

3

DETERMINACION DE COBALTO, COBRE Y ZINC TOTALES EN SUELOS DEL VALLE
DEL PATIA, DEPARTAMENTO DEL CAUCA.

Por

ONAR JOSE LOPEZ MUÑOZ

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

Presidente de tesis

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

1.973

T
AN
631.42
L864
Ej. 1

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

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

A LOS SACRIFICIOS DE MI MADRE

A MIS HERMANOS

A MIS AMIGOS

DEDICO :

OMAR JOSE LOPEZ NUÑOZ

AGRADECIMIENTOS A :

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

EPREN CORAL QUINTERO, I.A., M.Sc.

FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS DE

LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO

SECRETARIA DE AGRICULTURA DEL CAUCA

ESPERANZA BURBANO OBANDO Y FAMILIA

Personal de Laboratorio de Suelos

de la Universidad de Nariño y Secre

taría de Agricultura del Cauca.

Todas las personas que colaboraron
en el desarrollo del presente traba
jo.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Situación geográfica.	2
2.2 Propiedades físicas y químicas.	2
2.3 Elementos menores	3
2.3.1 Cobalto.	5
a. Importancia.	5
b. Cobalto en los suelos.	6
c. Contenido de cobalto en algunos sue- los	7
d. Deficiencia.	8
2.3.2 Cobre	8
a. Importancia.	8
b. Cobre en el suelo.	9
c. Cobre en algunos suelos.	10
d. Deficiencia.	11
2.3.3 Zinc.	11
a. Importancia.	11
b. El zinc en el suelo.	12
c. Zinc en algunos suelos	13
d. Deficiencia.	14
III. MATERIALES Y METODOS	16
3.1 Muestreo.	16
3.2 Análisis de laboratorio	16

	Pág.
3.3 Metodología	17
3.4 Preparación de las muestras para la determi- nación del cobalto, cobre y zinc totales	17
3.5 Análisis estadístico	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	19
4.1 Cobalto total	19
4.2 Cobre total	22
4.3 Zinc total	25
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	39
VI. RESUMEN.	41
SUMMARY	42
VII. BIBLIOGRAFIA.	43
APENDICE.	51

T A B L A S

	Fág.
TABLA I. Contenido de cobalto total en el suelo de las cuatro zonas estudiadas (Resultados en ppm.)	28
TABLA II. Contenido de cobalto total en el subsuelo de las cuatro zonas estudiadas. (Resultados en ppm.)	29
TABLA III. Valores de "T ₀ " de cobalto total al comparar los promedios de las cuatro zonas en estudio.	30
TABLA IV. Concentraciones de cobre total en el suelo de las cuatro regiones. (Resultados en ppm.)	31
TABLA V. Concentraciones de cobre total en el subsuelo de las cuatro regiones. (Resultados en ppm.)	32
TABLA VI. Valores de "T ₀ " de cobre total al comparar los promedio de las cuatro zonas.	33
TABLA VII. Contenido de zinc total en suelo de las cuatro zonas estudiadas. (Resultado en ppm.)	34

	Pág.
TABLA VIII. Contenido de zinc total de las cuatro zonas estudiadas en subsuelo. (Resultado en ppm.).....	35
TABLA IX. Valores de "Te" de zinc total al comparar los promedios de las cuatro zonas estudiadas. (Resultados en ppm.).....	36
TABLA X. Concentraciones promedias, máximas y mínimas de cobalto, cobre y zinc totales. (Resultados en ppm.).....	37
TABLA XI. Valores de "Te" de cobre total al comparar los promedios de suelos y subsuelos de las cuatro zonas en estudio con suelos de Clima Medio de Nariño, Altiplano de Pasto y Bahía, Brasil..	38

A P E N D I C E

TABLA XII. Ecuación de regresión y coeficientes de correlación entre las medidas estudiadas en el suelo.....	52
TABLA XIII. Ecuación de regresión y coeficientes de correlación entre las medidas estudiadas en el subsuelo.....	53

INVESTIGACION DE LA CONTAMINACION DEL VALLE DE LA GUAYAMA EN SU RELACION CON LA SALUD DE LOS HABITANTES DEL VALLE

FIGURAS

DEL PLAN DE INVESTIGACION DEL VALLE (9)

Pág.

Figura 1. Mapa de localización de las muestras.....

4

ONAN JUAN SUAREZ SUAREZ

I. INTRODUCCION

En el proyecto de investigación etiológica del Valle de la Guayama, faltaba conocer el estado de la frecuencia total de algunas enfermedades...

Dada la importancia de las enfermedades transmitidas por los mosquitos y las formas zoonóticas, ya mencionadas, era necesario conocer su distribución total, para tener una visión de la realidad existente y poder hacer conclusiones sobre la salud de los habitantes.

Por tal caso se planeó el presente trabajo, con base en el objetivo principal conocer la frecuencia total de algunas enfermedades en las zonas representativas de este valle.

(9) Versión de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Don Juan Santos Jarama, ICA, 1968.

DETERMINACION DE COBALTO, COBRE Y ZINC TOTALES EN SUBSUELOS DEL VALLE
DEL PATIA, DEPARTAMENTO DEL CAUCA (+)

Por

OMAR JOSE LOPEZ MUÑOZ

I. INTRODUCCION

En el programa de investigación edafológica del Valle del Patia, faltaba conocer el estado de la fracción total de algunos elementos menores.

Dada la importancia de los elementos trazas en la nutrición vegetal y las formas aprovechables, ya estudiadas, era necesario conocer su concentración total para tener una visión de la reserva existente y poder sacar conclusiones sobre la solubilidad de estos elementos.

Fue así como se planeó el presente trabajo, que tuvo como objetivo principal conocer la fracción total de cobalto, cobre y zinc en las cuatro zonas representativas de éste valle.

(+) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Joaquín Gamboa Jaines, I.A., M.Sc.

I. REVISION DE LITERATURA

2.1 Situación geográfica.

El Valle del Patía se encuentra situado al sur del Departamento del Cauca. Sus coordenadas extremas son: $1^{\circ} 51'$ a $2^{\circ} 08'$ de Latitud Norte, y $77^{\circ} 00'$ a $77^{\circ} 03'$ de Longitud Oeste de Greenwich. Esta región se encuentra localizada a 20 kilómetros de El Bordo, cabecera del municipio del Patía, y a 120 kilómetros de Popayán, capital del Departamento del Cauca (15).

2.2 Propiedades físicas y químicas.

Añaseo y Córdoba (8), al estudiar algunas propiedades físicas del Valle del Patía encontraron un porcentaje de materia orgánica de 3,56. El pH del suelo fué considerado como ligeramente ácido (6,29), de textura franca, con condiciones estructurales que permiten un fácil laboreo, índice de plasticidad de 12,75% y una porosidad baja (29,20%).

Agredo (1) encontró para las diferentes formas de fósforo en suelos de la cuenca del Patía la siguiente secuencia:

Suelos:

P-Inerte > P-hierro > P-aluminio > P-orgánico > P-Ca no a patítico > P-ca apatítico > P-fácilmente asimilable.

Subsuelo:

P-Inerte > P-hierro > P-aluminio > P-ca no apatítico
P-orgánico > P-ca apatítico > P-asimilible.

De acuerdo a Valencia (47), el nitrógeno en su fracción total está disminuyendo debido posiblemente a que la fracción orgánica puede estar sufriendo una adecuada mineralización. La fracción inorgánica y su reserva, en cierto tiempo puede desaparecer a causa de que el nitrógeno no nativo fijo es relativamente bajo.

