

DETERMINACION DE MOLIBDENO, COBRE Y COBALTO  
EN ALGUNOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO  
- NARIÑO - COLOMBIA

Por

Pablo Rafael Barros Maury

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

Presidente de Tesis

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
INSTITUTO TECNOLOGICO AGRICOLA

pasto - Colombia

1969

FN  
T  
630.24  
B277

- II -

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

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

A LOS SACRIFICIOS DE MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MI HIJO

A MIS HERMANAS

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

DEDICO

pablo Barros Maury

AGRADECIMIENTOS A:

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

FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA

VICTOR MONTENEGRO GALVEZ I.A.

RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A.

Personal del Laboratorio de Suelos  
del Instituto Tecnológico Agrícola

Todas las personas que en una u-  
otra forma colaboraron en el desa-  
rrollo del presente trabajo.



CONTENIDO

	Pag.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades	3
2.2 Molibdeno	3
2.2.1 Importancia	3
2.2.2 Molibdeno en los suelos	4
2.2.3 Contenido de molibdeno en algunos suelos del mundo	7
2.3 Cobre	9
2.3.1 Importancia	9
2.3.2 Cobre en los suelos	10
2.3.3 Contenido de cobre en algunos suelos del mundo	12
2.4 Cobalto	14
2.4.1 Importancia	14
2.4.2 Cobalto en los suelos	15
2.4.3 Contenido de cobalto en algunos suelos del mundo	17
III. MATERIALES Y METODOS	20
3.1 Descripción de los suelos	20
3.2 Métodos para el análisis fisico-químico	21
3.2.1 Humedad	21
3.2.2 pH	21

	Pag.
3.2.3 Textura	21
3.2.4 Carbono orgánico	21
3.2.5 Materia orgánica	21
3.2.6 Capacidad catiónica de Cambio y cationes intercambiables.	21
3.3 Determinación de molibdeno, cobre y cobalto	22
3.3.1 Preparación general de las muestras para determinar elementos menores	22
3.3.2 Determinación de molibdeno	23
3.3.3 Determinación de cobre	24
3.3.4 Determinación de cobalto	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	31
V. CONCLUSIONES	61
VI. RESUMEN	63
SUMMARY	64
VII. BIBLIOGRAFIA	65
VIII. APENDICE I	80
IX. APENDICE II	100

ILUSTRACIONES

	Página
Figura 1.- Localización del Municipio de Pasto en el Departamento de Nariño, en la República de Colombia.	29
Figura 2.- Municipio de Pasto con las zonas del Altiplano estudiadas.	30
Figura 3.- Contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto totales en 10 suelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de cultivo .	55
Figura 4.- Contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto totales en 10 subsuelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de cultivo.	56
Figura 5.- Contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto totales en 10 suelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de pradera .	57
Figura 6.- Contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto totales en 10 subsuelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de pradera.	58
Figura 7.- Contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto totales en 10 suelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de bosque.	59



Figura 8.- Contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto totales en 10 subsuelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de bosque.



TABLAS

	Pag.
Tabla I. Algunas características generales de los suelos y subsuelos de La Laguna bajo <u>con</u> diciones de cultivo, pradera y bosque.	37
Tabla II. Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Mocondino bajo <u>con</u> diciones de cultivo, pradera y bosque.	38
Tabla III. Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Obonuco bajo <u>con</u> diciones de cultivo, pradera y bosque.	39
Tabla IV. Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Anganoy bajo <u>con</u> diciones de cultivo, pradera y bosque.	40
Tabla V. Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Catambuco bajo <u>con</u> diciones de cultivo, pradera y bosque.	41
Tabla VI. Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Yacuanquer bajo <u>con</u> diciones de cultivo, pradera y bosque.	42
Tabla VII. Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Botana bajo <u>con</u> diciones de cultivo, pradera y bosque.	43

