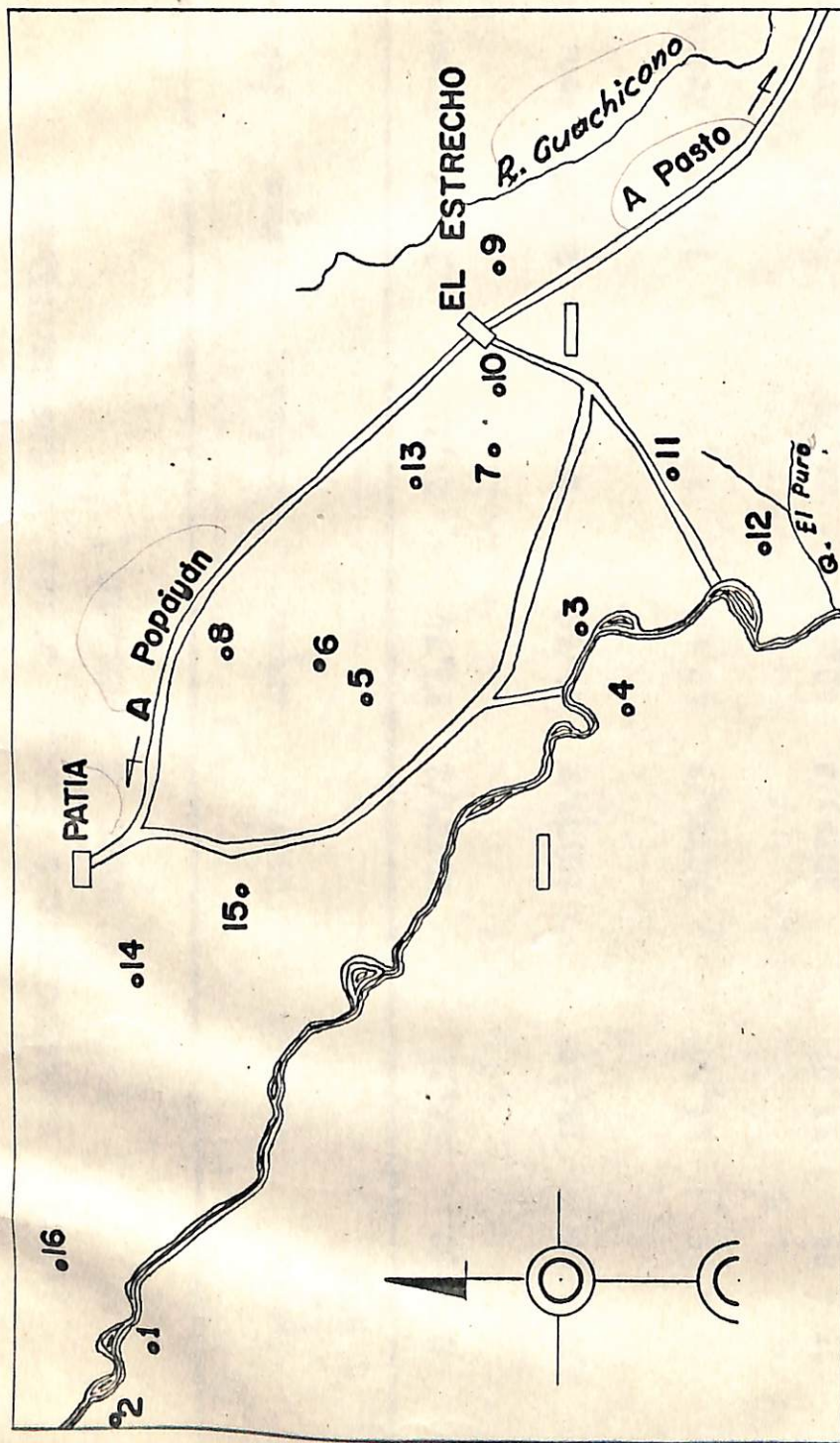
La localización y características generales de éstos suelos, aparecen en la figura # 1 y tablas I y II (2,12)

3.2 METODOS

3.2.1 Determinación de boro, cobalto, zinc, y aluminio intercambiables

Los métodos seguidos para la determinación de boro , cobalto, zinc y aluminio intercambiables son los propuestos por Chang y Jackson con las modificaciones realiza -

Fig.1 Mapa del levantamiento de los suelos del Valle del Patía



ESCALA 1:250.000	CONVENCIONES	LUGARES DE TOMA DE MUESTRAS
FUENTE: ARCHIVO DE LA HIDROELECTRICA DE SAJANDI	 CARRETERA  RIO	1.2.3.4 SUELOS DE VEGA
		5.6.7.8 SUELOS DE CULTIVO
	 CAMPO DE ATERRIZAJE	9.10.11.12 SUELOS CEMENTADOS
		13.14.15.16 SUELOS DE LOMA