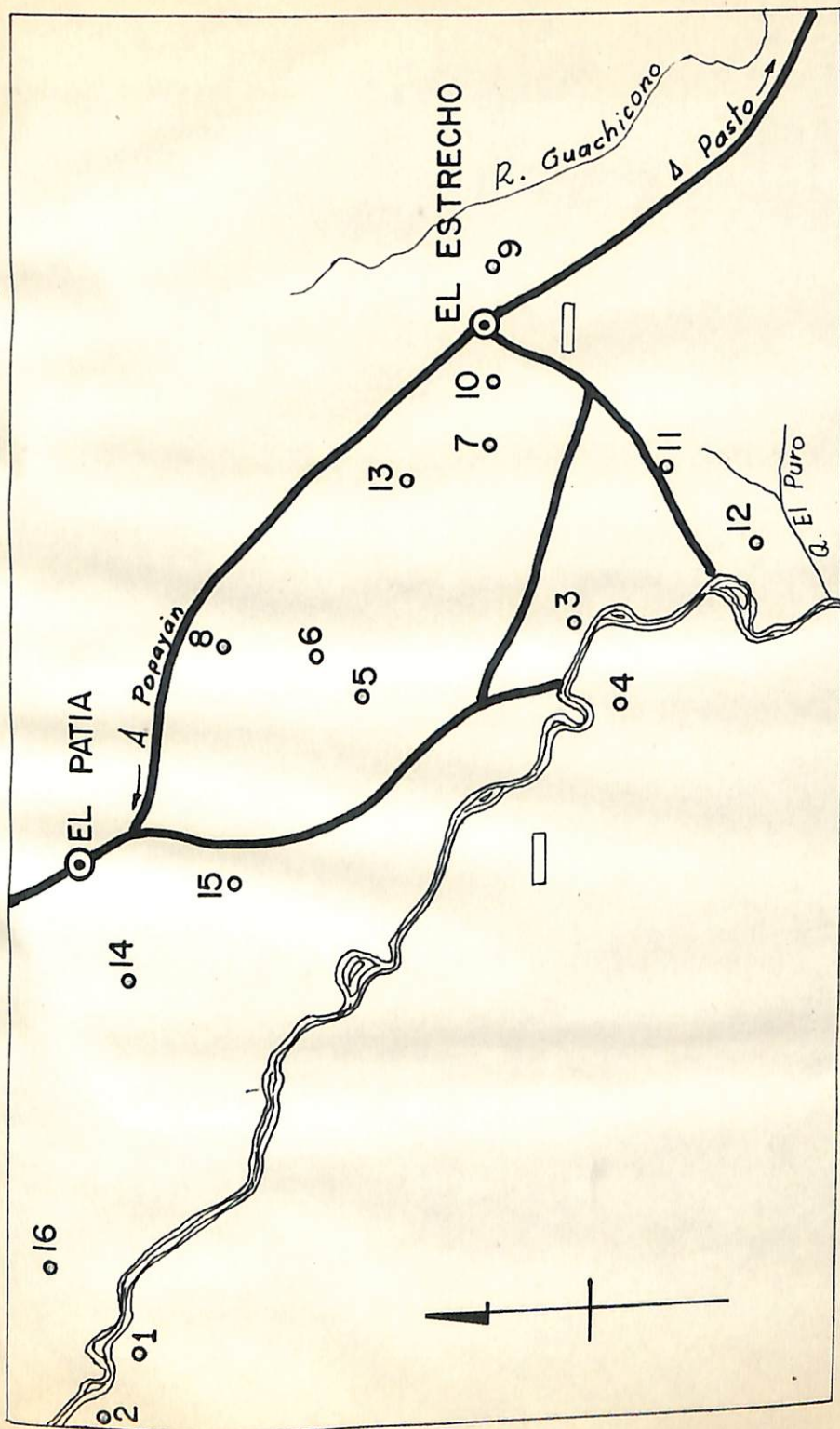
Astaiza (9) afirma que para los mismos suelos, el boro intercambiable se encuentra en altas concentraciones, siendo su promedio de 1,330 ppm.; mientras que el cobalto y el aluminio intercambiable, presentan concentraciones promedio de 0,363 y 13,849 ppm. respectivamente. El zinc intercambiable, presentó una concentración que se estima como adecuada (1,05 ppm.).

2.3 Importancia de los elementos menores.

Los elementos menores están presentes en la planta en pequeñas cantidades, pero su importancia se deja ver en el metabolismo vegetal, la formación de enzimas y su efecto catalizador.

En los suelos a veces se encuentran traxas de ellos pudiendo estar inmovilizados, lo cual incide en una disminución de la producción o en algunos efectos deprimentes en las plantas (51).

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



Escala 1: 250.000	CONVENCIONES	LUGARES DE TOMA DE MUESTRAS
FUENTE	CARRETERA	1 - 2 - 3 - 4 SUELOS DE VEGA
ARCHIVO DE LA	RIO	5 - 6 - 7 - 8 SUELOS DE CULTIVO
HIDROELECTRICA	CAMPO DE	9 - 10 - 11 - 12 SUELOS CEMENTADOS
DE SAJANDI	ATERRIJAZE	13 - 14 - 15 - 16 SUELOS DE LOMA

En general, la deficiencia de los oligoelementos se traduce en una falta de rendimiento en las cosechas al producirse una fructificación defectuosa y una debilidad en las plantas que las hace susceptibles a los ataques de plagas y enfermedades (7, 37).

2.3.1 Cobalto

a) Importancia

El cobalto es esencial en la formación de la vitamina B₁₂ (12, 19). Según Alba (5) y Tisdale y Nelson (46), este elemento es necesario en la fijación simbiótica del nitrógeno.

Es importante en la alimentación animal, ya que hace posible la síntesis de la hemoglobina en la sangre; por esta razón se debe involucrar en los forrajes pequeñas cantidades de este elemento (27).

Los requerimientos de cobalto en la nutrición animal son aproximadamente de 0,08 a 1,0 ppm. (5, 34). Algunas investigaciones han demostrado que el cobalto influye favorablemente en la producción de leche, cuando se aumenta a las raciones 10 miligramos/día de cobalto por cabeza (21).

Las bacterias de los nódulos de las leguminosas requieren cobalto. Las leguminosas tienen más cobalto que las gramíneas

y raras veces las primeras contienen menos de 0,07 ppm. (11).

El contenido de cobalto en las plantas es normalmente menor que 0,1 ppm. de materia seca. A medida que aumenta el contenido de manganeso en las plantas, el del cobalto tiende a disminuir (12).

b) Cobalto en los suelos.

La presencia de cobalto en los suelos viene relacionada con el material parental. La olivina, hornblenda y augita son buenas fuentes de este elemento, encontrándose menos en otros minerales excepto donde hay asociación con el hierro (ilmenita y magnetita principalmente) (26).

Hodgson (28) señala un promedio de 8 ppm. siendo generalmente más abundante en suelos derivados de rocas ígneas básicas. En la recopilación obtenida por Blasco (13) aparecen datos que oscilan entre 1,0 y 300 ppm.

Como catión de cambio, el cobalto está en los suelos en forma de Co^{++} y $\text{Co}(\text{OH})^+$. De igual manera este elemento aparece en la forma de Co^{+++} , generalmente formando complejos orgánicos (28).

c) Contenido de cobalto en algunos suelos

Los estudios de cobalto en suelos tropicales son relativamente escasos. Barros (10) encontró que los contenidos de la forma total en el Altiplano de Pasto fué de 3,97 ppm. en suelos y 4,72 ppm. para el subsuelo.

