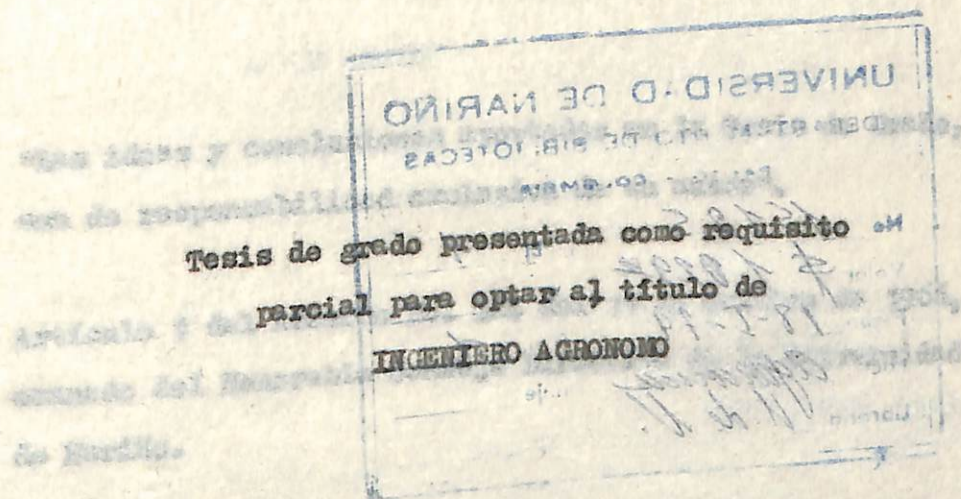


DETERMINACION DE HIERRO, MANGANESO, ZINC Y COBALTO INTERCAMBIABLES EN
SUELOS DEL ALTIPLANO DE IPTALES, DEPARTAMENTO DE NARIÑO

Por

LUIS ALVARO SALAS SILVA



Presidente de Tesis

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO-COLOMBIA

1.973

T
E-631.82
S 159
Ej. 1

2

A SUS PADRES

A SUS HERMANOS

A SUS AMIGOS

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

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 del 11 de Octubre de 1966,
emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad
de Nariño.

ALFONSO SALAS SILVA

AGRADECIMIENTOS A :

A MIS PADRES

FRANCISCA GARCIA JAYOS, I.A., M.Sc.

A MIS HERMANOS

FRANCISCA GARCIA JAYOS, I.A., M.Sc.

A MIS AMIGOS

FRANCISCA GARCIA JAYOS, I.A., M.Sc.

FRANCISCO GARCIA DE LA ESPERANZA

FRANCISCA GARCIA JAYOS

Facultad de Ciencias Agrícolas de la

DEDICO :

Universidad de México.

LUIS ALVARO SALAS SILVA

todos los proyectos que contribuyeron al

desarrollo del presente trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
AGRADECIMIENTOS A :	2
2.1 Universidad	2
2.1.1 Situación geográfica y descripción general de la zona	2
2.1.2 Sucesos	2
JOAQUIN GAMBOA JAIMES, I.A., M.Sc.	2
2.2 SERVIDORES	3
2.2.1 El autor	3
HERNAN BURRANO ORJUELA, I.A., M.Sc.	3
2.2.2 Asesor	4
FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA	4
2.2.3 Ayudante	10
ESPERANZA RUBIO GAYCEDO	14
2.2.4 Colaborador	14
Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.	10
2.3 ANALISIS QUEPASA DE	10
2.3.1 Distribución de la especie, sus hábitats y ecología	10
Todas las personas que colaboraron en el desarrollo del presente trabajo.	10
2.4 ANALISIS ESTADISTICO	18
III. SEMBRADO Y MANEJO	20
3.1 MANEJO DE LA SIEMBRA	20
3.2 MANEJO DE LA SIEMBRA	23
3.3 MANEJO DE LA SIEMBRA	24
3.4 MANEJO DE LA SIEMBRA	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	28
V. CONCLUSIONES	37
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	39
VII. RESUMEN	39

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 GENERALIDADES	2
2.1.1 Situación geográfica y descripción general de la zona.	2
2.1.2 Suelos.	2
2.2 MICRONUTRIMENTOS	3
2.2.1 Hierro.	3
2.2.2 Manganeso.	6
2.2.3 Zinc.	10
2.2.4 Cobalto	14
III. MATERIALES Y METODOS	18
3.1 ANALISIS QUIMICO DE LOS MICRONUTRIMENTOS .	18
3.3.1 Determinación de hierro, manganeso, zinc y cobalto intercambiables. . .	18
3.2 ANALISIS ESTADISTICO	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	20
4.1 HIERRO INTERCAMBIABLE	20
4.2 MANGANESO INTERCAMBIABLE	23
4.3 ZINC INTERCAMBIABLE	24
4.4 COBALTO INTERCAMBIABLE	26
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
VI. RESUMEN	37
SUMMARY	39

TABLA

VII. BIBLIOGRAFIA. 40

APENDICE 49

PARTE I. 28

PARTE II. 39

PARTE III. 30

PARTE IV. 34

APENDICE

PARTE I. 1

PARTE II. 2

PARTE III. 3

PARTE IV. 4

T A B L A S

	Pág.
TABLA I. Hierro Intercambiable.	28
TABLA II. Manganeso Intercambiable	29
TABLA III. Zinc Intercambiable.	30
TABLA IV. Cobalto Intercambiable	31

A P E N D I C E

TABLA I. Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación entre las medidas estudiadas. Suelo.	1
TABLA II. Valores de "Fe" de los microelementos en su fracción intercambiable en suelos de diferentes regiones.	2
TABLA III. Coeficiente de variabilidad de los microelementos en suelos de diferentes regiones.	3
TABLA IV. Límites de confianza de los microelementos en los suelos del Altiplano de Ipiates.	4

INVESTIGACIONES DE TIERRAS. FIGURAS Y CUADROS REPRESENTATIVOS DE
SUELOS DE LA ZONA DE ESTUDIOS, DEPARTAMENTO DE MADRID (*)

Pág.

Figura 1.	Promedios de cobalto, hierro, manganeso y zinc intercambiables.	32
Figura 2.	Relación de el hierro intercambiable con el pH en los suelos.	33
Figura 3.	Relación de el manganeso intercambiable con las arcillas en los suelos.	34

Este tipo, unido a las diversas investigaciones que se pueden encontrar en el campo de estos elementos, hace obligatorio en materia de conocimiento de la zona intercambiable, que es la que tiene relación directa con la nutrición vegetal.

Por lo referente a la nutrición vegetal en los macrolitos y los oligolitos (estas de un orden del Aluminio de Eilios), se debe tener en cuenta que el elemento principal es el de estudiar la nutrición vegetal de estos elementos, que es el estudio.

(*) Datos de estas investigaciones que se encuentran en el tomo de Investigaciones Agrícolas, que se publicaron en el Ministerio de Fomento, Madrid, 1930.

DETERMINACION DE HIERRO, MANGANESO, ZINC Y COBALTO INTERCAMBIABLES EN
SUELOS DEL ALTIPLANO DE IPIALES, DEPARTAMENTO DE NARIÑO (+)

Por

LUIS ALVARO SALAS SILVA

I. INTRODUCCION

Las investigaciones agrícolas, en donde se ha tenido en cuenta la relación planta-suelo, han demostrado que los micronutrientes, a pesar de ser tomados en pequeñas concentraciones por las plantas, en algunos casos, han limitado en cierto grado la producción de buenas cosechas.

Todo esto, unido a las diversas interacciones que se pueden presentar en el suelo con otros elementos, hace obligatorio su estudio especialmente de la forma intercambiable, que es la que tiene relación directa con la nutrición vegetal.

Por lo anterior y habiéndose estudiado ya los macroelementos y las propiedades físicas de los suelos del Altiplano de Ipiales, se planeó el presente trabajo cuyo objetivo principal es el de estudiar la concentración presente de hierro, manganeso, zinc y cobalto.

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

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 Situación geográfica y descripción general de la zona

El Altiplano de Ipiales está situado a $1^{\circ} 49' 39''$ de latitud Norte y a $77^{\circ} 38' 14''$ de longitud al Oeste del Meridiano de Greenwich, con 520 mm. de presión atmosférica, temperatura media de $11,9^{\circ}\text{C}$., precipitación anual de 750 mm., una superficie de 1.695 Km^2 y a una altura sobre el nivel del mar de 2.896 m. (43). Según el sistema de Holdridge, seguido por Espinal y Montenegro (25), se encuentran las formaciones vegetales: Bosque seco Montano Bajo (bs-MB), Bosque húmedo Montano (bh-M), Bosque muy húmedo Montano (bmh-M).

El Altiplano ocupa la parte meridional de la Cuenca Interandina, que configura el centro de la región, además de la parte sur de la Vertiente Oriental de la Cordillera Centro-oriental, parte del Altiplano de Táqueres-Ipiales y el Sur-oeste de la Vertiente Occidental de la Cordillera del mismo nombre (19).

2.1.2 Suelos

Según Blasco, citado por González (28), los suelos en estudio son posiblemente andosoles, característicos de áreas volcánicas. Presentan perfiles del tipo A-C; el C es ceniza volcánica (blanca), se nota una serie de listas negras y oscuras de materia orgánica. Son suelos en los que no ha influido el clima como factor de formación y podrían cla

sificarse como calcinórficos (clasificación francesa) o "Insecticidas" con propiedades de Andepts (7a. aproximación).

2.2 MICRONUTRIENTES

2.2.1 Hierro

2.2.1.1 Importancia.

Se considera que la función principal del hierro en la planta es ayudar a la acción fotosintética de la clorofila, posiblemente actuando como catalizador, (5, 12, 54). Según Hill y Lehman, citados por Chamorro y Echeverría (16), el hierro precede siempre a la clorofila en su aparición y descomposición, aunque no está directamente en la estructura de la misma (53). Las plantas y los animales requieren este elemento en cantidades relativamente pequeñas (5, 6).