TABLA I.
ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS
(SUELO Y SUBSUELO)

ZONA	Prof. en cm.	Humedad %	Color	Arena %	Arcillas %	Limos %	Textura
VEGA	0 - 50	11,34	10YR3/2	37,34	23,14	39,52	Franco
	50 - 100	11,49	10YR3/2	61,58	14,34	24,08	Fco. Arenoso
CULTIVO	0 - 35	11,60	10YR4/3	40,48	23,20	36,32	Franco
	35 - 85	12,07	10YR3/2	40,68	26,70	35,12	Franco
	0 - 15	14,20	10YR3/1	50,68	19,38	29,94	Franco
CEMENTADO	15 - 85	17,15	10YR2/2	44,18	36,38	19,44	Franco Arcilloso
	0 - 35	12,15	10YR3/2	51,74	17,92	30,34	Franco
LOMA	35 - 75	13,01	10YR3/1	64,19	13,22	20,84	Fco. Arenoso

TABLA II

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

(SUELO Y SUBSUELO)

ZONA	pH	C %	N %	P ppm.	M.O %	C/N	C.C.C. m. e.	BASES Cambiables en m.s./100 gr.			
								K	Ca	Mg	Na
VEGA	5.99	3.41	0.22	6.09	5.83	15.31	29.10	0.60	10.58	5.05	0.16
	6.23	1.15	0.11	6.29	1.99	10.28	23.78	0.16	9.14	5.12	0.13
CULTIVO	5.93	2.24	0.16	8.47	3.96	15.14	29.70	0.47	11.66	4.42	0.11
	6.22	1.01	0.09	3.73	1.75	11.26	28.59	0.22	10.64	5.76	0.10
CEMENTADO	5.31	2.08	0.13	3.55	3.60	16.30	11.78	0.33	3.52	1.24	0.10
	6.08	1.08	0.07	4.03	1.86	14.53	18.48	0.18	6.03	3.63	0.68
LONA	5.91	4.07	0.27	2.90	7.03	15.46	57.25	0.62	10.23	5.70	0.13
	5.75	1.06	0.08	5.66	1.84	12.83	37.75	0.48	12.60	8.57	0.12

das por Yang (+)

3.2.2 Determinación de boro intercambiable

Se toman 50 gr. de suelo y se adicionan 100 ml. de agua destilada y se calienta a ebullición por unos cinco minutos, se deja enfriar y se agrega 40 mg de cloruro de calcio (CaCl_2) para filtrar enseguida hasta que éste quede completamente limpio.

Se toma 10 ml. del filtrado en un crisol de porcelana y se agregan 2 ml. de solución saturada de hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Se evapora a sequedad y luego se calcina a 600°C . Se deja enfriar y se agregan 5 ml. de ácido sulfúrico concentrado.

En un Balón aforado de 25 ml. se toman 5ml. de la alícuota y se agregan dos gotas de ácido clorhídrico concentrado, 10 ml. de carmín y se lleva a volumen con ácido sulfúrico. Se deja fijar el color, por espacio de 24 horas y se mide con 610 mμ en el espectrofotómetro. El blanco y patrones llevan el mismo procedimiento.

3.2.3 Preparación de la solución para la determinación de cobalto y zinc

(+) Información personal .Palmira

Se pesan 75 gr. A continuación se adiciona 150 ml. de la solución extractora : acetato de amonio a pH 4,8 ; se agita durante 30 minutos , se filtra y se lava ; finalmente se lleva a volumen de 250 ml. con agua destilada (solución A).

3.2.4 Determinación de cobalto intercambiable

En un Beaquero de 100 ml. se toman 10 ml. de la solución A y se agregan 10 ml. de agua destilada más 1 ml de ácido nítrico 0,3N, y se lleva a ebullición . Luego , se añaden 2 ml. de citrato de sodio , mas 6 ml. de acetato de amonio y 0,2 ml. de nitroso-naftol .después de unos quince minutos se llevan las soluciones a un vaso de decantación y se extrae el complejo con nitroso-naftol con 5ml .de tolueno , dejando correr la capa acuosa .

Luego se lava con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 2N se recoge en balones para leer en el espectrofotómetro con una longitud de onda de 420 mu. Se lleva un blanco y patrones con el mismo procedimiento .

3.2.5 Determinación del Zinc intercambiable

En un embudo de separación se colocan 5ml de la solución A, y se le agrega 10 ml. de agua destilada . Se añaden 2 ml. de citrato de sodio , 5 ml. de acetato de sodio , 3 ml. de carbonato de sodio, 2ml de tiosulfato de so..