En suelos de Clima Medio del Departamento de Nariño, Junca (30) señala un contenido aproximado de 9,0 ppm. de cobalto total. Villota (48) determinó el contenido de cobalto total en el Valle de Sibundoy en condiciones de cultivo de 3,81 ppm. en los suelos y de 8,40 en los subsuelos. El promedio en condiciones de pradera fué de 4,76 y 9,34 ppm. para suelo, y subsuelo respectivamente.

Paoli y Laurati citados por Barros (10) sostienen que el contenido de cobalto en provincias de Buenos Aires y Tierra de fuego (Argentina) es muy bajo y sus valores oscilan entre 0,7 y 3,0 ppm.

En algunas praderas del Uruguay los valores determinados son altos llegando hasta promedios de 76,4 ppm. de cobalto total (5).

Astafna (9) obtuvo en los suelos del Valle del Pa-tía un contenido promedio de 0,363 ppm. para los suelos y 0,384 ppm. en los subsuelos de cobalto intercambiable.

a) Deficiencia

Thompson (45) indica que el cobalto es deficiente en suelos derivados de rocas ígneas ácidas, calcólicas, dolomíticas y en suelos arenosos.

La deficiencia de cobalto en suelos puede tener como resultado que las leguminosas no crezcan de modo satisfactorio o bien, en el caso de pastos y praderas, que desaparezcan los tréboles y predominen las gramíneas (11).

Spencer y Gleaking citados por Chamorro y Echeverría (20), demuestran que el cobalto en su mayor parte está retenido por el retículo cristalino de los minerales y no es rápidamente aprovechable para las plantas. También aparecen retenidos por las arcillas, siendo mayor la retención en las expandibles del tipo 2:1 (26).

2.3.2 Cobre

a) Importancia

Las funciones del cobre en la fisiología de las plantas son importantes y es poco lo que se conoce (27). Es necesario en la alimentación animal ya que interviene en el proceso de oxidación, en la transferencia de energía, como catalizador en la forma-

ción de proteínas y en la respiración (35).

El cobre interviene en la formación de la clorofila. Aunque no se conocen los efectos completos de éste elemento en la fisiología vegetal, Okuntsov citado por Blasco (13) señala que tiene la función especial de retardar la descomposición de la clorofila.

Según Denigeaund citado por Yang (51), el contenido de cobre en la planta varía según la especie. Bear (12) sostiene que la mayoría contiene menos de 10 ppm. calculado en base a materia seca y normalmente muestra efectos tóxicos cuando se halla en concentraciones mayores de 30 ppm.

b) Cobre en el suelo.

De acuerdo a Hodgson (28) y Vinogradov (49), la cantidad promedio mundial de cobre en suelos es de 20 ppm. Pisdale y Nelson (46) dan un rango de variación comprendida entre 2 y 100 ppm. Los mismos autores señalan que las rocas ígneas básicas contienen en promedio más cobre, 140 ppm., que las rocas sedimentarias (57 ppm.) y las rocas ígneas ácidas (30 ppm.).

El cobre se encuentra en los suelos en forma cúprica y cuprosa, la primera forma predomina en los suelos cuando el pH es superior a 5,5 mientras que la otra, en reacciones más ácidas (25, 45).

La adsorción del cobre por las arcillas es principalmente en forma cámpica (23). Hodgson (28) encontró que la adsorción del cobre en la montmorillonita es atribuido a los grupos OH^- . Así mismo indica que aparece en la lámina octaedral de las arcillas y muy posiblemente ocurra la difusión del cobre en estado sólido entre las láminas de las arcillas que lo pueden fijar, mientras que por acción de los óxidos de hierro, el cobre puede quedar oculto.

c) Cobre en algunos suelos.

Barros (10) sostiene que los contenidos de cobre son relativamente bajos en los suelos y subsuelos del Altiplano de Pasate con valores de 6 ppm. hasta 27,6 ppm.

En suelos de Clina Medio del Departamento de Nariño se encontró un promedio de 11 ppm. con máximo de 30 ppm. de cobre total (30).

Chamorro y Echeverría (20) encontraron en suelos de la Sabana de Tiquerres cantidades promedias de cobre intercambiable de 0,535 en suelos y 0,664 ppm. en el subsuelo, que pueden considerarse deficientes.

Los promedios encontrados para el cobre total en los suelos del Valle de Sibundoy fueron de 33,5 ppm. y 26,3 ppm para el subsuelo (48).

En Bahía, Brasil, De Santana (18) obtuvo que el contenido promedio de cobre total en los suelos fue de 15 ppm. y 18 ppm. en el subsuelo.

d) Deficiencia.

La deficiencia de cobre en el suelo causa clorosis y diferentes anomalías en las plantas e interviene en la síntesis de la vitamina A y el complejo vitamínico B (50, 51).

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 proceso de nitrificación (6).

Blasco (13) sostiene que el cobre tiene mucha afinidad con el humus, resultando fuertemente fijado en suelos con alto contenido de materia orgánica, formando complejos organo-metálicos por acción de los ácidos húmicos y fúlvicos. La retención de la materia orgánica es mucho más fuerte que por las arcillas, presentándose por ello una deficiencia de cobre en esta clase de suelos.

2.3.3 Zinc

a) Importancia

Según estudios de Muller citado por Igue y Borneni-

za (29), el zinc se desempeña como activador de por lo menos nueve sistemas enzimáticos en las plantas.

El zinc como el cobre, actúa como catalizador y regulador del metabolismo, especialmente en lo que respecta a los procesos de oxidación (27).

Stiles (43) señala que el zinc influye en el funcionamiento de la cistina, además este elemento entra en la composición de la molécula de la enzima anhidrasa carbónica.

Por otra parte, el zinc es necesario para la producción normal de la clorofila y en el proceso de reproducción de ciertas plantas (31, 39).

b) El zinc en el suelo.

Swaine, citado por De Santana (18) afirma que la abundancia de zinc en la corteza terrestre es de 80 ppm.

De acuerdo a Mitchell (32), el contenido de zinc en los suelos es de 40 ppm. aproximadamente, con un rango de 100 y 200 ppm. para suelos agrícolas.

Según Hodgson (28), en rocas ígneas básicas el contenido de zinc es de 130 ppm., en rocas ácidas 60 ppm. y en rocas sedimentarias 80 ppm.

Jones et al., citado por De Santana (18) sostiene que el zinc es un elemento mineral que se mueve poco en el perfil del suelo. Además señala que el movimiento de este elemento varía con la textura del suelo, disminuyendo en suelos arenosos.

La retención del zinc en los coloides del suelo en relación con los cationes presenta la siguiente secuencia:



c) Zinc en algunos suelos.

En suelos del Altiplano de Ipiales, para la fracción intercambiable, Salas (40) encontró 10,65 ppm. y 12,98 ppm. para sub suelos.

El contenido de zinc en suelos agrícolas es de 40 ppm. aproximadamente, con un rango para la mayor parte de los suelos entre 100 y 200 ppm. (33). En otros casos se dan valores que están entre los 22 y 565 kilos en la capa arable de una hectárea (12).

De Santana (18), en suelos de la región cacaotera de Bahía, Brasil, encontró que los promedios de zinc total para los horizontes A, B y C eran respectivamente: 40,4, 34,4 y 33,8 ppm.