2.2.1.2 El hierro en el suelo.

El hierro tiene posiciones primordiales en la estructura de ciertos minerales silíceos. Los silicatos secundarios, incluyendo los minerales arcillosos, pueden contener cantidades considerables de hierro (10). El hierro en el suelo proviene de los minerales primarios como hornblenda, biotita y clorita, y de los minerales secundarios como óxidos e hidróxidos (49).

Según Demolón (21), el hierro entra en la composición de todas las rocas eruptivas. Se halla en los suelos bien en forma de si-

licatos o en forma de óxidos.

El hecho más sobresaliente en el comportamiento del hierro en el suelo es la capacidad para formar compuestos con diferente grado de oxidación; dos de los más importantes coexisten en el suelo; se trata del óxido ferroso (FeO) (hierro bivalente), forma reducida hallada en suelos anegados y del óxido férrico (FeO_3) (hierro trivalente) forma normal en suelos bien oxigenados (8, 10, 54).

En razón de que el hierro está contenido en los animales y vegetales, se encuentra presente en el suelo formando parte de varias sustancias orgánicas complejas que, mediante descomposición debida a procesos biológicos, pasan gradualmente a formas inorgánicas inaprovechables (54).

Chamorro y Echeverría (16), encontraron en suelos de la Sabana de Túquerres un contenido promedio de 140,660 ppm. para el suelo y 87,190 ppm para el subsuelo, en su forma intercambiable.

En Bahía, Brasil, De Santana (20), obtuvo que el contenido promedio de hierro disponible extraído con $\text{NH}_4\text{OAc.N}$ pH 4,8 en los suelos fué de 28,9 ppm y en los subsuelos de 20,8 ppm.

2.2.1.3 Solubilidad y toxicidad.

Las ventajas de las formas polivalentes del hierro es tán asociadas con la solubilidad de este elemento, por lo menos en los suelos de las regiones húmedas. Las formas reducidas al ser más solubles

que las oxidadas, producen efectos de toxicidad (10).

Según Blasco (8), la forma más soluble es la ferrosa, que predomina en los suelos de pH más bajos. La insolubilidad en las formas oxidadas de este elemento bajo condiciones alcalinas, puede resultar en una deficiencia de hierro (10). Así mismo se conoce que elevadas concentraciones de manganeso impiden el aprovechamiento del hierro (10, 54).

Para Worthen y Aldrich (59) y Buckman y Brady (10), la solubilidad es máxima en suelos muy ácidos. El ión férrico (Fe^{+++}) es soluble desde pH 3,0 hasta un poco por arriba de pH 5,0; a un pH neutro predomina el ión ferroso (Fe^{++}) (54).

2.2.1.4 Deficiencia en el suelo.

En general el hierro no es deficiente en la mayoría de los suelos. La carencia de este elemento suele producirse en las zonas áridas de regadío donde el pH de los suelos es elevado, resultando una reducción de la cantidad de hierro disponible en el suelo para las plantas. La deficiencia de hierro es grave en los suelos ricos en manganeso, como ocurre con algunos terrenos (1, 5, 10, 48). También la toma de hierro, puede ser reducida en presencia de un exceso de fosfato (10).

Según Russell, citado por Aguirre (1), las deficiencias de potasio y los abonados excesivos con fosfatos neutros o calizos son causas que pueden inducir a que se presente deficiencia de hierro.

Los suelos calcáreos bien oxidados, a veces son defi-

cientes de hierro o en manganeso asimilable, aún cuando están presentes cantidades adecuadas de estos elementos (10, 54).

La verdadera deficiencia de hierro, es rara en la naturaleza y puede producirse tan solo en condiciones artificiales, y por causa de interferencias en el balance natural o cuando está presente el sodio, que eleva el pH más de 8.0 (54). Los suelos arenosos con exceso de cal presentan deficiencia de hierro (10, 48).

2.2.2 Manganeso

2.2.2.1 Importancia.

El manganeso tiene varias funciones en la planta. Es un constituyente de algunas enzimas respiratorias, algunas veces, probablemente en asociación con hierro (48). Desempeña un papel importante en la síntesis proteica dentro de las plantas aunque también puede tener otras funciones (54). Acelera la germinación y la maduración; aumenta el aprovechamiento del calcio, del magnesio y del fósforo; fomenta la oxidación del suelo, coadyuva en la síntesis de la clorofila y ejerce funciones en la fotosíntesis (1, 12). El contenido de manganeso en las plantas oscila entre 5 y 1.000 o más partes por millón de peso seco (5, 6).

2.2.2.2 El manganeso en el suelo.

El manganeso se presenta en muchas rocas primarias, particularmente en rocas ferromagnéticas ricas en hierro (48).

La proporción del manganeso en la corteza terrestre no es más de 0.1%, principalmente en la forma bivalente. El manganeso puede presentarse en suelos y sus materiales originales en formas bivalente, trivalente y tetravalente (47). Según Goldschmidt, citado por Chamorro y Echeverría (16), el manganeso constituye el 0,09% de la corteza terrestre. Aguirre (1) dice que el contenido de manganeso en los suelos varía en general entre 0.01 y 0.03%.

En condiciones ácidas, los óxidos mangánicos se reducen a formas manganosas. Esta reducción es principalmente biológica y está favorecida por la presencia de materia orgánica oxidable y por condiciones anaeróbicas. En condiciones alcalinas, la tendencia existente es a la formación de óxidos superiores de manganeso (47).

Castro (11) halló un contenido promedio de manganeso total en suelos volcánicos de Nariño equivalente a 1.099,6 ppm, en tanto que para los subsuelos su valor fue de 1.111,1 ppm. También afirma que en los suelos de clima medio nariñense hay abundancia de manganeso, pero que su distribución es bastante irregular. En suelos volcánicos nariñenses de clima medio el manganeso de cambio presentó un promedio de 16,4 ppm; en los subsuelos dicho valor fue de 3,9 ppm. Según Benavides (7) el contenido de manganeso total para suelos de la Sabana de Bogotá es de 259,9 ppm en promedio.

En suelos latosólicos y suelos aluviales de Costa Rica, el contenido de manganeso disponible es de 3,8 y 10,0 ppm respectivamente, extraído con NH_4OAc pH 7,0 y en muestras tomadas a 20 cms. de profundidad (46).

De Santana (20) encontró en los suelos de la región caacaotera de Bahía, Brasil, que las cantidades promedio de manganeso disponibles HCl 0,1N, Na_2EDTA al 1% y NH_4OAc 1N a pH 4,8 y 7,0 eran respectivamente 288,4, 413,4 y 31,7 ppm para los suelos. En los subsuelos los valores fueron de 223,9, 99,4 y 6,7 ppm.

2.2.2.3 Solubilidad y Toxicidad.

En los suelos se encuentra el manganeso en formas solubles e insolubles, pudiendo existir en cantidad suficiente para las necesidades de los cultivos, y, sin embargo, manifestarse carencias en los mismos por su estado inactivo (1).

En medio alcalino, el manganeso divalente se oxida rápidamente y pasa por vía bioquímica al estado de óxidos superiores Mn_2O_3 y MnO_2 , insolubles e inasimilables, lo cual puede motivar fenómenos de carencia. En medio ácido, por el contrario la acción reductora de las materias orgánicas eleva el tanto por ciento de manganeso cambiante hasta un punto en que en algunos casos se convierte en tóxico (21). El manganeso contenido en los suelos facilita la oxidación de la materia orgánica, circunstancia muy estimable sobre todo en los suelos ubicados en comarcas muy lluviosas y que son propensos a estar gran parte de tiempo encharcados, con tendencia a formar materias tóxicas que por oxidación pierden esta cualidad (1).

Las aplicaciones fuertes de cal a un suelo ácido y sobre todo, el aumento repentino del pH hasta valores mayores que 6,5, cuando se encala con hidróxido de calcio, reduce la solubilidad (50, 54). Por

bajo de pH 6,5 no es frecuente que exista deficiencia de él; por esto todo lo que tienda a acidificar los suelos: aportaciones de azufre, sulfato de hierro y fertilizantes fisiológicamente ácidos, favorecen la movilización del manganeso inactivo (1). Una segunda causa de la deficiencia de manganeso puede ser la de que algunas bacterias del suelo o de las raíces de las plantas, oxidan el manganeso divalente en la zona radicular del cultivo (48).

El exceso de manganeso en el suelo (más de 112 Kg/Ha) resulta perjudicial para las plantas. La toxicidad natural debida al manganeso se observa en ciertos suelos de carácter latosólico, pero ocasionalmente se presenta en suelos orgánicos cuyo pH es inferior a 5,0 (54).

La forma intercambiable del manganeso en el suelo corresponde al MnO , mientras que las formas insolubles son MnO_2 y Mn_2O_3 , aunque este último puede reducirse parcialmente pasando a la posición de intercambio (24).

2.2.2.4 Deficiencia en el suelo.

La deficiencia por manganeso usualmente se presenta en los suelos neutros o alcalinos que son ricos en materia orgánica y tienen la capa freática cercana a la superficie (1, 13, 48). También puede manifestarse esta anomalía cuando el suelo permanece encharcado por largos períodos de tiempo (1).

Algunas de las pérdidas más graves a causa de la deficiencia en manganeso, se dan en los suelos turbosos, pero pueden presentarse en los demás tipos de suelos (32).

Teuscher y Adler (54) dicen que la deficiencia de manganeso suele ocurrir de la misma manera que la del hierro, en presencia de un exceso de calcio. La verdadera deficiencia de manganeso se ha observado especialmente en suelos arenosos. Los suelos orgánicos casi siempre son deficientes en manganeso (54).

2.2.3 Zinc

2.2.3.1 Importancia.

Según Buckman y Brady (10) el zinc y el manganeso funcionan en sistemas enzimáticos que son necesarios para importantes reacciones en el metabolismo de la planta. Experimentos realizados hacen pensar en la posibilidad de que el zinc sea usado por las plantas para la formación de ciertas sustancias promotoras del crecimiento (auxinas); también sugiere que interviene en la síntesis de proteínas (9, 12, 34, 48, 54). Este elemento es necesario para la producción normal de la clorofila (12), y en el proceso de reproducción de ciertas plantas (48).