... 5 minutos, se sube y se lleva a 50 ml. ...
 dio y 3 gotas de azul de timol. Se debe controlar el pH de
 cada solución entre 8,5 y 8,8 con hidróxido de amonio y áci-
 do clorhídrico. Finalmente se adiciona 10 ml. de dithizo-
 na y se agita durante 10 minutos, luego se lava con sulfito
 de sodio hasta que la solución quede incolora. Se lee en -
 el espectrofotómetro con una longitud de onda de 540 nm. se
 lleva un blanco y patrones .

3.2.6 Determinación del aluminio intercambiable

Se pesan 30 gr. de suelo, se añaden 250 ml
 de acetato de amonio pH 4,6 se agita por 30 minutos . Se -
 filtra con succión y se lava con 50 ml. de acetato de amo-
 nio. Si el filtrado tiene color por la presencia de materia
 orgánica, se evapora a sequedad, se enfría y se añade 10 ml.
 de peróxido de hidrógeno al 30% y se vuelve a evaporar a se-
 quedad. Se recupera con 10 ml. de HCl/10 y se lleva a 100
 ml. (solución A).

Se toma una alícuota de la solución a 10 -
 ml. se coloca en un vaso de 50 ml., se añaden 4 ml. de clorhi-
 drato de hidroxilamina y 10 ml. de la solución amortiguado-
 ra con aluminón. Se ajusta en volumen a 35 ml. y su pH a -
 $3,5 \pm 0,1$ (usando HCl 2N ó NH_4OH 2N y peachímetro con elec-
 trodo de vidrio y calomelano). Se desarrolla el color hirs-

viendo por 5 minutos, se enfría y se lleva a 50 ml. en matras aforado. Se lee el color con 530 mμ en el espectrofotómetro. Se somete al mismo procedimiento alícuotas de 1, 2, 3, 4, 5, 6, ml. de la solución patrón de aluminio..

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la presente investigación para los microelementos en estudio se presentan en las tablas III, IV, V y VI.

4.1 Boro

El boro presentó en el primer horizonte un máximo de 2,18 y un mínimo de 0,205 ppm., con un promedio de 1,33 ppm., el contenido en el subsuelo fué de 2,607 como máximo, un mínimo considerado como trazas y en promedio de 0,214 ppm.

Las cuatro zonas presentaron las siguientes secuencia : Vega Cultivo Cementado Loma. En el subsuelo fué: Loma Cultivo Cementado Vega.

La explicación puede estar dada por la movilidad que tiene este elemento. Es posible que el agua de drenaje haya transportado el boro intercambiable del suelo al subsuelo, de allí está diferenciada.

Llama la atención las concentraciones detectadas cuyo promedio 1,33 ppm. se considera alto, ya que

Reisenauer (36) presenta una escala del boro soluble en agua, en el cual concentraciones entre 1,0 y 5,0 ppm. son consideradas como tóxicas.

Las determinaciones efectuadas por Chamorro y Echeverría (10), de boro en la Sabana de Túquerres fueron menores, su promedio 0,780 ppm., equivale a un 58% menor que el detectado en el presente trabajo. Sin embargo, la concentración promedio del subsuelo en el Valle del Patía fué menor que en el Altiplano de Túquerres (0,214 vs. 0,810 ppm. respectivamente). Se hace notar más la influencia que tiene la precipitación pluvial. Este fenómeno se debe a que la precipitación pluvial es menor en el Valle del Patía (16), por lo tanto la lixiviación de este elemento se reduce.

Esto, posiblemente, explique también las altas concentraciones detectadas para todo el Valle, al no sufrir lixiviación y al existir una amplia zona sin cultivar y por supuesto, sin exigencias nutricionales, el elemento ha permanecido en el primer horizonte. Por otro lado las rocas sedimentarias que se consideran como predominantes en ésta región, bien pudieron ser una buena fuente de

boro, ya que son consideradas como contenido mas o menos altos de éste elemento (22).

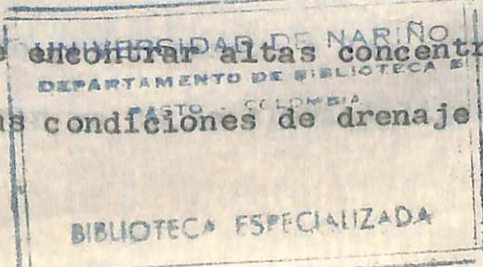
Además, éste alto contenido está de acuerdo con el concepto de Vinogradov (47), quien afirma que en las cordilleras Andinas pueden detectarse altas concentraciones debido a su volcanismo. Siendo éstos suelos formados por materiales transportados desde esas regiones, es lógico esperar que su influencia se haya dejado ver en éstas concentraciones

En resumen, los resultados indican que no existe deficiencia de este elemento en las cuatro zonas estudiadas.