En Costa Rica, Marino (31) indica que el contenido

de zinc disponible en suelos aluviales a una profundidad de 20 cms. fué de 8,19 ppm.

En suelos del Valle del Patia, Astaisa (9) determinó en promedio: 1,058 ppm. de zinc intercambiable en suelo y 0,214 ppm. para el subsuelo.

d) Deficiencia.

Rosell (38) sostiene que la deficiencia de zinc en la planta produce aumento de la glutamina causando el concentrado de sacarosa en las raíces.

El zinc es necesario para las plantas que crecen en regiones de intensa luminosidad; por tanto en estas zonas hay una mayor posibilidad de que se presente deficiencia (13).

La deficiencia de zinc puede ser ocasionada algunas veces por la competencia de los microorganismos del suelo del suelo con las plantas para apropiarse de las pequeñas cantidades que existen en el suelo (39).

Un exceso de encalado puede producir una deficiencia de zinc, tales condiciones se presentan en muchos suelos calcáreos, aún conteniéndolos en cantidades apropiadas (2, 14).

En suelos con material parental ígneo ácido, es probable que se presente deficiencia de zinc (11). En los suelos de mayor permeabilidad, como sucede con los de textura liviana o en las laderas de los trópicos, el contenido de zinc tiende a ser bajo (49).

Russell y Russell (39) afirman que se presentan enfermedades por deficiencia de zinc. Teucher y Adler (44) dice que la verdadera deficiencia de zinc suele ocurrir en zonas de elevada temperatura en el verano. A menudo la deficiencia en su forma aprovechable se presenta en suelos alcalinos o con cal excesiva (3).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Muestreo.

En el presente trabajo se emplearon las muestras de suelo y subsuelo, tomadas por Cortés Miguel^(*), en su trabajo de tesis de grado. Las muestras se tomaron en perfiles situados en cuatro zonas del Valle del Patía:

1. Suelos de "Vega"
2. Suelos de "Cultivo"
3. Suelos "Cementados"
4. Suelos de "Loma"

Los suelos de "Vega", corresponden a la terraza baja; los de "Cultivo" y "Cementado" a la terraza intermedia y los de "Loma" a la terraza alta.

3.2 Análisis de laboratorio.

Los análisis químicos, se efectuaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño. Parte de los análisis fueron complementados en el Laboratorio de Suelos de la Secretaría de Agricultura del Departamento del Cauca.

(*) Tesis en desarrollo. Fraccionamiento del Manganoso en el Valle del Patía.

3.3 Metodología.

Para la determinación de cobalto, cobre y zinc totales se siguieron la técnicas descritas por Schanneloffel (41).

3.4 Preparación de las muestras para la determinación del cobalto, cobre y zinc totales.

Se pesa 20 gr. de suelo, se muele lo más fino que sea posible, de este suelo se pesa 0,5 gr. En crisoles de platino se calienta en la mufla por tres horas a una t° de $450^{\circ}\text{C}.$, se deja enfriar. Se adiciona 2ml. de agua desmineralizada y 0,5 ml. de ácido sulfúrico concentrado, luego se calienta en baño de arena, se agrega 10 ml. de ácido fluorhídrico (38%). Se lleva a t° de $140^{\circ} - 160^{\circ}\text{C}.$, agitando frecuentemente hasta sequedad. Se adiciona de nuevo 10 ml. de ácido fluorhídrico agitando frecuentemente hasta sequedad. En los residuos se agrega 2 ml. de una mezcla de ácido nítrico y perclorhídrico en proporción de 2:1. Se recupera con 10 ml. de HCl 1N., luego se lleva a lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica.

3.5 Análisis estadístico.

Se tuvieron en cuenta los criterios de regresión y correlación con base de los siguientes parámetros: materia orgánica, DL, arcillas, limos y arenas.

Las comparaciones con otros trabajos existentes: 41

tiplano de Pasto, Clima Medio de Nariño y Bahía (Brasil), se basaron en las pruebas de hipótesis a partir de la prueba de Student.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Cobalto total.

De acuerdo a los resultados presentes en la Tabla I la zona Loma ofrece la mayor concentración promedio de cobalto total (46,20 ppm.) siguiéndole en su orden Vega (30,18 ppm.), Cultivo (27,11 ppm.) y Cementado (19,11 ppm.).

Para el subsuelo hay un leve cambio de posiciones pasando a ofrecer la mayor concentración promedio, nuevamente la zona Loma (51,30 ppm.) seguida por Cultivo (37,39 ppm.), Vega (36,91 ppm.) y Cementado (9,76 ppm.).

Al efectuar la comparación del promedio en base a la prueba de "t", se detectó diferencia significativa entre Loma y Cultivo ($P > 5\%$) en el suelo, y Loma y Cementado en el subsuelo ($P > 5\%$). La zona Cementado al ocupar el último lugar ofreció diferencias significativas ($P > 5\%$) en el subsuelo con las zonas Vega y Cultivo (Tabla III).

Las anteriores concentraciones y el promedio general para los estudios del Valle del Patía, superan a los detectados por Barros (10) en 10 suelos del Altiplano de Pasto y por Junca (30) en suelos de Clima Medio del Departamento de Nariño.

Es posible que el anterior resultado, puede estar

relacionado con los aspectos genéticos de estos suelos. En el presente estudio de trabajo con suelos de tipo aluvial con marcada influencia de rocas sedimentarias. En el caso del Departamento de Nariño, las muestras analizadas provienen de suelos derivados de cenizas volcánicas en donde las rocas ígneas de tipo ácido (granito) y neutro (andesita) pudieron limitar la presencia de cobalto en el suelo.

Como lo indican algunos autores (Collins, 16; Hodgson, 28; Mitchell, 32), el cobalto disminuye al provenir de magmas de tipo ácido o de rocas calcíticas y dolomíticas. Ozame et al., citado por Barros (10) refiriéndose al cobalto aprovechable de Nueva Zelanda, informan que éstos tenían marcada influencia de cenizas volcánicas ácidas y de allí la baja concentración de cobalto que podían obtener los animales de las praderas.

De esta forma no se descarta el hecho de que los suelos del Patía, formados por detritos traídos de diversas regiones por el agua y depositados en las orillas estén compuestos de olivinas, horblendas y augitas, que de acuerdo a González y García (26) son buenas fuentes de éste elemento.

En las secuencias anotadas anteriormente, tanto para el suelo como para el subsuelo, se observa que la zona Cementada ofrece la más baja concentración promedio (19,11 y 9,76 ppm. respectivamente). Este resultado, puede estar relacionado con la fracción intercambiable de cobalto detectado para esta misma zona por Astaiza.

Al respecto, se anota que para el mismo suelo se encontró la mayor concentración de la forma intercambiable (0,579 ppm.) (9).

Es probable que dadas las condiciones fisico-químicas que prevalecen en esta zona, se haya presentado una mayor solubilización de cobalto, disminuyendo como es lógico la forma total. Se sabe que en esta zona las condiciones de drenaje son muy irregulares, lo que de acuerdo a Hodgson (28) favorecerá el paso de la forma total a la intercambiable. Lo mismo puede aducirse de la reacción del suelo, aunque parece que la influencia de esta característica no es tan marcada, existiendo datos contradictorios al respecto (23).

En la zona Loma se observan resultados inversos, esta región ocupa el primer lugar en la fracción total pero el último en la intercambiable (0,315 ppm.) (9). Existiendo un lento paso por las condiciones anteriormente anotadas la forma total sufre leves cambios a través del tiempo.