El contenido de zinc de las plantas oscila corrientemente entre 25 y 75 ppm de partes de materia seca (5, 6).

2.2.3.2 El zinc en el suelo.

Los suelos contienen normalmente de 22 a 560 kgs de zinc por hectárea en la capa arable (6).

De acuerdo con Chamorro y Echeverría (16) afirma que

teniendo en cuenta las características de la roca madre, los suelos provenientes de material ígneo básico tendrán suficiente zinc en la generalidad de los casos.

Según Sauchelli, citado por Chamorro y Echeverría (16), el zinc se encuentra en el suelo formando complejos orgánicos o combinado con varios minerales, en posiciones de intercambio de los coloides del suelo y en equilibrio dinámico con la fracción existente en la solución del suelo.

El contenido de zinc en los suelos agrícolas es de 40 ppm. aproximadamente, con un rango para la mayor parte de los suelos entre 100 y 200 ppm (39). En otros casos se dan valores que están entre los 22 y 565 kilos en la capa arable de una hectárea (5, 6).

Chamorro y Echeverría (16), en suelos de la Sabana de Táquerres, obtuvieron un promedio de 0,966 ppm de zinc intercambiable para el suelo y 2,099 ppm para el subsuelo.

En suelos del Valle del Patía, Astaiza (2) determinó, en promedio, 1,058 ppm de zinc intercambiable en el suelo y 0,214 ppm para el subsuelo.

Para la región caucatera de Bahía, Brasil, De Santana (20) encontró que los promedios de zinc total para los horizontes A-B-C eran respectivamente: 40,4, 34,4 y 33,03 ppm. Los promedios para la fracción disponible eran: 3,9, 2,2 y 0,1 ppm.

Bavkovitch et al (45) encontraron en suelos arenosos de Israel, que las cantidades de zinc disponibles extraídas con EDTA (ácido etilendiaminatetraacético) hasta una profundidad de 90 cms. fluctuaron entre 3,3 y 4,3 ppm.

Marinho, citado por Chazorro y Echeverría (16), indica que el contenido de zinc disponible en suelos aluviales de Costa Rica a una profundidad de 20 cms. fue de 8,1 ppm, extraído con HCl 0,1N.

2.2.3.4 Disponibilidad en el suelo.

Allen y Boggs citados por Demolon (21), encontraron cantidades de zinc que oscilan entre 4 y 83 mg/kg, o sea de 9 a 140 kg. en la capa superficial (15 cms.). En las arcillas glaciales, Lundergårdh citado por Demolon (21) halló de 100 a 200 mg/kg.

2.2.3.3 Solubilidad y toxicidad.

La fijación de zinc a valores altos del pH viene favorecida por un segundo fenómeno relacionado con el pH del suelo. Las partículas de cal sobre todo si contienen dolomita o calcita, absorben fuertemente los iones de zinc (10).

Según Elgabaly citado por Chazorro y Echeverría (16), los suelos en los cuales las arcillas tienen la relación Si-Mg baja, el zinc se fija en forma no asequible para las plantas, al menos en forma rápida.

Demolon (21) dice que el zinc puede existir en la forma cambiante. El zinc es fácilmente asimilable con un pH de 5,0 a 7,0. Se en

cuentra a veces en cantidades tóxicas en los suelos orgánicos poco profundos (59).

Según Teuscher y Adler (54), ningún suelo está a salvo de la lixiviación de este elemento si la precipitación es suficiente para producir lavado. Además, indican que los compuestos que forma en el suelo son muy solubles si está presente el ión amonio.

2.2.3.4 Deficiencia en el suelo.

En algunos suelos orgánicos con pH elevado, hay deficiencia de zinc y manganeso (59). Las deficiencias de zinc también se las considera como resultantes de una reacción con la materia orgánica (10, 48).

Un exceso de encañado puede producir una deficiencia de zinc, tales condiciones se presentan en la naturaleza en muchos suelos calcáreos, aún conteniéndolos en cantidad apropiada (1, 10).

La deficiencia de zinc puede ser ocasionada algunas veces por la competencia de los microorganismos del suelo con las plantas para apropiarse las pequeñas cantidades de zinc que existen (48).

En suelos con material parental igneo ácido es probable que se presente deficiencia de zinc (4). En los suelos de mayor permeabilidad, como sucede con los de textura liviana o en las lateritas de los trópicos, el contenido de zinc tiende a ser bajo (57).

Teuscher y Adler (54) dicen que la verdadera deficiencia de zinc suele ocurrir en zonas de elevada insolación y alta temperatura en el verano. Según Russell y Russell (48) la deficiencia de zinc provoca algunas enfermedades en las plantas. A menudo la deficiencia en su forma aprovechable, ocurre en los suelos alcalinos o con cal excesiva (12).

2.2.4 Cobalto

2.2.4.1 Importancia.

El cobalto tiene una serie de funciones en la planta y en la nutrición animal (51). Es esencial para la formación de la vitamina B₁₂ (5, 6, 21, 54). Según Alba y Tisdale, citados por Soto (51), el cobalto es necesario en la fijación simbiótica del nitrógeno. La cobalamina actúa como mantenedora de la flora intestinal en la producción de hemoglobina, y al parecer, el cobalto en dosis adecuadas tiende a aumentar la producción de leche.

Las bacterias de los nódulos de las leguminosas requieren cobalto. Las leguminosas tienen más cobalto que las gramíneas, rara vez contienen menos del 0.07 ppm (6).

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 de cobalto tiende a disminuir (5, 6).

La deficiencia de cobalto en los animales está muy extendida, originando varias enfermedades (5, 6).

2.2.4.2 El cobalto en el suelo.

Hodgson y Mitchell, citados por Soto (51), señalan que la representación del cobalto en la composición media de la corteza terrestre alcanza a 23 ppm. Debido a que éste elemento se encuentra principalmente en materiales ferromagnesianos como olivinos, piroxenos y anfíboles, su concentración en las rocas ígneas básicas es de 45 ppm, mientras que en las rocas ígneas ácidas es de 5 ppm y en las rocas sedimentarias, a 23 ppm.

A veces el contenido transitorio en cobalto en los suelos es del orden de 2 ppm, o sea 4,5 kilos en la capa arable de una hectárea (5, 6).

Slater, citado por Soto (51), explica que el cobalto asequible aparece con dos valencias: como Co^{2+} y en forma $\text{Co}(\text{OH})^+$. Además, al complejarse con la materia orgánica puede actuar como Co^{3+} .

Se han realizado muy pocas estimaciones de su contenido total en suelos de Latinoamérica (51). Alba, citado por Soto (51), da una concentración de hasta 74,6 ppm en suelos de Pradera del Uruguay. En los suelos de las provincias de Buenos Aires y Tierra de Fuego (Argentina) Peoli y Lavrati, citados por Soto (51), detectaron cantidades variables entre 0,7 y 0,3 ppm. En los suelos de África Oriental, los resultados varían entre 0,2 y 9,0 ppm de cobalto total (10).

Villota (58) encontró un promedio, en condiciones de cultivo, de 3,81 ppm en los suelos y de 8,40 ppm en los subsuelos; en con

diciones de pradera el promedio en los suelos fué de 4,67 y de 9,34 ppm para el subsuelo; en condiciones de pantano se obtuvo en el suelo 15,73 ppm, y en el subsuelo 15,13 ppm de cobalto total.

Junca (35) indica un contenido aproximado de 9,0 ppm de cobalto total en algunos suelos de clima medio del Departamento de Nariño. Barros (3), determinó 4,5 ppm de cobalto total en suelos y subsuelos volcánicos del Altiplano de Pasto. En suelos de la Sabana de Túquerres, Chamorro y Echeverría (16) detectaron un contenido promedio de 0,874 ppm; en los subsuelos el contenido es de 0,858 ppm. Astaiza (2) obtuvo en los suelos del Valle del Patía un contenido promedio de 0,363 ppm para los suelos y 0,384 ppm en los subsuelos.

2.2.4.3 Solubilidad y toxicidad.

La solubilidad del cobalto disminuye a medida que aumenta el pH del suelo (60). Hill et al (33), afirman que las malas condiciones de drenaje aumentan la solubilidad de éste. Según Singh y Singh citados por Villota (58), no existe relación entre la asequibilidad del cobalto y el contenido de materia orgánica de los suelos. En general, según Slater citado por Soto (51), su comportamiento se asemeja al del hierro y manganeso, aumentando su disponibilidad a medida que dominan las condiciones reductoras y ácidas.

2.2.4.4 Deficiencia.

El cobalto, según Thompson (55), es deficiente en suelos derivados de rocas ígneas ácidas, calcéticas, dolomíticas y en suelos arenosos.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
BIBLIOTECA Y DOCUMENTACION
SERVICIOS AL PUBLICO

Spencer y Gleaking, citados por Chamorro y Echeverría (16) 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 aparece retenido por las arcillas, siendo mayor en retención en las expandibles del tipo 2:1 (29).

La falta de riqueza suficiente de cobalto en el suelo puede tener como resultado que las leguminosas no crezcan de modo satisfactorio o bien, en el caso de pastos y prados, que desaparezcan los tréboles y predominen las gramíneas (6).

III. MATERIALES Y METODOS

En el presente trabajo se emplearon las muestras de suelo y subsuelo, tomadas por Dulce y Santacruz (22), en su trabajo de propiedades físicas. Los sitios muestreados por estos investigadores fueron los siguientes:

Aldana	1 muestra
San Luis	1 muestra
Carlosama	2 muestras
Ipiales	8 muestras
Pupiales	7 muestras

3.1 ANALISIS QUIMICO DE LOS MICRONUTRIENTOS

3.3.1 Determinación de hierro, manganeso, zinc y cobalto intercambiables.

Para la determinación de hierro, manganeso, zinc y cobalto intercambiables, se siguió los métodos descritos por Chamorro y Echeverría (16), propuestos por Chang y Jackson con la modificación de Yang.