4.2 Cobalto

La concentración promedio de cobalto intercambiable 0,412 ppm. detectada en estos suelos es menor en casi un 50% a la que encontraron Chamorro y Echeverría en los suelos de la Sabana de Túquerres (10). Esto se debe probablemente al pH. mas alto y buen drenaje en comparación con dichos suelos.

Algunos investigadores (21) confirman lo anterior, pues indican que se puede encontrar altas concentraciones de cobalto solubles en malas condiciones de drenaje y pH bajos.



De acuerdo a las zonas estudiadas, en el suelo se presentó la siguiente secuencia de mayor a menor: Cementado > Cultivo > Vega > Loma. Y para el subsuelo: Cultivo Vega Loma Cementado.

Si se analizan los suelos estudiados se observa que el pH se considera como ligeramente neutro con un máximo de 5,99 y un mínimo de 5,31, es decir la reacción del suelo no está favoreciendo la solubilidad del cobalto.

Ahora bien, la zona que tiene el drenaje más imperfecto (cementado), fue la que mayor concentración presentó 0,579 ppm., lo que confirma la aseveración dada por Hill y colaboradores (21).

Es posible que se pueda presentar una deficiencia de este elemento, especialmente si se tiene en cuenta que estas zonas pueden ser aptas para ganadería y los requerimientos de los vacunos está alrededor de 1,0 ppm.

Es probable también, que dadas las concentraciones detectadas se esté presentando algún tipo de retención debido posiblemente a las arcillas de tipo 2:1. El hecho de ser un suelo aluvial ligeramente plano, ofre

ce la posibilidad de que tenga una buena proporción de montmorillonita, que como lo afirma González y García (27) pueden fácilmente fijar el cobalto .

4.3 Zinc

Las concentraciones promedias de zinc intercambiable para suelos y subsuelos estudiados fueron de 1,058 y 0,214 ppm. respectivamente. En comparación con los datos obtenidos por Chamorro y Echeverría (10), en la Sabana de Túquerres (0,966 y 2,090 ppm.), las cantidades son mayores en el suelo pero menores en el subsuelo .

Resultados similares se encontraron en los suelos de Costa Rica, en los cuales el subsuelo presentó concentraciones bajas, debido a que el zinc es un elemento no móvil, descartándose el proceso de lixiviación (15).

Las zonas estudiadas presentaron la siguiente secuencia: Vega > Loma > Cementado > Cultivo.

De acuerdo al concepto de Chapman (22), el zinc en concentraciones menores de 0,05 ppm. pueden ser limitantes. Según la tabla IV las concentraciones en el

suelo son mayores que dicho nivel, por lo tanto en el Valle del Patía no se presenta deficiencia de éste elemento.

Lo anterior permite concluir que es probable que no se presente deficiencia de este elemento en los suelos del Valle del Patía.

Se debe tener en cuenta también, la metodología analítica usada para la extracción de la forma intercambiable, ya que De Santana (15) encontró marcadas diferencias en suelos de Costa Rica, usando cuatro extractantes. En este caso las concentraciones se obtuvieron a partir del acetato de amonio, de pH 4,8 en que De Santana (15) encontró las concentraciones más bajas. Con esto se quiere decir que si se usaron extractantes como HCl 0,1N; $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ al 1% que fueron los que más zinc extrajeron, obviamente la concentración podría aumentar, alejándose del límite crítico antes anotado.

Por otra parte Hodgson (22) informa que en las rocas sedimentarias el contenido promedio de zinc puede ser de 80 ppm. Siendo el Valle del Patía de origen aluvial, con predominancia de este tipo de rocas era de esperar éste resultado. Esta aseveración puede ser confirmada por el concepto de Sauchelli (39) y Thorne y colabo-

Las concentraciones del Valle del Patía radores (43), quienes indican que en suelos de origen a lluvial hay más zinc que en los suelos originados de pizarras.

4.4. Aluminio

El aluminio de cambio se presentó en el suelo con un promedio de 13,84 ppm., siendo su máximo de 28,78ppm. y su mínimo 6,23 ppm. El contenido del subsuelo fué de 14,52 ppm. de promedio y un máximo de 20,19 ppm. y mínimo de 6,73 ppm.

Las cuatro zonas presentaron la siguiente secuencia: Loma > Vega > Cementado > Cultivo, en el suelo y Vega > Loma > Cementado > Cultivo, en el subsuelo.

Se observa una secuencia consistente en las dos capas, solamente con un ligero cambio de Vega y Loma en el subsuelo.