No se encontró ningún tipo de relación con algunas propiedades físicas y químicas del suelo como materia orgánica, porcentaje de limos y arenas y reacción del suelo. Únicamente se detectó para el suelo una correlación altamente significativa con el porcentaje de arcillas ($r = 0,637^{++}$). Resultados similares fueron encontrados por Barros (10), quien informa que la materia orgánica, la relación C:N y la reacción del suelo no tienen ninguna influencia sobre el contenido de cobalto total de los suelos.

En términos generales y en base a las concentraciones de cobalto total e intercambiable detectados en las cuatro regiones del Valle del Patía se puede aducir, que se está presentando una lenta solubilización. En el caso de las regiones de Cultivo, Loma y Vega, con características agronómicas favorables para la ganadería, puede aparecer deficiencia de este elemento en el organismo animal.

4.2 Cobre total.

El resultado promedio demuestra que en el suelo, la zona Vega presentó la mayor concentración de cobre total (123,66 ppm.) siguiéndole en su orden Loma (114,49 ppm.), Cultivo (82,56 ppm.) y Cementado (46,67 ppm.).

Para el subsuelo la concentración promedio de la zona Loma (126,78 ppm.) fué mayor, siguiéndole Vega (118,10 ppm.), Cultivo (82,83 ppm.) y Cementado (49,20 ppm.).

Se observa que hubo un cambio de posición entre el primero y el segundo puesto, siendo consistente la posición para Cultivo y Cementado. Sin embargo las diferencias de concentración en el suelo y el subsuelo son muy leves, como puede observarse en las Tablas IV y V.

Al efectuar la comparación estadística entre las diferentes concentraciones promedio, solamente se encontró diferencia

significativa entre Loma y Cementado, tanto para el suelo (12,02 ppm.) como para el subsuelo (10,77 ppm.) (Tabla VI). También se encontró diferencia significativa entre Vega y Cementado únicamente en el suelo (2,477).

Las concentraciones de cobre total detectadas en las cuatro zonas del Valle del Patía, y su promedio general (91,84 ppm) en el suelo y (94,23 ppm.) en el subsuelo, superan las detectadas en el Altiplano de Pasto (8,53 ppm y 7,74 ppm.) para el suelo y subsuelo respectivamente (Barros, 10), y en suelos de Clima Medio de Nariño (7,53 ppm.) para el suelo y (9,20 ppm.) en el subsuelo (30), y suelos de la zona cacaotera de Bahía, Brasil, (16,51 ppm.) en el suelo y (17,60 ppm. en el subsuelo (18).

No obstante, solo se encontró diferencia ($P > 5\%$) entre la concentración de cobre total en el subsuelo de Clima Medio de Nariño; para el Altiplano de Pasto la diferencia detectada fue significativa ($P > 5\%$) tanto para el suelo como para el subsuelo. La comparación efectuada con los suelos del Brasil estudiados por De Santana (18) demostraron que existía también una diferencia significativa ($P > 5\%$) (Tabla XII).

Esta diferencia de concentraciones, probablemente se deba al material parental. Lo mismo que en el caso del cobalto, el hecho de que en los suelos del Patía esté primando un material bastante heterogéneo debido al transporte desde diversas regiones,

es de esperar que exista una buena proporción de rocas ígneas básicas que de acuerdo a Hodgson (28) y Vinogradov (49) tienen un alto contenido de cobre total (140 ppm.). Estos mismos autores informan, que las rocas sedimentarias son también buenas fuentes de este elemento; como los suelos estudiados son de tipo aluvial, esto puede corroborar más la afirmación de la influencia que ha tenido el material parental sobre la alta concentración de cobre total. Las concentraciones están por debajo de las detectadas por Fujimoto (22) y Sherman (42), en suelos de Hawai (con un rango de 16 a 357 ppm.).

Por otra parte, no se debe descartar el hecho de que las zonas Vega y Loma contienen porcentajes de materia orgánica superiores al 5.0. Se sabe que los compuestos orgánicos forman con el cobre complejos organo-metálicos de difícil solubilización, lo cual que no se presenten cambios drásticos de la forma total a la intercambiable, es por ello que los suelos con cantidades considerables de materia orgánica ofrecen bajas concentraciones de este elemento (46).

Otra posible explicación puede estar basada en la presencia de arcillas. La zona Vega, Loma y Cultivo ofrecen los mayores porcentajes de esta fracción (17). De acuerdo a Gallego y Fernández (23), las mayores concentraciones de cobre total se encuentran en suelos ricos en arcillas y materia orgánica. Barros (10), en 10 suelos del Altiplano de Pasto encontró que las mayores concentraciones de cobre total ocurrían en el suelo y subsuelo con mayores porcentajes de esta fracción. Sin embargo al relacionar el porcenta

je de arcillas con el cobre total solo se encontró una regular asociación $r^2 = 38,34$ en el subsuelo (Tabla XIII).

4.3 Zinc total

El zinc total presentó la siguiente secuencia:

Suelo:

Loma (427,02 ppm.) > Vega (394,75 ppm.) > Cementado (390,36 ppm.) > Cultivo (299,45 ppm.)

Subsuelo:

Loma (473,04 ppm.) > Cementado (348,75 ppm.) > Cultivo (338,20 ppm.) > Vega (299,45 ppm.).

La predominancia que ofrece la zona Loma sobre las otras tres, puede estar basada en el porcentaje de materia orgánica que se detectó en esta localidad, que de acuerdo a Afiasco y Córdoba (8) fué de 7,03, considerado como alto.

No se encontró ningún tipo de significancia al comparar los promedio de las cuatro zonas estudiadas (Tabla IX).

Para todo el Valle del Patía, su promedio (410,02 ppm.) en el suelo y (364,86 ppm.) en el subsuelo, se sale del rango presentado por Mitchel, citado por De Santana (18), quien indica que en la corteza terrestre este elemento en su forma total puede tener un mínimo de 10 ppm. y un máximo de 300 ppm. Sin embargo en algunos suelos ferralíticos de Angola, analizados por Fragozo cita-

do por De Santana (18), se presentan concentraciones hasta de 300 ppm.

Para los suelos en estudio, es posible que la alta concentración, esté relacionada con el tipo de arcillas presentes o con los carbonatos de calcio y magnesio y la materia orgánica.

Se sabe que las arcillas trilaminares, pueden ya sea por isomorfismo o adsorción retener el zinc, máximo teniendo en cuenta que este elemento tienen un radio iónico similar al del magnesio y arcillas como la vermiculita, clorita y atapulgita son ricas en magnesio y posee un alto poder isomórfico (18).

Por otra parte es posible que en estos suelos, se encuentren materiales cálcicos y magnésicos (dolomitas) que tienen una alta adsorción. No se debe descartar la acción que pueda ofrecer la materia orgánica; de acuerdo a Hibbard, citado por De Santana (18), el zinc es acomplejado por compuestos orgánicos de tal forma que se hace insoluble.

De acuerdo a Astalza (9), la forma aprovechable del zinc en estas mismas zonas (1,05 ppm.), se consideran como adecuada ya que supera las 0,5 ppm. que se tiene como nivel crítico. No obstante, de acuerdo a la concentración de zinc total detectada, parece que la dinámica existente no es muy acentuada y es probable que esté limitada por alguna acción que pueda desplegar las arcillas y en especial la materia orgánica.

La mayor concentración que ofrece el suelo, sobre el subsuelo puede explicarse en razón a la baja movilidad de este elemento. Si a esto, se le añade la mayor presencia de materia orgánica que normalmente se presenta en el suelo, es lógico esperar este resultado.