	Pag.
Tabla VIII. Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Mapachico bajo <u>con</u> diciones de cultivo, pradera y bosque.	44
Tabla IX. Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Jongobito bajo <u>con</u> diciones de cultivo, pradera y bosque.	45
Tabla X. Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Aranda bajo <u>condi</u> ciones de cultivo, pradera y bosque.	46
Tabla XI. Contenido de molibdeno total en diez <u>sue</u> los del Altiplano de Pasto bajo <u>condicio</u> nes de cultivo, pradera y bosque.	47
Tabla XII. Contenido de molibdeno total en diez <u>sub</u> suelos del Altiplano de Pasto bajo <u>condi</u> ciones de cultivo, pradera y bosque.	48
Tabla XIII. Contenido de cobre total en diez <u>sue</u> los del Altiplano de Pasto bajo <u>condiciones</u> -de cultivo, pradera y bosque.	49
Tabla XIV. Contenido de cobre total en diez <u>subsue</u> los del Altiplano de Pasto bajo <u>condi</u> -ciones de cultivo, pradera y bosque.	50



	Pag.
Tabla XV. Contenido de cobalto total en diez suelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque.	51
Tabla XVI. Contenido de cobalto total en diez subsuelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque.	52
Tabla XVII. Contenido mínimo, promedio y máximo de molibdeno, cobre y cobalto total en suelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque.	53
Tabla XVIII. Contenido mínimo, promedio y máximo de molibdeno, cobre y cobalto total en subsuelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque.	54
Tabla XIX. Resumen de las comparaciones estadísticas efectuadas.	81
Tabla XX. Comprobación del contenido de molibdeno total en los suelos de cultivo y pradera.	32
Tabla XXI. Comprobación del contenido de molibdeno total en los subsuelos de cultivo y pradera.	83

	Pag.
Tabla XXII. Comprobación del contenido de molibdeno total en los suelos de cultivo y bosque.	84
Tabla XXIII. Comprobación del contenido de molibdeno total en los subsuelos de cultivo y bosque.	85
Tabla XXIV. Comprobación del contenido de molibdeno total en los suelos de pradera y bosque.	86
Tabla XXV. Comprobación del contenido de molibdeno total en los subsuelos de pradera y bosque.	87
Tabla XXVI. Comprobación del contenido de cobre total en los suelos de cultivo y pradera.	88
Tabla XXVII. Comprobación del contenido de cobre total en los subsuelos de cultivo y pradera.	89
Tabla XXVIII. Comprobación del contenido de cobre total en los suelos de cultivo y bosque.	90
Tabla XXIX. Comprobación del contenido de cobre total en los subsuelos de cultivo y bosque.	91
Tabla XXX. Comprobación del contenido de cobre total en los suelos de pradera y bosque.	92



	Pag.
Tabla XXXI. Comprobación del contenido de cobre total en los subsuelos de pradera y bosque.	93
Tabla XXXII. Comprobación del contenido de cobalto total en los suelos de cultivo y pradera.	94
Tabla XXXIII. Comprobación del contenido de cobalto total en los subsuelos de cultivo y pradera.	95
Tabla XXXIV. Comprobación del contenido de cobalto total en los suelos de cultivo y bosque.	96
Tabla XXXV. Comprobación del contenido de cobalto total en los subsuelos de cultivo y bosque.	97
Tabla XXXVI. Comprobación del contenido de cobalto total en los suelos de pradera y bosque.	98
Tabla XXXVII. Comprobación del contenido de cobalto total en los subsuelos de pradera y bosque.	99

	Pag.
Tabla XXXVIII. Micronutrientes en suelos y rocas.	101
Tabla XXXIX. Distribución de elementos traza en rocas.	102
Tabla XL. Distribución de los elementos traza en los minerales constituyentes de una roca ígnea.	103
Tabla XLI. Contenidos totales de elementos traza en algunos suelos superficiales, sobre materiales parentales derivados de diferentes tipos de rocas.	104
Tabla XLII. A.- Rango de los contenidos de elementos traza en los fertilizantes más comunmente usados.	105
B.- Algunos datos de importancia relacionados con molibdeno, cobre y cobalto.	105
Tabla XLIII. Algunas fuentes de molibdeno, cobre y cobalto.	106

DETERMINACION DE MOLIBDENO, COBRE Y COBALTO EN

ALGUNOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO

- NARIÑO - COLOMBIA. (°)

Por

PABLO BARROS MAURY

I. INTRODUCCION

Los estudios realizados sobre el contenido de microelementos en los suelos son muy escasos. Muy posiblemente en esta investigación deficitaria han influido las dificultades que se presentan para desarrollar marchas analíticas que permiten obtener resultados exactos.