De acuerdo a los trabajos efectuados sobre ésta forma de aluminio, la concentración detectada, es bastante baja. En el Altiplano de Túquerres se encontraron en el suelo 84 ppm. en promedio y en el subsuelo 57,36 ppm.

Las concentraciones del Valle del Patía se presentan en un 84% menores en el suelo y en un 75% menores también para el subsuelo, comparados con los datos obtenidos en el Altiplano de Túquerres (20).

También estos valores están distantes a los obtenidos por Jiménez y Ocampo (47), en suelos del Departamento de Nariño (54,63 ppm. en cultivo. 52,75-ppm. en pradera y 52,41 en bosque).

En lo que respecta a la influencia que tiene ésta fracción sobre el pH, éste se presentó ligeramente ácido, lo que implica que evidentemente la falta de aluminio intercambiable puede estar incidiendo en esa reacción cercana a la neutralidad.

Por tal motivo y como el aluminio intercambiable sólo representa aproximadamente el 5% de la capacidad de intercambio catiónico, la práctica de encahlamiento, por el momento para éstos suelos no puede dar un resultado satisfactorio en cuanto al pH se refiere, como opinan otros investigadores (10, 25, 44).

TABLA III.

CANTIDAD MAXIMA, PROMEDIA Y MINIMA DE BORO, COBALTO
Y ALUMINIO INTERCAMBIABLES EN LOS SUELOS -
CANTIDAD MAXIMA, PROMEDIA Y MINIMA DE BORO, COBALTO, ZINC
Y ALUMINIO INTERCAMBIABLES EN LOS SUELOS ESTUDIADOS -
(Resultados en ppm.).

ELEMENTO	MAXIMO	PROMEDIO	MINIMO
BORO	2,607	1,085	Trazas
COBALTO	2,180	1,330	0,205
COBALTO	1,107	0,363	0,097
ZINC	1,711	1,058	Trazas
ALUMINIO	20,784	13,849	6,234

TABLA IV.

CANTIDAD MAXIMA PROMEDIA Y MINIMA DE BORO, COBALTO
ZINC Y ALUMINIO INTERCAMBIABLES EN LOS SUBSUELOS -
ESTUDIADOS (Resultados en ppm.).

ELEMENTO	MAXIMO	PROMEDIO	MINIMO
BORO	2,607	1,085	Trazas
COBALTO	0,785	0,384	0,1617
ZINC	0,790	0,214	Trazas
ALUMINIO	20,194	14,526	6,738

TABLA V.

CANTIDADES PROMEDIAS DE ALGUNOS MICRONUTRIMENTOS INTER-
CAMBIABLES EN LOS SUELOS ESTUDIADOS (Resultados en ppm).
CANTIDADES PROMEDIAS DE ALGUNOS MICRONUTRIMENTOS INTER-
CAMBIABLES EN LOS SUELOS ESTUDIADOS (Resultados en ppm).

ZONA	BORO	COBALTO	ZINC	ALUMINIO
VEGA	1,657	0,317	1,642	13,461
CULTIVO	1,493	0,412	0,398	11,769
CEMENTADO	1,353	0,579	0,983	12,914
LOMA	0,817	0,315	1,212	17,254

V. CONCLUSIONES

1.- El boro intercambiable por su alto contenido en los suelos estudiados, puede ser perjudicial para algunos cultivos.

TABLA VI.

2.- El bajo contenido de cobalto intercambiable, hace la falta en plantas, principalmente en lo que concierne a las CANTIDADES PROMEDIAS DE ALGUNOS MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES EN LOS SUBSUELOS ESTUDIADOS. (Resultados en ppm.).

3.- El zinc intercambiable se detecta en condiciones de

ZONA	BORO	COBALTO	ZINC	ALUMINIO
VEGA	0,765	0,374	0,080	17,941
CULTIVO	0,925	0,436	0,265	11,425
CEMENTADO	0,870	0,323	0,234	11,471
LOMA	1,772	0,356	0,729	17,272

4.- La concentración de aluminio intercambiable es baja.

5.- Los elementos estudiados a excepción del cobalto, no presentan cantidades excesivas por lo que no ocasiona la toxicidad.

6.- Es posible que con sistemas de riego artificial como el cobalto intercambiable.

7.- Las relaciones de correlación no presentaron diferencias estadísticas.

V. CONCLUSIONES

- 1.- El boro intercambiable por su alto contenido en los suelos estudiados, puede ser perjudicial para muchos cultivos.
- 2.- El bajo contenido de cobalto intercambiable, debe tenerse en cuenta, principalmente en lo que concierne a la nutrición animal, máxime siendo las tierras aptas para ganadería.
- 3.- El zinc intercambiable se detectó en condiciones adecuadas.
- 4.- La concentración de aluminio intercambiable es baja.
- 5.- Los elementos estudiados a excepción del cobalto, presentan cantidades normales que no harían limitante la producción de cosechas.
- 6.- Es posible que con sistemas de riego artificial aumente el Cobalto intercambiable.
- 7.- Los análisis de correlación no presentaron diferencias significativas..