Las anteriores observaciones quedan corroboradas, con la asociación que se encontró al correlacionar el zinc total en el suelo con la materia orgánica (24,63%), con las arcillas (74,42%) y con los limos (66,73%). Para el subsuelo la asociación fué baja con porcentajes de (2,24%), (13,25%) y (1,58%) para materia orgánica, arcillas y limos, respectivamente.

TABLA I
Contenido de cobalto total en el suelo de las cuatro
zonas estudiadas (Resultado en ppm.).

No.	Cultivo	Vega	Loma	Cementado
1A	35,268	48,383	9,108	0,102
2A	34,804	4,607	74,514	49,263
3A	0,118	19,373	58,623	12,104
4A	38,276	48,364	51,557	15,107
MAXIMO	38,276	48,364	74,514	49,263
PROMEDIO	27,276	30,181	46,200	19,114
MINIMO	0,118	4,607	0,108	0,102

TABLA II

Contenido de cobalto total en el subsuelo de las cuatro zonas estudiadas. (Resultados en ppm.).

No.	CULTIVO	VEGA	LOMA	CEMENTADO
1B	42,022	48,722	45,126	0,105
2B	34,908	35,310	54,522	31,105
3B	34,260	19,077	54,390	7,714
4B	38,308	44,554	51,195	0,106
MAXIMO	42,022	48,722	54,522	31,105
PROMEDIO	37,399	36,915	51,308	9,762
MINIMO	34,260	19,077	45,126	0,105

TABLA III.

VALORES DE "Tc" DE COBAMTO TOTAL AL COMPARAR LOS PROMEDIOS DE LAS CUATRO ZONAS EN ESTUDIO.

ZONA		QUELIVO	VEGA	CEMENTADO
QUELIVO	SUELO			
	SUBSUELO			
VEGA	SUELO	N. S.		
	SUBSUELO	N. S.		
CEMENTADO	SUELO	N. S.	5,012	
	SUBSUELO	3,660	3,006	
LONA	SUELO	3,270	N. S.	N. S.
	SUBSUELO	N. S.	N. S.	4,500

TABLA IV.

CONCENTRACIONES DE COBRE TOTAL EN EL SUELO DE LAS CUATRO REGIONES.
(Resultados en ppm.).

No.	Cultivo	Vega	Loma	Cementado
1A	99,67	162,36	106,42	34,42
2A	95,11	147,42	122,72	54,91
3A	33,05	31,41	100,49	46,31
4A	102,42	153,45	128,36	51,05
MAXIMO	102,42	163,36	128,36	54,91
PROMEDIO	82,56	123,66	114,49	46,67
MINIMO	33,05	31,41	100,49	34,42

TABLA V.

CONCENTRACIONES DE COBRE TOTAL EN EL SUBSUELO DE LAS CUATRO REGIONES.
(Resultados en ppm.).

No.	CULTIVO	VEGA	LOMA	CEMENTADO
1A	104,51	175,39	113,61	61,47
2A	99,73	112,94	125,73	51,48
3A	26,75	27,84	129,87	31,66
4A	100,35	156,25	137,91	52,21
MAXIMO	104,51	175,39	137,91	61,47
PROMEDIO	82,83	118,10	126,78	49,20
MINIMO	26,75	27,84	113,61	31,66

TABLA VI.

VALORES DE "Tc" DE COBRE TOTAL AL COMPARAR LOS
 PROMEDIOS DE LAS CUATRO ZONAS.

ZONA		CULTIVO	VEGA	CEMENTADO
CULTIVO	SUELO			
	SUBSUELO			
VEGA	SUELO	N. S.		
	SUBSUELO	N. S.		
CEMENTADO	SUELO	N. S.	2,477	
	SUBSUELO	N. S.	N. S.	
LOMA	SUELO	N. S.	N. S.	12,02
	SUBSUELO	N. S.	N. S.	10,77

TABLA VIII.

CONTENIDO DE ZINC TOTAL DE LAS CUATRO ZONAS ESTUDIADAS EN SUBSUELO.
(Resultados en ppm.).

No	CULTEIVO	VEGA	LOMA	CEMENTADO
1B	254,29	298,06	540,45	228,93
2B	310,05	277,43	397,23	376,48
3B	301,79	289,76	508,38	422,81
4B	486,67	332,57	446,12	366,78
MAXIMO	486,67	332,57	540,12	366,78
PROMEDIO	338,20	299,45	473,04	348,75
MINIMO	254,29	277,43	397,23	228,93

TABLA IX.

VALORES DE "Tc" DE ZINC TOTAL AL COMPARAR LOS
PROMEDIOS DE LAS CUATRO ZONAS ESTUDIADAS.

(Normalizado en ppm)

ZONA		CULTIVO	VEGA	CEMENTADO
CULTIVO	SUELO			
	SUBSUELO			
VEGA	SUELO	N. S.		
	SUBSUELO	N. S.		
CEMENTADO	SUELO	N. S.	N. S.	
	SUBSUELO	N. S.	N. S.	
LONA	SUELO	N. S.	N. S.	N. S.
	SUBSUELO	N. S.	5,273	3,390

TABLA X.

CONCENTRACIONES PROMEDIAS, MAXIMAS Y MINIMAS DE COBALTO,
COBRE Y ZINC TOTALES.
(Resultados en ppm).

ELEMENTO		MAXIMO	PROMEDIO	MINIMO
COBALTO	SUELO	74,51	30,59	0,102
	SUBSUELO	54,22	33,84	0,105
COBRE	SUELO	162,36	91,84	31,41
	SUBSUELO	175,39	94,23	26,75
ZINC	SUELO	563,40	410,02	181,42
	SUBSUELO	540,45	364,86	228,93

TABLA XI.

VALORES DE "Te" DE COBRE TOTAL AL COMPARAR LOS PROMEDIOS DE SUELOS Y SUBSUELOS DE LAS CUATRO ZONAS EN ESTUDIO CON SUELOS DE CLIMA MEDIO DE NARIÑO, ALTIPLANO DE PASTO Y BAHIA, BRASIL.

	VALLE DEL PATIA	CLIMA MEDIO DE NARIÑO	BAHIA BRASIL
VALLE DEL PATIA			
SUELO			
SUBSUELO			
ALTIPLANO DE PASTO	9,066	N. S.	2,904
SUELO			
SUBSUELO	12,141	N. S.	1,773
CLIMA MEDIO NARIÑO			
SUELO	N. S.		2,544
SUBSUELO	11,997		1,497
BAHIA BRASIL			
SUELO	8,117		
SUBSUELO	10,291		

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. La concentración de cobalto total se considera como alta. No obstante, dada la lenta dinámica que está ocurriendo, es posible que se presente alguna deficiencia en el organismo de los animales que se alimentan con pastos de las zonas de Cultivo, Loma y Vega.
2. Es de esperar que la zona Vega y Cultivos que actualmente están siendo aprovechadas en el cultivo de arroz por inundación se presente un ligero cambio de la fracción intercambiable de cobalto, al ser favorecido el fenómeno de reducción.
3. El cobre total determinado es alto. Sin embargo el influjo que ofrece la materia orgánica y las arcillas limitan su solubilización.
4. Es de esperar que las concentraciones halladas estén relacionadas con los aspectos genéticos de estos suelos, ya que su origen es de tipo aluvial.
5. El zinc total se presenta en altas concentraciones. Su solubilidad es un poco mayor que en el caso del cobre, puesto que su forma intercambiable se cataloga como normal. No obstante la dinámica del zinc se halla limitada por la presencia de materia orgánica y el tipo de arcilla.