Se puede decir que en Colombia no se tiene una investigación consistente acerca de los elementos menores. En general los pocos trabajos existentes aparecen relacionados con la aplicación de oligoelementos a determinados suelos para obtener alguna respuesta (Benavides, 11; Daza, 27; Olarte, 74; Revelo, C. y D. Revelo, 81; Rodríguez y Mc Clung, 83).

En este trabajo se presentan los datos obtenidos para -

---

(°) Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Mario Blasco L., I. A., Ph. D. a quien el autor expresa su gratitud.



molibdeno, cobre y cobalto en los suelos volcánicos del Alti  
plano de Pasto (Nariño). Se confía en que estos datos ayuda-  
rán a un mejor entendimiento de los suelos volcánicos, mien-  
tras que a la vez se desea que no sea una investigación ais-  
lada sino que despierte en otros el interés por continuar el  
estudio de los elementos menores.



## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades .

Aunque las plantas requieren menos cantidades de elementos menores, éstos son tan esenciales como los denominados elementos mayores para el metabolismo de los vegetales. 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 (Anónimo, 5; Reynolds, 82).

Dentro de la fertilidad se requiere por otra parte un conocimiento exacto de las cantidades de elementos menores que deben aplicarse a un determinado suelo y cultivo, habida cuenta de que pequeñas dosis pueden llegar a ser perjudiciales para las plantas (Bear, 9).

### sc 2.2 MOLIBDENO.

#### 2.2.1 Importancia.

Poco se conoce acerca del molibdeno en relación al reino animal. Según Mitchell (70) y Jackson (56), está relacionado con el metabolismo del Cu y  $SO_4^{=}$ , produciendo desarreglos fisiológicos cuando su contenido en las plantas excede las 5 p.p.m.. Sin embargo Saiz del Río y Bornemisza (85) fijan la

toxicidad en 10 p.p.m. o más.

En las plantas el molibdeno actúa como catalizador en los sistemas de enzimas que reducen los nitratos a amoníaco como paso para la síntesis de aminoácidos (Dear, 9; Blasco, 15; Buckman y Brady, 20). Concretamente interviene en la enzima reductasa para la formación de proteínas en plantas no leguminosas (Anónimo, 6; Blasco y Bohórquez, 17; Collings, 26; Parker, 77).

El molibdeno es necesario para la fijación simbiótica del nitrógeno, siéndo de advertir que las plantas pueden crecer y nodular con déficit de molibdeno, pero en este caso los nódulos no fijan nitrógeno (Alexander, 2; Bergersen, 12; Kusell, 84; Waksman, 104). También tiene influencia directa en la bioquímica interna del nódulo: a niveles adecuados aumenta la fijación del nitrógeno incrementándose proporcionalmente la hemoglobina que funciona en un ciclo en el cual es reducida por los bacteroides y oxidada por la fijación del nitrógeno (Bergersen, 12).

En la recopilación presentada por Blasco (15), el molibdeno aparece como responsable de reducir los efectos tóxicos que el manganeso, zinc, cobre y cobalto, pudiesen producir en las plantas.

#### 2.2.2 Molibdeno en los suelos.

De acuerdo a Hodgson (54) y Vinogradova (103) el conteni-



do promedio mundial de molibdeno en los suelos es de 2 p.p.m., con oscilaciones entre 0,4 y 30 p.p.m. (Anderson, 3; Bear, 10), siéndo su cantidad ligeramente inferior en rocas ígneas básicas (1,4 p.p.m.) que en rocas ácidas (1,9 p.p.m.) y en sedimentarias (2 p.p.m.). De los oligoelementos necesarios agrónómicamente es el de menor representación en la corteza terrestre con solamente 2,3 p.p.m. (Hodgson, 54).