- 42 -

VI. RESUMEN

Se estudiaron los formas intercambiables de boro, cobalto, zinc, y aluminio en suelos pertenecientes al Valle del Patía, en cuatro de sus zonas (Vega, Cultivo, Cementado y Loma). El Valle está situado al sur del Departamento del Cauca y tiene como coordenadas extremas $2^{\circ}08'$ a $1^{\circ}51'$ de latitud norte y $77^{\circ}03'$ a $77^{\circ}00'$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Tiene una altitud promedio de 500 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas alrededor de los 24°C . y una precipitación promedio de 1.500 mm. anuales.

Los resultados obtenidos indican que el boro intercambiable está en altas concentraciones, siendo su promedio de 1,330 ppm.; mientras que el cobalto y aluminio intercambiables presentan concentraciones promedias de 0,363 ppm. y 13,849 ppm. respectivamente, consideradas como bajas. El zinc intercambiable tuvo una concentración normal (1,058 ppm.).

VII. SUMMARY

There were studied the exchangeable Boron, Cobalt, Zinc and Aluminium forms in the Patía Valley soils that included four sub-regions (Vega, Cultivo, Cementado and Loma). The Valley is located at the south of the Cauca Department; its extreme geodesic coordinates are: $2^{\circ}08'$ to $1^{\circ}51'$ north latitude and $77^{\circ}03'$ to $77^{\circ}00'$ west longitude from Greenwich meridian. Its average altitude is 500 metres above the sea level, its temperature is about 24°C . Its annual precipitation mean is 1500 mm.

The results obtained indicate that the exchangeable Boron is highly concentrated, with an average of 1,330 ppm.; in the other hand the exchangeable elements Cobalt and Aluminium show mean concentrations of 0.363 ppm. and 13,844 ppm. respectively, considered as low. The exchangeable Zinc had a normal concentration (1,058 ppm).

VII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALBA, J. de. 1.968. Alimentación del ganado en América Latina. Prensa Med. Méjico. 336p.
- 2.- AÑASCO, G. N. y D. CORDOBA. 1972. Propiedades físicas de algunos suelos del Valle del Patía. Cauca Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Tesis de grado - 64p.
- 3.- BARRERA, P. 1961 Estudio Socio-económico del área del Cauca. SENA. Bogotá. 51p.
- 4.- BARROS, M.P. 1969. Determinación de molibdeno, cobre y cobalto en algunos suelos del altiplano de Pasto. Universidad de Nariño. Instituto-Tecnológico Agrícola. Pasto, Tesis de grado.
- 5.- BEAR, F. E. 1958. Chemistry of the soil. Reinhold. New York. 373 p.
- 6.- BERGER, K.C. and E. TROUG. 1940. Boron deficiencies as revealed by plants and soil tests. Amer. Soc. Agric. 32: 247-301.

- 7.- BLANCHET, S. et al. 1960. Acidite d'Exchange et a luminium libre ou Exchangeable des soils. Annales agronomiques.
- 8.- BLASCO L., M. 1963. Curso, de Suelos (Conferencias). Facultad de Agronomía. Palmira. Conferencia mimeografiada. 427p.
- 9.- Bravo, R. 1965. Determinación biológica del boro en ocho suelos del Valle del Cauca. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. Tesis de grado. 53p.
- 10.- CHA MORRO, B. y C. ECHEVERRIA. 1971. Determinación de a luminio, boro, cobre, cobalto, hierro, manganeso y zinc intercambiables en suelos de la Sabana de Túquerres. Departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. Tesis de grado. 78p.
- 11.- CHAPMAN, H. D. 1966. Zinc. In Diagnostic criteria for plants and soils. Ed. H. Chapman. Riverside de California, University of California. pp. 484-499
- 12.- CHAVES, J. y L. ROSETO. 1969. " El Valle del Patía "

Propiedades químicas de sus suelos y su fertilidad. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. Tesis de grado. 94p.

13.- COLOMBIA. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. 1963.

El suelo, su importancia y propiedades. Bogotá. 102p.

14.- CUATRECASAS, J. 1959. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Rev. acad. Col. Cienc. Ex. - Fisc. y Nat. (Bogotá). 10: 221-268.

15.- DE SANTANA, Ch. 1971. Formas totales y disponibles - de zinc, cobre, manganeso, hierro, y molibdeno de suelos en la región cacaotera de Bahía, Brasil. Centro Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Turrialba, Costa Rica. Tesis. 86p.