6. Es importante efectuar una comparación de extractantes para los tres elementos estudiados.

7. El cobalto total encontrado en el Valle del Patía supera los niveles detectados en suelos del Altiplano de Pasto y en suelos de Clima Medio del Departamento de Nariño.

8. Los suelos del Valle del Patía demuestran tener un mayor contenido de cobre que los suelos del Altiplano de Pasto, los de Clima Medio de Nariño y suelos de Bahía (Brasil).

VI. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en suelos del Valle del Patía, Cauca, situado a $2^{\circ} 08'$ a $1^{\circ} 51'$ de Latitud Norte, y $77^{\circ} 03'$ a $77^{\circ} 00'$ de Longitud Oeste de Greenwich.

Se determinaron las fracciones totales de los micronutrientes: cobalto, cobre y zinc. Como solución extractora de estos elementos se utilizó HCl 1N.

Los valores obtenidos en su contenido promedio fueron para los suelos: cobalto 30,59 ppm., cobre 91,84 ppm. y zinc 410,02 ppm. En los subsuelos se encontraron: cobalto 33,84 ppm., cobre 94,23 ppm. y zinc 364,86 ppm.

Las concentraciones de cobre, cobalto y zinc totales determinadas, se consideran como altas, posiblemente, debido a su origen genético, a la materia orgánica alta y a las arcillas que lo fijan.

El cobalto y cobre total encontrados en el Valle del Patía superan a los detectados en el Altiplano de Pasto, Clima Medio de Nariño y Bahía (Brasil)

No obstante a la alta concentración de cobalto, cobre y zinc totales, es de esperar que haya deficiencia en las plantas y por ende en el ganado debido a la lenta dinámica que está ocurriendo.

SUMMARY

This study was carried out in soils of Patia Valley, Department of Cauca, located from $1^{\circ} 51'$ to $2^{\circ} 08'$ North latitude, and $77^{\circ} 00'$ to $77^{\circ} 03'$ West Longitude, Greenwich meridian.

Total fractions of cobalt, copper and zinc were determined. HCl 1N was used as extracting solution.

For these soils following average values obtained: cobalt, 30,59 ppm.; copper 91,84 ppm. and zinc 410,02 ppm. In the subsoils were obtained: cobalt 33,84 ppm.; copper, 94,23 ppm and zinc 364,86 ppm.

Concentrations of these elements could be considered high, by their genesis, by high organic matter content and by clays, that fix them.

Total cobalt and copper found out in these soils exceed that of Pasto Highlands, Medium Climatic Zone of Nariño and Bahia (Brasil).

Deficiencies in the plants how in animal cow organism due to slow dynamic is expected in spite of total cobalt, copper and zinc high concentration.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. AGREDO, V. H. 1972. Fraccionamiento del fósforo en suelos del Valle del Patía. Cauca, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. Tesis Ing. Agr. 56p.
2. AGUIRRE, A. J. 1963. Suelos, abonos y enmiendas. Ed. Dossat, S. A. Madrid. 45lp.
3. AGENCIA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL. 1970. Manual de fertilizantes. Centro Regional de Ayuda Técnica. Mexico. pp. 51-52
4. ALBA, JORGE DE. 1956. Consejo a los ganaderos del Cauca. Agric. Tropical. Colombia. 12 (5) : 309-319.
5. _____ 1968. Alimentación del ganado en América Latina. Prensa Med. México. 336p.
6. ANDERSON, J. H. 1965. Studies on the oxidation of ammoniato hidroxilamina by the Nitrosomonas. Bioche. Jour. 95 : 633-698.
7. ANONIMO. 1968. Los micronutrientes orgánicos. Revista Agrícola. Colombia. p14-15.

8. ANASCO, H. y D. CORDOBA. 1972. Algunas propiedades físicas de los suelos del Valle del Patía. Cauca, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. Tesis Ing. Agr. 76p.
9. ASTAIZA, J. M. 1972. Determinación de boro, cobalto, zinc y a luminio intercambiables en suelos del Valle del Patía, Departamento del Cauca. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. Tesis Ing. Agr. 54p.
10. BARROS, P. 1969. Determinación de molibdeno, cobre y cobalto en algunos suelos del Altiplano de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. Tesis Ing. Agr. 106p.
11. BEAR, F. E. 1963. Suelos y fertilizantes. Trad. J. Dozal. 2a Ed. Barcelona, Omega. 438p.
12. _____ 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Barcelona, Omega S.A. 368p.
13. BLASCO, M. 1963. Curso de suelos. Facultad Nacional de Agronomía (Palmira). 427p. (Conferencias mimeografiadas).
14. BUCKMAN, H. O. y BRADY, N. 1966. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. por R. Salord Barceló. UTEHA, Barcelona. 590p.

15. COLOMBIA. 1959. Atlas. Geografía física y política de las provincias de la Nueva Granada. Archivo de la Economía Nacional. Imprenta del Banco de la República. Bogotá. 111-145p.
16. COLLINS, G. 1955. Comercial fertilizaers. Their sources and use. 5th. ed. New York. McGraw-Hill. 617p.
17. CHAVES, J. A. y L. B. ROSERO. 1969. El Valle del Patía, propiedades químicas y su fertilidad. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. Tesis Ing. Agr. 108p.
18. DE SANTANA, CH. 1971. Formas totales y disponibles de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno en suelos de la región cacaofera de Bahía, Brasil. Centro Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Turrialba, Costa Rica. Tesis de Grado M. Sc. 86p.
19. DEMOLON, A. 1965. Dinámica del suelo. Principios de agronomía. Barcelona. Edit. Omega S.A. 527p.
20. CHAMORRO, M. B. y ECHEVERRÍA, P.C. 1971. Determinación de Aluminio, boro, cobre, cobalto, hierro, manganeso y zinc intercambiables en suelos de la Sabana de Tâquerres. Departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. Tesis Ing. Agr. 77p.

21. ESTEBEZ, J. A. 1960. Influencia de la adición de fósforo y cobalto a raciones comunes para vacas lecheras. Acta Agronómica. 10 : 170-183. 1960.
22. FUJIMOTO, G and G. SHERMAN. 1959. The copper content of typical soil and plants of the Hawaian islands. Hawaii agr. Exp. Sta. 121 : 22p.1959. (En Abs. Soils and Fertilizers. 23: 523. 1960).
23. GALLEGO, R. y E. FERNANDEZ. 1963. Oligoelementos en los suelos de las vegas altas de Guadiana. Anales de Edafología y Agrobiología. Madrid. 22 : 307-322.
24. GAMBOA, J. 1971. Curso de química de suelos. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. (En nueve-grafo).
25. GILBERT, F. 1952. Copper in nutrition. Advances in Agronomy. Acad. Press. New York. 4 : 156-157.
26. GONZALES, A. y E. GOMEZ. 1968. Estudio semidetallado y diagnóstico de la situación agropecuaria del Valle del Patía. Departamento del Cauca. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Palmira. Tesis Ing. Agr. 67p.
27. GROS, A. 1967. Abonos, guía práctica de la fertilización. 4a ed. Trad. R. Olaquiaga Soriano. Madrid. Mundi Prensa. 545p.