Las marchas analíticas no se describen debido a que han sido ampliamente explicadas en trabajos anteriores.

3.2 ANALISIS ESTADISTICO

Se utilizaron los criterios de regresión y correlación to-

mando en cuenta los siguientes parámetros: pH, materia orgánica y arcillas.

Las comparaciones con los otros trabajos existentes: Altiplano de Tiqueres y Valle del Patía, se basaron en las pruebas de hipótesis utilizando la prueba de Student (31).

Se calculó la variabilidad y los límites de confianza de acuerdo a la fórmula :

$$L_i = \bar{X} - Sx \cdot T$$

$$L_s = \bar{X} + Sx \cdot T$$

$$\text{Nivel de } t = 0.05$$

$$\text{Coeficiente de variación C.V.} = \frac{Sx}{\bar{X}} \cdot 100$$

en donde :

Sx = desviación standar

\bar{X} = media.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas I, II, III y IV, incluyendo los valores máximos, promedios y mínimos de los microelementos determinados, tanto para el suelo como para el subsuelo.

En la Figura 1, se muestra el contenido promedio de cobalto, hierro, manganeso y zinc intercambiables.

Las Figuras 2 y 3, indican las relaciones de pH con el hierro intercambiable y las arcillas con el manganeso intercambiable, respectivamente.

En las Tablas I, II, III y IV del Apéndice, se presentan los coeficientes de correlación y de variabilidad, algunas comparaciones a partir de la prueba de Student y los límites de confianza.

4.1 HIERRO INTERCAMBIABLE

La concentración promedio de hierro intercambiable del suelo (39,67 ppm) y del subsuelo (48,12 ppm), es más baja que la obtenida en la región de Téquarres (16), encontrándose una diferencia al nivel del 5% (Tabla II Apéndice).

Es posible, que la anterior diferencia entre estas dos zonas, que a grandes rasgos son similares, tanto en topografía como en su origen pedogenético y explotación, se deba especialmente a los procesos de meteorización allí presentes.

En efecto, se sabe que los suelos de Tiquerres presentan una mayor retención de agua (16). Su drenaje es bastante irregular, situación que naturalmente beneficia el proceso de reducción y por ende, el de una mayor concentración de hierro ferroso.

El hierro como el manganeso, en condiciones de baja aireación, sufre reducción de la forma Fe^{+++} a Fe^{++} que es la más soluble (56).

Si se tienen en cuenta las condiciones de mejor drenaje de los suelos de Ipiales, propiciadas por una profunda capa de arena y vidrio volcánico, es de esperar que la forma férrica prevalezca sobre la ferrosa, con el consiguiente decrecimiento de la fracción intercambiable. Además, estos suelos parecen ser más jóvenes que los de Tiquerres, ya que presentan un mejor porcentaje de arcillas (22).

Al comparar los promedios de estos suelos con los obtenidos por Soto (51) en suelos de Nicaragua, se observa que los valores son menores. Esta inferioridad se acentúa cuando la comparación se hace con las concentraciones obtenidas por el mismo autor utilizando como extractante oxalato de amonio y ácido clorhídrico.

En relación a lo anterior, Soto (51) afirma que el acetato de amonio, neutro y ácido, no actúa bien como extractante de hierro intercambiable en suelos derivados de cenizas volcánicas. Parece ser, que se forma acetato de hierro, de alta insolubilidad (44).

Aunque no hay datos que permitan predecir deficiencias o toxicidad a partir de las concentraciones presentes en el suelo, a la luz

de los resultados obtenidos, es posible que no se presenten deficiencias.

No obstante, se conocen ciertas interacciones, que pueden en un momento dado ocasionarlas. Por ejemplo el manganeso activo, por ser un agente oxidante, puede aumentar la forma férrica (Fe^{+++}) con la consiguiente disminución de la ferrosa (40).

Otro problema que se puede presentar es con el fósforo. Las continuas aplicaciones de fertilizantes fosfatados, como en el caso del zinc, puede aumentar la fracción no intercambiable al formar fosfato de hierro (42). Además, de acuerdo a Guerrero (30), los óxidos de hierro son los responsables de la mayor parte de la fijación del fósforo en los suelos volcánicos de Nariño.

Se detectó una correlación significativa de tendencia negativa ($r = -0,48$) con la variable pH. Sin embargo con la materia orgánica y las arcillas no hubo significancia (Tabla I Apéndice). El primer resultado puede ser explicado, en base al hecho de que estos suelos son ácidos (pH 5,5) y en estas condiciones aumenta el hierro intercambiable.

Resultados similares fueron encontrados en el Altiplano de Túquerres (16) y suelos de Nicaragua (51).

La variabilidad que presentaron los datos obtenidos es alta, superando a la que ofrecieron las observaciones de Túquerres (Tabla III Apéndice).

4.2 MANGANESO INTERCAMBIABLE

El manganeso de cambio para el suelo (18,40 ppm) y para el subsuelo (13,08), lo mismo que el límite superior (Tabla IV Apéndice) superan a los obtenidos en dos regiones de Maricao (11, 16). Bogotá (7), y Costa Rica (46). Son un poco más bajos que los detectados en el norte del Cauca (23), y suelos de Nicaragua (51), pero algo similares a los encontrados en el Valle del Patía (14).

De acuerdo a Sherman et al (52), el límite crítico del manganeso de cambio puede estar entre 2 y 5 ppm. De acuerdo a los resultados obtenidos en las actuales condiciones, es probable que no se presente deficiencia de este elemento. Aunque la concentración promedio supera este nivel, es de esperar, que dada la dinámica del manganeso y las condiciones de buena aireación que presentan estos suelos, (22), en lugar de aparecer reducción habrá una oxidación que disminuirá en cierto grado la forma manganosa.

Es conveniente, además, tener en cuenta que en este elemento, existen otras dos formas que pueden ser aprovechadas por las plantas: el manganeso fácilmente reducible y el soluble en agua.

En el presente caso, como se anotó anteriormente, dadas las características de drenaje aceptable que tienen estos suelos, es posible que la reducción no sea tan intensa, a no ser que intervengan algunos microorganismos reductores. En el caso del manganeso soluble en agua, por lo general ésta forma, de acuerdo a los fraccionamientos efectuados, está por debajo de 4 ppm (11, 14, 23).

En todo caso, es importante efectuar la caracterización del manganeso en estos suelos, para conocer con precisión la forma activa, integrada por el manganeso de cambio, reducible y soluble en agua.

Por otra parte, y en referencia a la toxicidad, Callego y Bueno (27) informan que algunas especies de plantas difieren en tolerancia; por ejemplo el maíz, puede soportar hasta 15 ppm. El trébol dulce y la lespedeza ofrecen síntomas de toxicidad cuando sus hojas presentan más de 400 o 500 ppm (41).

Se encontró una correlación altamente significativa ($r=0,67^{++}$) con las arcillas, posiblemente debido a la capacidad de intercambio catiónico de éstas. Su porcentaje de asociación ($r^2 = 45\%$) se considera como medio. Sin embargo supera al de otros elementos estudiados (Tabla I Apéndice).

No se detectó ninguna significancia con las variables materia orgánica y pH (Tabla I Apéndice).

La variabilidad que ofrecieron los datos, se cataloga como alta, superando a la obtenida en las observaciones de la Sabana de Túquerres (Tabla III Apéndice).

4.3 ZINC INTERCAMBIABLE

La concentración promedio de zinc aprovechable para el suelo (10,65 ppm) y para el subsuelo (12,98 ppm), lo mismo que el límite de confianza mayor (Tabla IV Apéndice), superan a las obtenidas por Chamorro y colaboradores (17) en la Sabana de Túquerres y por Astaiza en el Valle del Patía

(2). Al comparar estos promedios se encontró diferencia significativa (Tabla II Apéndice).

Esta mayor concentración, posiblemente se debe al efecto del pH, en este caso ácido. De acuerdo a Tisdale y Nelson (56) este elemento es más disponible en suelos ácidos que en alcalinos. Al parecer en suelos donde existen altas concentraciones de carbonato de calcio o de magnesio, (pH alto) el zinc reacciona con éstos, formando carbonato de zinc (Smithsonita) que tiene muy baja solubilidad (37).

Los resultados indican, que en las actuales condiciones, no se presente respuesta a la aplicación de este micronutriente. En la recopilación hecha por Cox y Kamprath (15), se coloca como límite crítico una parte por millón; aunque Chapman (18) lo baja a 0,05 ppm. Por otra parte, este resultado y aún el límite superior (14,4 ppm) se aleja bastante de la concentración que algunos investigadores catalogan como tóxica. En efecto, Gall y Barnett (26), dan como límites peligrosos en frijol 0,27 a 0,48 n.e./100 gr. de suelo, que equivalen a 77,75 y 146,00 ppm respectivamente.

En cuanto a deficiencia de zinc a largo plazo, no debe tener en cuenta, que en la actualidad se están aplicando en forma continua, altos niveles de fósforo. Se sabe que el fósforo puede reaccionar con este elemento, formando ortofosfato de zinc, compuesto que no es aprovechable por la planta (42). Por lo anterior, es de esperar, que con el tiempo esta interacción pueda disminuir la forma aprovechable.

La variabilidad que se detectó sigue siendo alta, mayor que la que ofrecieron los datos del Valle del Patía, pero menor que la que se

encontró en la Sabana de Tóquerres (Tabla III Apéndice).

Ninguna de las variables propuestas (pH, materia orgánica y arcillas) correlacionaron significativamente con el zinc intercambiable (Tabla I Apéndice). Sus porcentajes de asociación fueron definitivamente muy bajos.