16.- ESPINAL, T. L. y E. MONTENEGRO. 1963 Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instit. Geogr. " Agustín Codazzi". Depto. Agrológ. Canal Ramírez. Bogotá. 201p.

17.- GONZALEZ, A. y E. GOMEZ. 1968. Estudio semidetallado y diagnóstico de la situación agropecuaria en

el Valle del Patía. Depto. del Cauca. Universidad Nal. de Colombia. Facultad de Agronomía. Palmira. Tesis de grado. 79p.

18.- GONZALEZ, F. y A. M. GARCIA. 1964. Geoquímica del cobalto en los suelos de Andalucía occidental. I. - Contenido de cobalto total y caracteres generales de los suelos del Valle del Guadalquivir. Anales de Edafología y Agrobiología. Madrid. 23 : 302-321.

19.- GROSS, A. 1967. Abonos, guía práctica de la fertilización. 4a. ed. Trad. R. Olaquiaga Soriano. Mundi Prensa. Madrid. 545p.

20.- HIBBARD, P. L. 1940. A soil zinc survey in California. Soil Science. 49: 63-72.

21.- HILL, A. C., J. TOTH y F. B. BEAR. 1963. Cobalt - Status of New Jersey soils and forage plants and factors affecting the cobalt content of plants. Soil Science Society of America Proceedings. 76 273-284.

22.- HODSON, J. F. 1963. Micronutrients in Soils. Adv. in Agr. Acad. Press. New York. 15: 119-159.

- 23.- IGUE, K. y E. BORNEMISZA. 1967. El problema del zinc en suelos y plantas de regiones tropicales y de zonas templadas. Fitotecnica Latinoamericana . 4 (1); 29-44.
- 24.- JACOB, A. y H. UEXKULL. 1961. Fertilización. Trad.- L. López M. Veemny y Zonen, Vugeningen. 626p.
- 25.- JACKSON, M. L. 1970. Análisis químico de suelos. 2a. ed. Trad. J. Beltrán M. Omega. Barcelona. 662p.
- 26.- JIMENEZ, P. J. y C.M. OCAMPO. 1970 El aluminio como factor de acidéz en varios suelos del Depto. de Nariño. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. Tesis de grado. 60p.
- 27.- JONES, L. P. H. 1961. Aluminium uptake and toxicity in plants. Plant an soil. 13 : 297-310.
- 28.- JUNCA, C. 1970. Determinación de Cobalto, cobre, y molibdeno en algunos suelos de clima medio en el depto. de Nariño. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. Tesis de grado. 75p.

29.- KNOEVA, T. I. 1967. Content and distribution of -
trace elements in soils of the kusnets weeded
steppe. Pochovenedic. Inst. Geogr. Sibiri i
Dal'n. Vostok. 1964: 59-65. (En Abs. Soils-
and Fertilizers. 30: 546. 1967).

30.- MILLAR, C. E. 1955. Soil Fertility. Willey, New -
York. 436p.

31.- MITCHELL, R.L. 1964. Trace elements in soils. In -
F. Bear chemistry of the soil. 2a. ed. Reinold.
New York. pp.320-368.

32.- NELSON, J. L., y S. W. MELSTED. 1955. The chemistry
of zinc added to soils and cloys. Soil Science-
Society of America, Proceedings. 19 (4); 439-
443.

33.- POWERS, W. L. y T. S PANG. 1947. Status of zinc in -
relation to Oregon soil fertility. Soil Scien-
ce. 64: 29-36.

34.- RAGGIO, M. And N. RAGGIO. 1962. Root nodulos .
Plant Physiology. 13: 109-129.

35.- RAVIKOVITCH, S., Et al. 1967. Microelements in -

soils or Israel. Soil Science Society of America. Proceedings. 92(2): 85-89.

36.- REISENAUER, H. M. 1967. Availability ossays for-
the secondary and micronutrient anions. In -
Soil testing and plant analysis. Part. I. Soil
Testing. Madison, Wissconsin. Soil Science So-
ciety of América Inc., Publischer. pp. 71-102.

37.- RUSSELL, J. y W. RUSSELL. 1959. La acidez de la ar-
cilla. " Las condiciones del suelo y el desa-
rrollo de las plantas ". 2a. ed. Aguilar, Ma-
drid. pp. 115-118.

38.- SALISBURY, F. B. 1961. Photoperiodism and the flo-
wering process. Plant Physioly. 12: 239 -
326.