28. HODGSON, J. F. Micronutrientes in soils. *Advances in Agronomy* Academic Press. New York. 15 : 119-159. 1963.
29. IGUE, K y E. BORNEMIZA. 1967. El problema del zinc en suelos y plantas de regiones tropicales y de zonas templadas. *Fitoecnia Latinoamericana*. 4 (1) : 29-44.
30. JUNGA, C. 1970. Determinación de cobalto, cobre, molibdeno en algunos suelos de clima medio en el Departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. Tesis Ing. Agr. 101p.
31. NARINO, M. G. 1968. Recomendaciones tentativas de fertilizantes y cal para diversos cultivos de acuerdo con los resultados de los análisis de suelos. Primera aproximación. *Revista ICA*. (Bogotá) 3 (2) : 91-102.
32. MITCHELL, R. L. 1964. Trace elements in soil. *In* F. Bear *Chemistry of the soil*. 2a ed. New York. Reinold. pp. 320-368.
33. _____ . 1964. Los oligoelementos y la encaladura. *Revista de la Potasa*. Instituto Internacional de la Potasa. Berna. 34 : 1-6.
34. MORRISON, F. D. 1951. Alimentos y alimentación del ganado.

Trad. J. L. Loma. 2da ed. México. Uthea. 722p.

35. MILLAR, G. E. 1965. Soil fertility. 4th ed. New York. John Wiley. 436p.
36. MANJARRES, G. F. 1958. Calizas en el Departamento del Cauca. Ministerio de Minas y Petróleos. Servicio Geológico Nacional. Bol. Geol. (Bogotá) 6 (1-3) : 30-40.
37. RRYNOLDS, R. Fertilizantes minúsculos. El Surco. John Deere. (México). 73 (4) : 2-3. 1968.
38. RUSSELL, E. W. 1961. Soil conditions and plant growth. 9a ed. London. Longmans. p. 276-277.
39. RUSSELL, J. E. y RUSSELL, W. E. 1959. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. 2a ed. Madrid. Edit. Aguilar. 769p.
40. SALAS, S. L. 1973. Determinación de hierro, manganeso, zinc y cobalto intercambiables en suelos del Altiplano de Ipiales, Departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. Tesis Ing. Agr. 54p.
41. SCHANNLOFFEL, E. 1971. Über die photometrische bestimung von lu, zin, co, Mn, Fe ind Mo ni Böden, dringemitteln mid phyrig logischen fhissigleiten.

42. SHERMAN, G. D., HARQUE, J. S. and HODKISS, W. S. Determination of active manganese in soil. Soil Sci. 54 : 253-257. 1942.
43. STILES, W. 1948. Trace elements in plants and animals. New York. MacMillan. 189p.
44. TEUSCHER, H. y ADLER, R. El suelo y su fertilidad. Continental, México. 1957. 451p.
45. THOMPSON, L. M. 1957. Soil and soil fertility. 2th ed. New York. MacGraw-Hill. 455p.
46. TISDALE, S. L. y NELSON, W. L. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. por Jorge Balasch. Barcelona, Montaner y Simon. 760p.
47. VALENCIA, R. G. 1972. Estudio del nitrógeno en suelos del Valle del Patía. Cauca, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. Tesis Ing. Agr. 39p.
48. 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 Ing. Agr. 101p.
49. VINOGRADOV, A. P. 1959. The geochemistry of rare and dispersed chemical elements in soils. 2th ed. Bureau Inc. New

York. 209 p. (Translated from Russian).

50. WILLCOX, J. S. and TOWNSEND, W. N. 1964. An introduction to Agricultural Chemistry. Third edition. Edward Arnold (Publishers). London. 243p.
51. YANG, L. 1972. Estudios sobre seis elementos menores (sus funciones, sus causas de deficiencias). Secretaría de Agricultura y Ganadería. Departamento del Cauca. Popayán. Marzo 1972.

APPENDICE

TABLA XII

ECUACION DE REGRESION Y COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LAS MEDIDAS ESTUDIADAS.
(SUELO)

RELACION	ECUACION	Z CALCUALDO	r ² %	r TABULADO	15 Grados
				5%	1%
N.O. - Cobalto	Y = 30,583 + 0,002958X	0,0383 N.S.	0,14	0,482	0,606
N.O. - Cobre	Y = 32,770 + 11,21X	0,4550 N.S.	20,70	"	"
N.O. - Zinc	Y = 209,34 - 38,08X	0,496 +	24,63	"	"
pH - Cobalto	Y = 939,71 - 30,52X	-0,3412 N.S.	11,73	"	"
pH - Cobre	Y = 374,21 + 76,30X	0,4580 N.S.	20,98	"	"
pH - Zinc	Y = 565,39 - 25,43X	-0,501 +	25,10	"	"
Arc. - Cobalto	Y = 96,87 - 3,170X	-0,637 + +	40,62	"	"
Arc. - Cobre	Y = 43,78 + 2,390X	0,402 N.S.	16,16	"	"
Arc. - Zinc	Y = 913,94 - 24,69X	-0,839 + +	70,42	"	"
Limos - Cobalto	Y = 3,01 + 10,82X	0,258 N.S.	6,67	"	"
Limos - Cobre	Y = 53,43 + 1,15X	0,191 N.S.	3,68	"	"
Limos - Zinc	Y = 2186,90 + 53,20X	-0,8169 + +	66,73	"	"
Arenas - Cobalto	Y = 22,21 - 0,194X	0,1001 N.S.	1,00	"	"
Arenas - Cobre	Y = 130,88 - 0,890X	-0,225 N.S.	5,10	"	"
Arenas - Zinc	Y = 304,09 - 2,450X	0,286 N.S.	8,17	"	"

+ Significativo al nivel de 5% y 1%
 + + Altamente significativo
 G.L. Grados de Libertad

ECUACION DE REGRESION Y COEFICIENTES ENTRE LAS MEDIDAS ESTUDIADAS (SUBSUELOS)

RELACION	E C U A C I O N	r CALCULADO	r ² %	r TABULADO 5%	15 G. L. 1%
M. O. - Co	Y= 32,70 + 0,626X	0,017 N.S.	0,31	0,482	0,606
M. O. - Cu	Y=107,90 - 7,390X	-0,080 N.S.	0,65	"	"
M. O. - Zn	Y=326,92 + 20,51X	0,149 N.S.	2,24	"	"
pH - Co	Y=114,44 - 12,54X	-0,488 *	23,84	"	"
pH - Cu	Y=215,60 - 18,77X	-0,260 N.S.	6,79	"	"
pH - Zn	Y=545,91 - 35,99X	-0,334 N.S.	11,18	"	"
Arc. - Co	Y= 62,71 - 1,28X	-0,757 *	57,30	"	"
Arc. - Cu	Y=155,57 - 2,73X	-0,619 *	38,34	"	"
Arc. - Zn	Y= 98,63 - 2,40X	0,364 N.S.	13,25	"	"
Limos - Co	Y=264,99 + 0,21X	0,095 N.S.	0,92	"	"
Limos - Cu	Y=109,24 - 0,60X	-0,102 N.S.	1,04	"	"
Limos - Zn	Y=452,46 - 3,50X	-0,126 N.S.	1,58	"	"
Arenas - Co	Y= 22,21 + 1,06X	0,835 *	69,72	"	"
Arenas - Cu	Y=130,88 - 0,89X	-0,225 N.S.	5,10	"	"
Arenas - Zn	Y=5749,02 + 1,69X	0,156 N.S.	2,45	"	"

M.O. = Materia orgánica

Arc. = Arcillas

G.L. = Grados de libertad

N.S. = No significativo

* = Significativo

* * = Altamente significativo