4.4 COBALTO INTERCAMBIABLE

La concentración promedio del cobalto intercambiable del suelo (0,10 ppm) y del subsuelo (0,05 ppm), es más baja que las obtenidas en la Sabana de Tóquerres (16) y en el Valle del Patía (2), detectándose para el suelo diferencia significativa (Tabla II Apéndice).

Esta baja concentración, puede tener una posible explicación en el estado del drenaje de los suelos. En efecto, se debe tener en cuenta que la textura de éstos (22), es más liviana que la de los del Patía y de Tóquerres. Su mayor porcentaje de arenas, especialmente en el subsuelo, ofrece un fácil movimiento vertical del agua, permitiendo más aireación. Esto, aumentará los procesos de oxidación, que en lugar de favorecer el cobalto intercambiable, lo disminuye, ya que de acuerdo a Soto (51) el comportamiento de este elemento se asemeja al del hierro y manganeso, que necesitan condiciones reductoras para aumentar su disponibilidad.

Además, parece ser que el acetato de amonio ácido, no extrae todo el cobalto intercambiable. Soto (51) encontró que el oxalato de amonio ácido es el más recomendado cuando se trata de suelos de origen volcánico.

Aunque este elemento, de acuerdo a Bear (8), no es esencial para la nutrición de la planta, sí tiene importancia en el metabolismo animal. De acuerdo a Kubota y Allaway (36), parece ser que las leguminosas (0,18 ppm en sus hojas) tienen mayor capacidad de extracción de cobalto que los pastos (0.08 ppm). Este dato indica que es más conveniente la mezcla leguminosas - pastos para que el ganado obtenga el elemento en aceptables condiciones.

De acuerdo a Iazar y Eason (38), adiciones de 0,42 kgs/co₂ balto/ha en la forma de SO₄Co puede satisfacer el requerimiento animal.

Los porcentajes de asociación, calculados en base a la correlación existente entre el cobalto aprovechable, el pH, las arcillas y la materia orgánica se consideran como bajos (Tabla I Apéndice). En los tres casos no fué significativa la correlación, resultados que coinciden con los obtenidos en suelos de Nicaragua (51).

La variabilidad de los datos estudiados es alta, comparada con la que ofrecen las observaciones de esta misma forma, en suelos de Túquerres y Patía (Tabla III Apéndice).

Repeticiones 1	10,775	117,392
Repeticiones 2	11,225	117,392
Repeticiones 3	11,225	117,392
Repeticiones 4	11,225	117,392
Repeticiones 5	11,225	117,392
Repeticiones 6	11,225	117,392
Repeticiones 7	11,225	117,392
Repeticiones 8	11,225	117,392
Repeticiones 9	11,225	117,392
Repeticiones 10	11,225	117,392
Repeticiones 11	11,225	117,392
Repeticiones 12	11,225	117,392
Repeticiones 13	11,225	117,392
Repeticiones 14	11,225	117,392
Repeticiones 15	11,225	117,392
Repeticiones 16	11,225	117,392
Repeticiones 17	11,225	117,392
Repeticiones 18	11,225	117,392
Repeticiones 19	11,225	117,392
Repeticiones 20	11,225	117,392

TABLA I

HIERRO INTERCAMBIABLE
Resultados en ppm

NOMBRE DE LA MUESTRA	SUELO	SUB-SUELO
Aldana	50,7375	117,3612
San Luis	23,4784	56,9240
Carlosama 1	107,3650	64,7595
Carlosama 2	80,9580	119,7482
Ipiales 1	71,9940	79,8000
Ipiales 2	15,5850	20,2468
Ipiales 3	125,3208	60,9470
Ipiales 4	10,1800	17,0258
Ipiales 5	17,6120	18,5150
Ipiales 6	13,7904	23,3280
Ipiales 7	12,8905	15,6000
Ipiales 8	43,0958	33,9900
Pupiales 1	22,9152	75,7020
Pupiales 2	13,8072	22,2810
Pupiales 3	30,0390	18,4976
Pupiales 4	25,2240	53,4040
Pupiales 5	19,0735	37,7346
Pupiales 6	35,9136	36,1571
Pupiales 7	33,8580	42,2584
	125,3208	119,7482
MAXIMO	39,6756	48,1200
PROMEDIO	10,1800	15,6000
MINIMO		

TABLA II
 MANGANESO INTERCAMBIABLE
 Resultados en ppm

NOMBRE DE LA MUESTRA	SUELO	SUB-SUELO
	17,9375	2,2440
Aldana	22,2640	11,984
San Luis	14,170	31,0635
Carlosama 1	12,360	5,1350
Carlosama 2	6,2868	3,780
Ipiales 1	23,3775	13,6356
Ipiales 2	8,6856	1,2396
Ipiales 3	25,4500	4,36
Ipiales 4	6,7340	12,1670
Ipiales 5	11,6610	14,040
Ipiales 6	11,3680	7,280
Ipiales 7	13,4030	10,5060
Ipiales 8	2,0460	16,3680
Pupiales 1	34,5180	49,4426
Pupiales 2	55,3350	23,1220
Pupiales 3	26,2750	15,9185
Pupiales 4	27,4246	3,6085
Pupiales 5	18,2700	4,3960
Pupiales 6	12,122	18,3050
Pupiales 7		49,4426
	55,3350	
MAXIMO	18,4046	13,0839
PROMEDIO	2,0460	1,2396
MINIMO		

TABLA III
 ZINC INTERCAMBIABLE
 Resultados en ppm

NOMBRE DE LA MUESTRA	SUELO	SUB-SUELO
	10,5811	7,6967
Aldana	12,6374	4,8102
San Luis	1,0889	25,6676
Carlosama 1	0,1372	7,0450
Carlosama 2	15,1948	8,1119
Ipiales 1	26,2950	10,3197
Ipiales 2	23,4139	5,3318
Ipiales 3	7,7291	13,4299
Ipiales 4	11,7296	13,2118
Ipiales 5	5,5377	7,1928
Ipiales 6	10,9848	7,6190
Ipiales 7	7,2098	5,3163
Ipiales 8	7,1538	63,0219
Pupiales 1	11,3203	15,1925
Pupiales 2	4,2118	13,1244
Pupiales 3	9,6245	4,4459
Pupiales 4	27,8092	24,2043
Pupiales 5	5,2148	10,0641
Pupiales 6	4,5238	0,8708
Pupiales 7		63,0219
	27,8092	
MAXIMO	10,6525	12,9829
PROMEDIO	0,1372	0,8708
MINIMO		

TABLA IV
 COBALTO INTERCAMBIABLE
 Resultados en ppm

NOMBRE DE LA MUESTRA	SUELO	Sub-SUELO
Aldana	0,4387	0,0590
San Luis	0,1214	0,0375 <i>Suelo</i>
Carlosama 1	0,0382	0,0849 <i>Subsuelo</i>
Carlosama 2	0,2833	0,0308
Ipiales 1	0,0259	0,0727
Ipiales 2	0,1195	0,0243
Ipiales 3	0,0584	0,0263
Ipiales 4	0,0468	0,0382
Ipiales 5	0,0669	0,0635
Ipiales 6	0,0466	0,0870
Ipiales 7	0,0885	0,0512
Ipiales 8	0,0666	0,0221
Pupiales 1	0,0381	0,0471
Pupiales 2	0,1203	0,1273
Pupiales 3	0,1253	0,1808
Pupiales 4	0,0483	0,0663
Pupiales 5	0,1340	0,0507
Pupiales 6	0,0522	0,0159
Pupiales 7	0,0314	0,0314
MAXIMO	0,4387	0,1808
PROMEDIO	0,1027	0,0587
MINIMO	0,0259	0,0159

1- Promedios de Cobalto intercambiable
 2- Promedios de Hierro
 3- Promedios de Manganeso
 4- Promedios de Zinc intercambiable