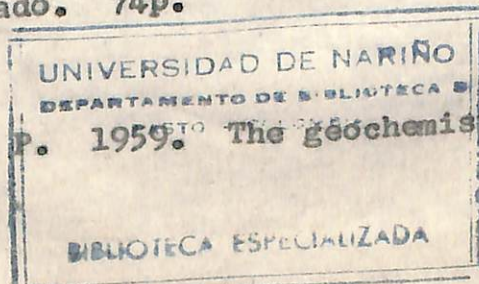
39.- SAUCHELLI, V. 1969. Trace elements in agriculture
Reinold. New York. 248p.

40.- SPENCER, W. F. and J. E. GIESEKING. 1954. Cobalt-
adsortion and realease in cation-exechage sys -
tems. Soil Science. 78 : 267-276.

41.- STILES, W. 1948. Trace elements in plants and animals
McWillian. New York. 189p.

- 42.- THORNE , D. W., W. D. LAWS y A. WALLACE. 1942. Zinc relation ships of some. Utah soils. Soil Science. 54: 463-465.
- 43.- TISDALE, L. S. and W. L. NELSON. 1966. Soil fertility and fertilizors. 2th. ed. Mc Millan. New York. 694p.
- 44.- VARGAS, E. 1964. El aluminio de cambio en suelos de los llanos Orientales. Universidad Nacional c2. - Bogotá. Tesis de grado(Mimeografiado). 55p.
- 45.- VERGARA Y VELASCO, F. J. 1951. Colombia, un archipielago biológico. En: las regiones naturales de Colombia. Rev. Acad. Col. Cien. Ex. Fisc. y Nat. (bogotá). 8(29): 409-431.
- 46.- VILLOTA, M. J. 1970. Determinación de boro, cobre, cobalto y molibdeno en suelos del Valle de Sibundoy-Intendencia Nacional del Putumayo. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. Tesis de grado. 74p.

47.- VINOGRADOV, A. P. 1959. The geochemistry of rare and



dispersed chemical elements in soil. 2th.ed.
Bureau Inc. New York. 209p. (Translated -
from rusiam).

48.- WELKER, J. C. 1944. Histologic-phatologic effec
ts of B deficiency. Soil Science. 57: 51-
54.

49.- WINFIELD, M. E. 1954. The role of boron in plant
metabelism. II. An Aceout of same uttemps to
isolate boron complexes from plant tissves.
Australia J. Exptl. Biol. Med. Sci. 23: 111 -
117.-

50.- YOUNG, R. A. 1949. Some factors affecting the so-
lubility of cobalt. Soil Science Society of -
America Procedings. 13: 122-126.

A P E N D I C E

TABLA V

CANTIDADES DE ALGUNOS MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES
EN LOS SUELOS Y SUBSUELOS ESTUDIADOS. (Resultados en ppm.).

ZONA	No	BORO	COBALTO	ZINC	ALUMINIO
VEGA	1A	1,607	0,118	1,741	14,765
	1B	0,933	0,394	0,035	17,084
	2A	1,210	0,142	1,479	2,334
	2B	1,010	0,415	0,219	17,903
	3A	1,909	0,910	1,794	15,589
	3B	1,118	0,274	0,066	15,348
	4A	1,904	0,097	1,576	17,259
	4B	Trazas	0,412	Trazas	21,430
CULTIVO	5A	1,199	0,251	0,070	17,380
	5B	0,101	0,618	0,790	6,738
	6A	1,391	0,289	0,167	17,630
	6B	0,995	0,785	0,071	17,633
	7A	2,180	0,141	1,355	5,667
	7B	Trazas	0,268	0,200	7,424
	8A	1,204	0,284	Trazas	6,401
	8B	2,607	0,272	Trazas	13,898
CEMENTADO	9A	0,971	0,505	0,291	9,851
	9B	1,015	Trazas	0,417	10,143
	10A	1,170	1,290	0,539	10,812
	10B	0,693	0,261	0,162	13,724
	11A	1,812	0,508	1,107	12,652
	11B	1,232	Trazas	0,258	13,536
	12A	1,460	1,711	0,379	18,343
	12B	0,541	0,675	0,456	8,483
LOMA	13A	0,620	0,315	1,710	20,784
	13B	0,611	0,275	0,344	20,194
	14A	0,209	0,216	0,232	14,775
	14B	1,869	0,285	Trazas	14,937
	15A	0,551	0,309	1,439	16,293
	15B	2,710	0,293	0,775	14,926
	16A	1,881	0,420	1,474	17,166
	16B	1,902	0,571	Trazas	19,023

T
E-631.82 Astaisa M, José Maria 15118
A852 Determinación de oro, cobalto
Ej.1 sinc, aluminio intercambiables

	VENCE
NOMBRE <i>José Enriquez g</i>	
No. del Carnet	1078
NOMBRE <i>M. del Pilar Valencia</i>	
No. del Carnet 8131 110	
NOMBRE ANALITADA	

X
T
E-631.82
A852
Ej.1

15118

X e