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
 PASTO - COLOMBIA
 BIBLIOTECA ESPECIALIZADA

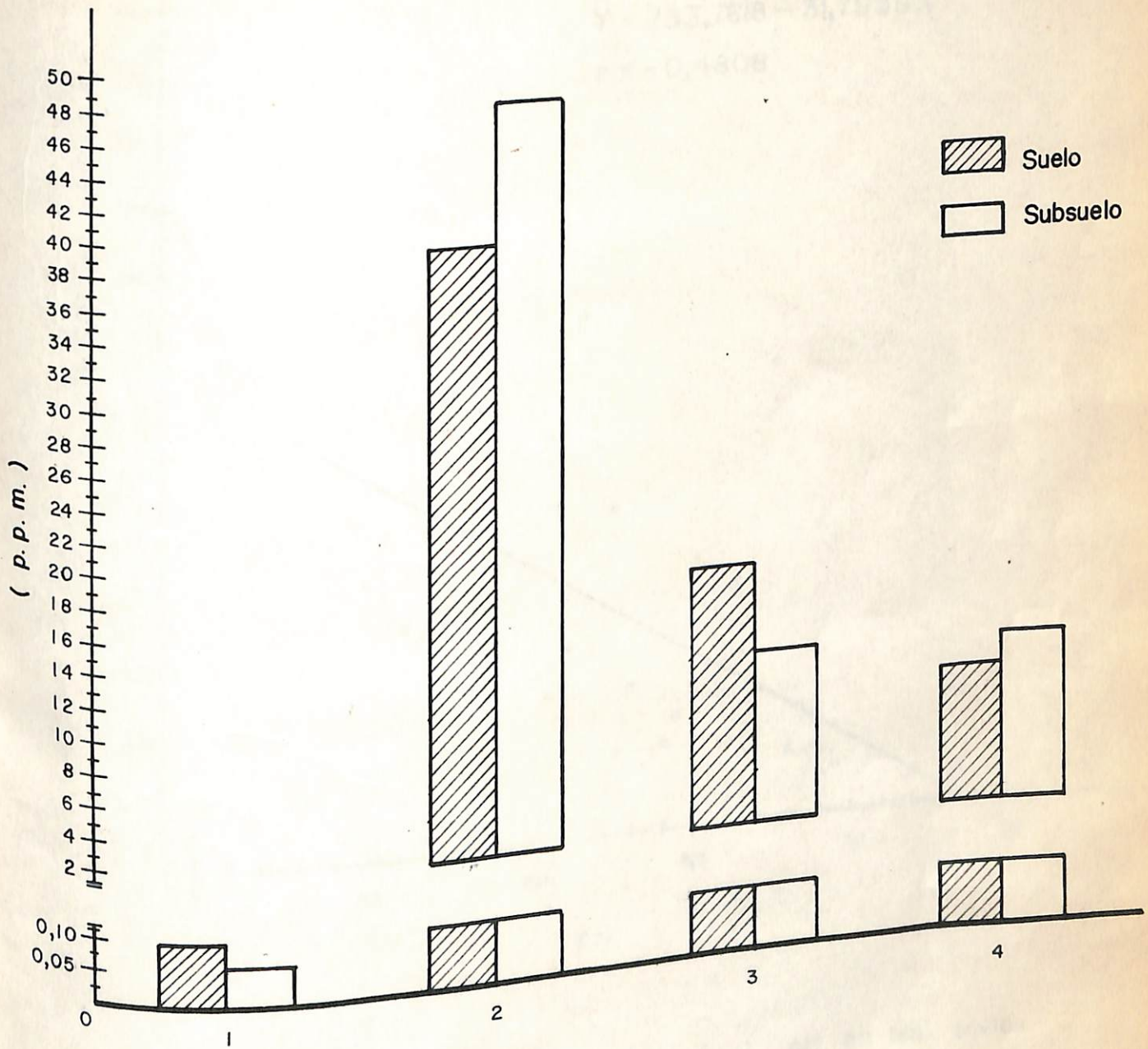


Fig. - 1 -

- 1 - Promedios de Cobalto intercambiable.
- 2 - Promedios de Hierro intercambiable.
- 3 - Promedios de Manganeso intercambiable.
- 4 - Promedios de Zinc intercambiable.

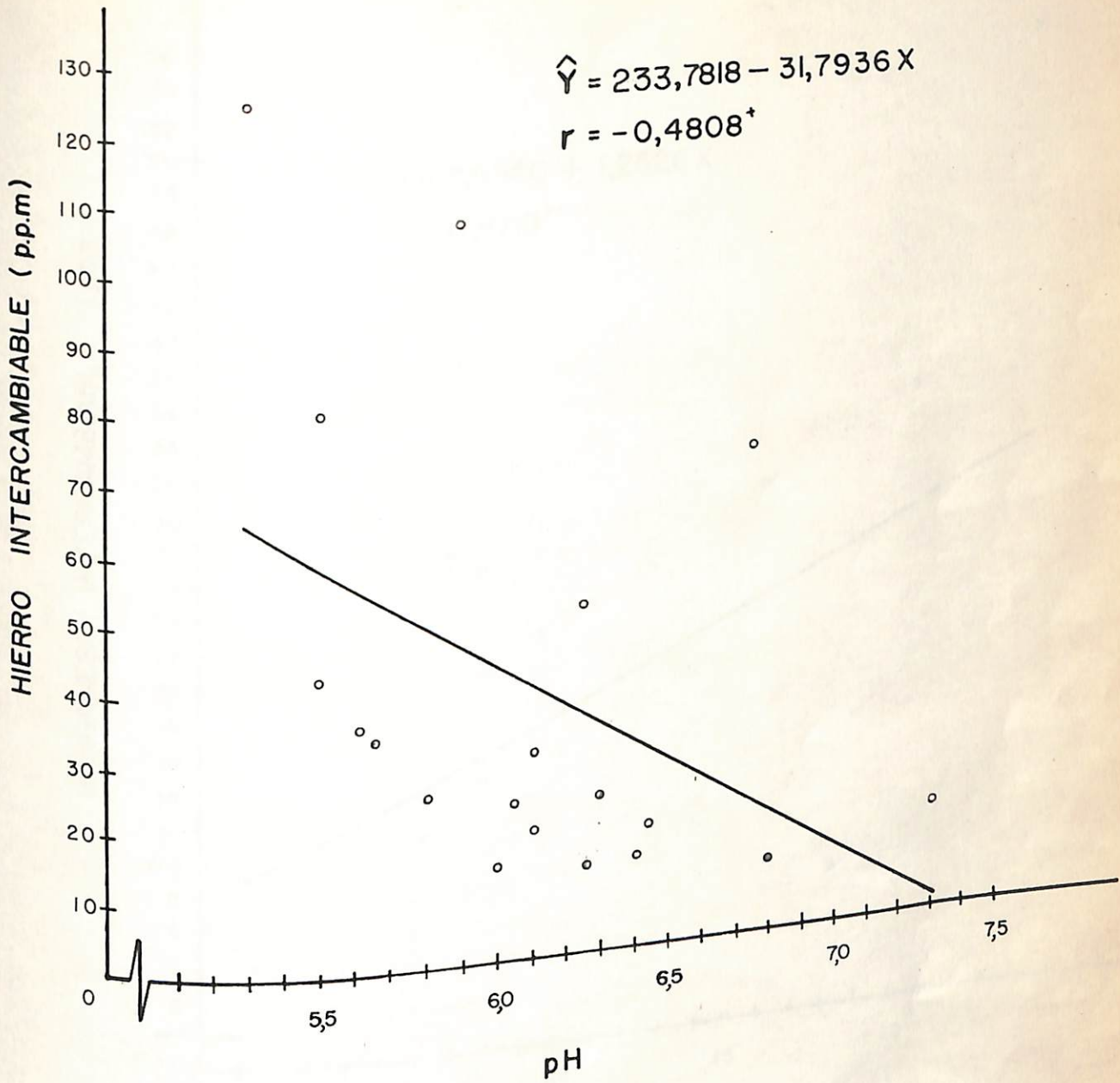


Fig.- 2 - Relación del Hierro intercambiable con el pH en los suelos.

UNIVERSIDAD
BIBLIOTECA Y DOCUMENTACIÓN
SERVICIOS AL PÚBLICO

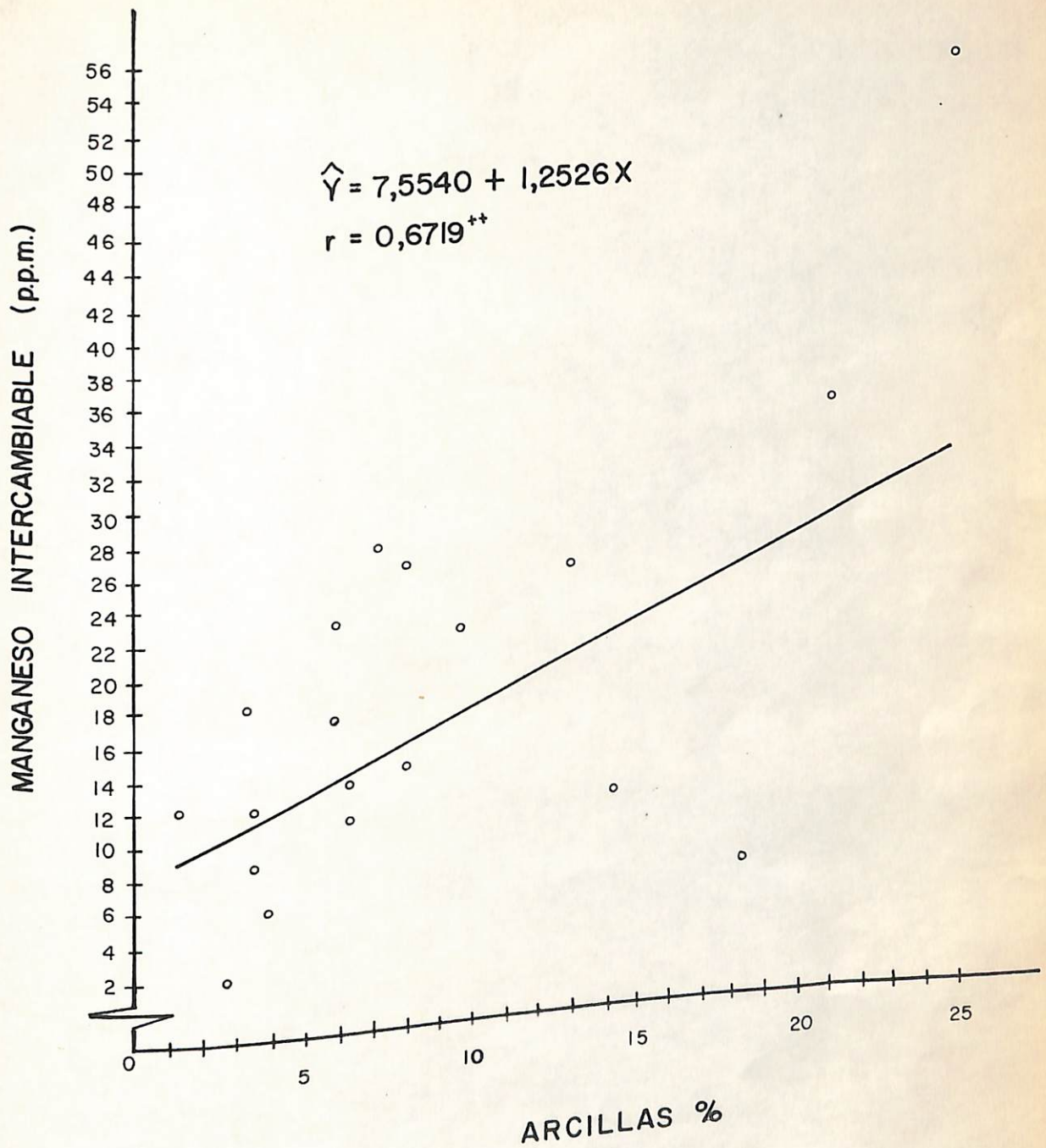


Fig. - 3 - Relación del Manganeso intercambiable con las Arcillas en los suelos.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En las actuales condiciones, y de acuerdo a los resultados obtenidos se espera que no haya respuesta a las aplicaciones de hierro, manganeso, zinc y cobalto en estos suelos.
2. Es probable que con el transcurso del tiempo, se presente alguna deficiencia de zinc, a causa de la interacción con el fósforo y el encalado.
3. Existe un mayor aprovechamiento de estos micronutrientes en los suelos del Altiplano de Ipiiales que en los de Tiqueres.
4. No se esperan efectos tóxicos de acuerdo a las concentraciones detectadas.
5. La alta variabilidad que presentan los datos encontrados, obligan a aumentar en el futuro el número de muestras por analizar, con el objeto de alcanzar una mayor confiabilidad en los resultados.
6. En el caso del manganeso, sería conveniente determinar la forma activa en lugar de la intercambiable.
7. Es importante efectuar una comparación de extractantes, teniendo en cuenta la relación planta-suelo.
8. En regiones dedicadas a la ganadería, se recomiendan praderas

con mezcla de leguminosas-pastos, dada la mayor extracción de cobalto que presentan las leguminosas.

El presente trabajo se realizó en un sector del Altiplano de Iquitos, Perú, situado a 10 49' 30" latitud Sur, y a 77° 13' 14" longitud Oeste, del hemisferio de Occidente.

Se determinaron las fracciones extractibles de los microelementos: hierro, manganeso, zinc y cobalto. Como relación extracción de estos, se realizó en las p. 4, 5.

Los valores obtenidos en un estudio preliminar para los suelos fueron: hierro 10,874 ppm, manganeso 13,406 ppm, zinc 12,653 ppm y cobalto 0,3377. En los estudios en comparación de hierro, 48,123 ppm, manganeso 12,453 ppm, zinc 12,312 ppm y cobalto 0,3567.

El manganeso y zinc de estos suelos presentan un alto contenido en relación al contenido de estos en suelos de la región de Tarma. El hierro es alto debido al contenido de hierro en el suelo. La mayor extracción de estos se debe a los efectos del pH y a las características de los suelos estudiados en estas zonas.

El hierro y el zinc presentan un contenido más bajo que los valores de referencia. Fundamentalmente debido a las características físicas y químicas de estos suelos.

Los estudios preliminares de microelementos en suelos de esta zona se realizaron en las p. 4, 5.

VI. RESUMEN

En las extracciones de los suelos se obtuvieron los resultados obtenidos se comparan con los datos reportados a las aplicaciones de hierro, manganeso, zinc y cobalto en estos suelos.

El presente trabajo se realizó en suelos del Altiplano de Ipiates, Tariño, situado a $12^{\circ} 49' 39''$ Latitud Norte, y a $77^{\circ} 38' 14''$ Longitud Oeste, del Meridiano de Greenwich.

Se determinaron las fracciones cambiables de los micronutrientes hierro, manganeso, zinc y cobalto. Como solución extractora de éstos, se utilizó NH_4OAc pH 4.8.

Los valores obtenidos en su contenido promedio fueron para los suelos: hierro 39,6756 ppm, manganeso 18,4046 ppm, zinc 10,6525 ppm y cobalto 0,1027. En los subsuelos se encontraron de hierro, 48,1200 ppm, manganeso 13,0839 ppm, zinc 12,9829 ppm y cobalto 0,0587.

El manganeso y zinc de cambio presentaron un alto contenido en promedio en relación al obtenido en suelos de la región de Túquerres. El manganeso es algo similar al encontrado en el Valle del Patía. La mayor concentración se debe a los efectos del pH y a las características de drenaje aceptable de estos suelos.

El cobalto y el hierro presentaron un contenido más bajo que los suelos de Túquerres. Posiblemente debido a las características físicas y a los procesos de meteorización allí presentes.

Los diferentes niveles de micronutrientes se consideran normales para los cultivos.

En las condiciones actuales y de acuerdo a los resultados obtenidos se espera que no haya respuesta a las aplicaciones de hierro, manganeso, zinc y cobalto en estos suelos.

located at 19° 30' north latitude and 77° 18' 14" west longitude, they
with similar.

exchangeable fractions of iron, manganese, zinc and cobalt were
determined in 1954, and used as nutrient solutions.

Average values for these soils were: iron 25,875 ppm, manganese
15,400 ppm, zinc 12,425 ppm and cobalt 6,327 ppm. In addition these values
were from 15,100 ppm, manganese 11,000 ppm, zinc 10,000 ppm and cobalt
5,000 ppm.

Manganese and exchangeable zinc showed a high content compared
with that of soils of Venezuela (Barina). In addition it is clear that at
this or more (Barina). These concentrations were higher than those of
soils of Barina in Venezuela.

Cobalt and iron were lower than in soils of Venezuela, possibly due
to physical characteristics of the soil.

It is possible that the low content of iron, manganese, zinc and cobalt
is due to the physical characteristics of the soil.

It is possible that the low content of iron, manganese, zinc and cobalt
is due to the physical characteristics of the soil.

SUMMARY

This study was carried out in soils of Ipiales Highland, Nariño, located at $1^{\circ} 49' 39''$ North latitude and $77^{\circ} 38' 14''$ West longitude, Greenwich meridian.

Exchangeable fractions of iron, manganese, zinc and cobalt were determined NH_4OAc , was used as extractor solution.

Average values for these soils were: iron 39,6756 ppm, manganese 18,4046 ppm, zinc 10,6525 ppm and cobalt 0,1027. In subsoils these values were: iron 48,1200 ppm, manganese 13,0839, zinc 12,9829 ppm and cobalt 0,0587 ppm.

Manganese and exchangeable zinc showed a high content compared with that of soils of Tuquerres (Nariño). Manganese is similar to that of Valle of Patia (Cauca). Major concentration is caused by pH and by characteristics of drainage in these soils.

Cobalt and iron were lower than in soils of Tuquerres, possibly due to physical characteristics and to meteorization processes.

Different levels of micronutrients are normal for crops.

It is possible there is not responses to applications of iron, manganese, zinc and cobalt, in the present conditions of these soils.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, A.J. Suelos, abonos y enmiendas. Ed. Dossat, S.A. Madrid, 1.963. 451p.
2. ASTAIZA, M.J. Determinación de boro, cobalto, zinc y aluminio intercambiables en suelos del Valle del Patía, departamento del Cauca. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, 1972. 54p.
3. BARROS, M.P. Determinación de molibdeno, cobre y cobalto en algunos suelos del Altiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola, Pasto, 1.969. 106p.
4. BEAR, F.E. Chemistry of the soil. Reinold. New York, 1958. 373p.
5. ———. Suelos y fertilizantes. Trad. de Jorge Rozal. 2a. ed. Ed. Omega. Barcelona, 1963. 457p.
6. ———. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Ed. Omega, S.A. Barcelona, 1969. 368p.
7. BENAVIDES, S.T. Estado del manganeso en suelos de la Sabana de Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1958. Bogotá, 49p.
8. BIASCO, L.M. Curso de suelos. Facultad de Agronomía. Palmira, 1963. 428p. (en mimeógrafo).

9. BLASCO L.M. y BOHORQUEZ, N. Estudios sobre la composición química del ramio (Bohemeria nivea L. Gaud). Agric. Tropo. Bogotá, 23: 813-818. 1967.
10. BUCKMAN y BRADY. Naturaleza y propiedades de los suelos. Uteha. México, 1966. 520p.
11. CASTRO, P.J. Formas de manganeso en suelos de clima medio en el departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, Pasto, 1969. 73p.
12. CENTRO REGIONAL DE AYUDA TECNICA. Manual de fertilizantes. Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.) México, 1970. pp.51-52.
13. COOKE, G.W. Fertilizers and Profitable Farming. Ed. Chemical Publishing Co., Inc. New York. 1a. Ed. 1963. 122p.
14. CORTEZ, V.M. Formas de manganeso en suelos del Valle del Patía. Tesis Ing. Agr. (no publicada). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, 1973. 63p.
15. COX, F.R. y KAMPRATH, E.J. Micronutrients soils tests. In Mortvedt, J.J. et al., eds. Micronutrients in Agriculture. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1972. pp.289-317.
16. CHAMORRO, M.B. y ECHEVERRIA, P.C. Determinación de aluminio, boro, cobre, cobalto, hierro, manganeso y zinc intercambiables en suelos de la Sabana de Tiquares. Departamento de Nariño. Tesis Ing.

- Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. 1971. 77p.
17. CHAMORRO, M.B. et al. Aluminio, boro, cobre, cobalto, hierro, manganeso y zinc disponibles en suelos volcánicos de la Sabana de Táquerres, Departamento de Nariño, Colombia. Rev. Ciencias Agrícolas (Colombia) 4:23:39. 1972.
 18. CHAPMAN, N.D. Zinc. In Diagnostic criteria for plants and soils. H. Chapman. ed. Riverside, California, Univ. California. Div. Agric. Sci. 1966. pp.484-499.
 19. CHAVES, M. et al. Estudio socio-económico de Nariño. Md. Arco. Ministerio del Trabajo. División Técnica de la Seguridad Social Campesina, Bogotá, 1959. 218p.
 20. DE SANTANA, CH. Formas totales y disponibles de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno en suelos de la región cacaotera de Bahia, Brasil. Tesis de M.Sc. Centro Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Turrialba, Costa Rica, 1971. 86p.
 21. DEMOLON, A. Dinámica del suelo. Principios de Agronomía. Edic. Omega, S.A. Barcelona, 1965. 527p.
 22. DULCE, R.A.J. y SANTACRUZ, M. Propiedades físicas de algunos suelos volcánicos del Altiplano de Ipiales, Nariño. Universidad de Nariño, Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. 1971. 78p.

23. DULCEY, M.G. Fraccionamiento de manganeso en los suelos del Departamento del Cauca (efecto)- Sector Santander - Villarrica)). Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, 1972. 63p.
24. DUCHAUFOUR, P. *Precis de pédologie*. Masson, Paris, 1965. 481p.
25. ESPINAL, T.L. y MONTENEGRO, S. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" Bogotá, 1963. 210p.
26. GALL, O.E., and BARNETTE, R.M. Toxic limits of replaceable zinc to corn and cowpeas grown on three Florida Soils. *Journal of American Society of Agronomy*. 32:23-32. 1940.
27. GALLEGO, R. y BUENO, C. Contenido y distribución de manganeso en suelos de Centro y Norte de España. *Anales de Edafología y Fisiología Vegetal*. 18 (5): 347-387. 1959.
28. GONZALEZ, G.G. Fraccionamiento de fósforo en suelos volcánicos del Altiplano de Ipiales, Nariño. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, 1971. 65p.
29. GONZALEZ, F. y GARCIA, A.M. Geoquímica del cobalto en los suelos de Andalucía Occidental. Contenido de cobalto total y caracteres generales de los suelos del Guadalquivir. *Anales de Edafología y Agrobiología*, Madrid, 23: 305-321. 1964.

30. GUERRERO, R.R. Estudio de la capacidad de fijación de fósforo y sus formas, en suelos volcánicos de cuatro regiones Andinas de Nariño. Tesis de promoción. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. 1971. 38p.
31. _____ . Apuntes de Estadística. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, 1972. pp.57-67. (En mimeógrafo).
32. HALL, A.D. Estudio científico del suelo. 5a. Ed. Edit. Aguilar, Madrid, 1961. 312p.
33. HILL, A.C., TOTH, S.J. and BEAR, P.B. Cobalt status of New Jersey soils and forage plants and factors affecting the cobalt content of plants. Soil Science Society of America Proceedings. 1953. 273-284p.
34. IGUE, K. y DORNEMISZA, E. El problema del zinc en suelos y plantas de regiones tropicales y de zonas templadas. Fitotecnia Latinoamericana. 4 (1): 29-44. 1967.
35. JUNCA, C. Determinación de cobalto, cobre, molibdeno en algunos suelos de clima medio en el departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, Pasto, 1970. 101p.
36. KUBOTA, J. and ALIWAY, W. Geographic Distribution of Trace Element Problems. In Mortvedt, J.J., ed. Micronutrients in agriculture.

36. Madison, Wisconsin, Soils Science Society of America, 1972. pp. 529-532.
37. KRAUSKOPF, B.K. Geochemistry of micronutrients. In Mortvedt, J.J., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, 1972. pp.7-40.
38. LAZAR, V.A., and HEESON, K.C. Mineral nutrients in native vegetation on Atlantic coastal plain soil types. Jour. Agr. Food Chemm. 4: 439-444. 1956.
39. MITCHELL, R.L. Trace elements in agriculture. Reinold New York. 1964. 248p.
40. MILLER, E.U. Fisiologia Vegetal. Trad. de F. Latorre. UTEHA. 1967. 344p.
41. MORRIS, H.D. The soluble manganese content of acid soils and its relation to the growth and manganese content of sweet clover and lespedeza. Soil Sci. Soc. Amor. Proc. 1948. 13:362-371. 1949.
42. MURILLO, L.M. O. Problema a interacao zinco fosforo. In Revisiones Biológicas sobre Química de Suelos. IICA, Turrialba, 1970. pp. 131-141.
43. OVIEDO, A. Monografía de la ciudad de Ipiales. Imprenta del Departamento, Pasto, 1964. 96p.

44. PEECH, M. Chemical methods for assessing soil fertility. In Kitcher, H.B., ed. Diagnostic techniques for soils and crops. Washington, D.C., American Potash Institute, 1968. pp.1-52.
45. RAVIKOVITCH, S. et al. Microelements in soils of Israel. Soil Science Society of America Proceedings. 92(2):85-89. pp.1-52.
46. ROLDAN, R.J. Diferentes formas de manganeso en suelos de la región oriental de la Meseta Central. Universidad de Costa Rica, San José, 1969. 61p.
47. ROBINSON, W.G. Los suelos su origen, constitución y clasificación. 2a. ed. Edit. Omega, S.A. Barcelona, 1967. pp.181-183.
48. RUSSELL, J.E. y RUSSELL, W.E. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. 2a. ed. Ed. Aguilar. Madrid, 1959. 769p.
49. SAUCHELLI, V. Trace elements in agriculture. Reinold. New York, 1969-248p.
50. SANCHEZ, B. y DIOS, R. Estudio químico de los suelos naturales y agrícolas Gallegos y de las relaciones entre su contenido de nutrientes. Manganeso, hierro y aluminio. Anales de Edafología y Agrobiología. 23: 411-430. 1964.
51. SOTO, G.C. Estudio de la concentración y distribución de los micronutrientes en un Transecto de Nicaragua. Tesis de grado M.Sc. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA (IICA). Tu-

- rialba, 1973. 139p.
52. SHERMAN, G.D., HARGIE, J.S., and HODKISS, W.S. Determination of active manganese in soil. *Soil Sci.* 54:253-257. 1942.
53. STOKLASA, J. The physiological function of iron in plants. *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris.* 127(5):282-283. (Res. in Bibliography minor elements, V. I:1020). 1951.
54. TEUSCHER, H. y ADLER, R. El suelo y su fertilidad. Continental, México, 1965. 510p.
55. THOMPSON, L.M. Soil and soil fertility. 2th. ed. McGraw Hill. New York, 1957. 451p.
56. FISDALE, L.S. y NELSON, W.L. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. por Jorge Balasch. Barcelona, Montaner y Simon, 1970. 760p.
57. VINOGRADOV, A.P. The geochemistry of rare and dispersed chemical elements in soils. 2th. ed. Bureau. Inc. New York, 1959. 209p. (Translated from russian).
58. VILLOTA, M.J. Determinación de boro, cobre, cobalto y molibdeno en los suelos del Valle de Sibundoy, Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola, Pasto, 1970. 101p.

59. WORTHEN, E.L. y ALDRICH, S.R. Suelos agrícolas, su conservación y fertilización. 2a. ed. Edit. Hispanoamericana, México, 1959. 415p.
60. YOUNG, R.A. Some factors affecting the solubility of cobalt. Soil Science Society of America Proceedings. 13:122-126. 1949.

A P E N D I C E

RESUMEN DE RESULTADOS Y OBSERVACIONES DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

1950

NO. DE MUESTRA	DESCRIPCION	NO. DE ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

A P E N D I C E

* Significación al nivel del 5%
 ** Significación al nivel del 1%
 *** = Datos no disponibles

...
 ...
 ...

TABLA I

ECUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LAS MEDIDAS ESTUDIADAS

SUELO

RELACION	ECUACION	r CALCULADO	r ²	TABULADO 5%	TABULADO 1%	18 G.L.
pH - Cobalto	Y=0,1155-0,0021X	-0,0140 N.S.	0,01	,4438	,5614	
pH - Hierro	Y=233,7818-31,7936X	-0,4808 +	23,11	"	"	
pH - Manganeso	Y=3,0738+2,5111X	0,1033 N.S.	1,06	"	"	
pH - Zinc	Y=47,3662-6,0135X	0,3891 N.S.	15,13	"	"	
M.O. - Cobalto	Y=0,0799+0,0045X	0,1927 N.S.	3,71	"	"	
M.O. - Hierro	Y=19,5303+3,9780X	0,3992 N.S.	15,93	"	"	
M.O. - Manganeso	Y=19,7917-0,2739X	-0,0748 N.S.	0,55	"	"	
M.O. - Zinc	Y=10,4358+0,0428X	0,0183 N.S.	0,03	"	"	
Arc. - Cobalto	Y=0,1053-0,0003X	-0,0262 N.S.	0,06	"	"	
Arc. - Hierro	Y=56,6288-1,9572X	-0,3857 N.S.	14,87	"	"	
Arc. - Manganeso	Y=1,5546+1,2526X	0,6719 ++	45,14	"	"	
Arc. - Zinc	Y=11,9631-0,1513X	-0,1267 N.S.	1,62	"	"	

M.O. = Materia Orgánica
Arc. = Arcillas

+ Significativo al nivel del 5%
++ Significativo al nivel del 1%
G.L. = Grados de libertad

TABLA II

VALORES DE "Tc" DE LOS MICROELEMENTOS EN SU FRACCION INTERCAMBIABLE EN SUELOS DE DIFERENTES REGIONES

	TUQUERRES	PATIA
Cobalto	38,90 ⁺	3,24 ⁺
Hierro	2,95 ⁺	(.)
Manganeso	6,33 ⁺	(.)
Zinc	5,17 ⁺	5,38 ⁺

+ = Significativo al 0,05
 (.) = Sin datos

1 2 1

TABLA III

COEFICIENTE DE VARIABILIDAD DE LOS MICROELEMENTOS EN SUELOS
DE DIFERENTES REGIONES (porcentaje)

	COBALTO	HIERRO	MANGANESO	ZINC
Tuquerres	2,93	74,82	57,01	174,76
Patía	40,51	(.)	(.)	70,90
Ipiales	76,43	84,15	66,73	73,31

(.) Sin datos.

ANEXO III

TABLA IV

LÍMITES DE CONFIANZA DE LOS MICROELEMENTOS EN LOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE IPALES

	\bar{x}	Sx	Li ⁺	Li ⁺⁺
Cobalto	0,10	0,05	-0,01	0,22
Hierro	39,67	7,66	23,58	55,76
Manganeso	18,40	2,81	12,48	24,32
Zinc	10,65	1,78	6,89	14,40

n^o 0,05 18 G.L.Li⁺⁺ = Límite superior
Li⁺ = Límite inferior

T
631.82
S159
Ej.1

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Inventario: 15125

Autor: Luis Álvaro Salas Silva

Título: Determinación de hierro, zinc y cobalto introambientales...

Fecha Dev.	Nombre	Carnet
------------	--------	--------



T
631.82
S159
Ej.1

15125

Universidad de Nariño
Pasto (Nariño)

15125

Universidad de Nariño

BIBLIOTECA
ALBERTO QUIJANO GUERRERO