Dobritskaya (citado por Hodgson, 54), reconoce tres formas de molibdeno en el suelo :

A.- Formando parte de la estructura mineral del suelo.

B.- Como anión adsorbido en los minerales del suelo.

C.- Unido a la materia orgánica.

De estas formas la segunda es la mas importante, ya que como  $MoO_4^{--}$  está asequible a las plantas (Anderson, 3; Parker, 77 ; Thompson, 94).

Al parecer el molibdeno también puede ocurrir en los suelos como molibdato de hierro y aluminio, puesto que el elemento reacciona muy fuertemente con los óxidos hidratados de hierro, seguidos en orden descendente por los óxidos de aluminio, halloisita, montronita y caolinita (Hodgson, 54).

En relación a los componentes del suelo, Gallego y Jolin (36) determinaron que el valor promedio de molibdeno en are-

nas es de 0,74 p.p.m. mientras que en arcillas el valor promedio es de 1,23 p.p.m., sin embargo en arenas que contenían óxidos de hierro y aluminio el molibdeno puede llegar a 6 p.p.m., y por el contrario en arenas provenientes de granitos y gneiss solamente 0,38 p.p.m..

Así mismo Gallego y Jolin (38) , dan la concentración de molibdeno en distintos minerales y rocas en la forma siguiente : olivina : 10 p.p.m. ; grabopicitita , piroxeno y piro - lusita, magnetita e ilmenita contienen 3 p.p.m.; rocas con abundancia de sílice proporcionan 1 p.p.m. . Por otra parte , de acuerdo a Thompson (95) en rocas fosfóricas hay cierta abundancia de molibdeno.

El molibdeno disminuye su solubilidad a medida que aumenta la acidez de los suelos, siendo el único microelemento principal que se comporta de esta manera. El molibdeno es fijado por los sesquióxidos (mayormente por los de hierro que los de aluminio) como anión molibdato. Por el contrario cuando abunda el calcio, el molibdeno aparece como sal cálcica - móvil (los materiales calizos son los que retienen con mayor debilidad al molibdeno ) (Black, 14; Gallego y Jolin , 40; Buckman y Brady, 20 ; Kamprath , 58 ) .

En los perfiles hay posibilidades de que el molibdeno se acumule superficialmente por su reacción con la mate -



ria orgánica , o bien en el horizonte B por su rección con las arcillas y coloides férricos (Gallego y Jolin,39).

Si ~~2.2.3~~ Contenido de molibdeno en algunos suelos del mundo.

Para Suramérica los datos corresponden a la Argentina - en donde las cantidades reportadas han oscilado entre 1 y 2 p.p.m. (Gallego y Jolin, 37 ; Paoli y Lurati,76).

En Estados Unidos para Illinois se han encontrado cantidades que variaron entre 1,9 y 3,2 p.p.m. (Haley y Mels -- ted,51). En Nueva Jersey los datos fueron 0,1 a 0,3 p.p.m. - (Collings,26). En suelos de California (capa arable) el promedio de molibdeno fué de 2,01 p.p.m. (Millar,69).

Para la Unión Sovietica Vinogradov y Vinogradova (102) , indican que el contenido de molibdeno en suelos de pradera suavemente podsolizados es de 1,5 a 2,0 p.p.m.. En suelos ácidos Timofeeva (96), encontró 0,03 p.p.m..Según Oborina - (73),suelos de estepa forestal transuraliana (chernozem. pod solizado ) contenían 20 p.p.m. de molibdeno total;un suelo podsólico proporcionó 10 p.p.m. e igual cantidad correspondió a un chernozem de pradera. Ivanova (55), señala que el promedio de contenido total de molibdeno para suelos de Latvia (U.K.S.S.) está comprendido entre 0,2 y 2,0 p.p.m.. En Armenia (U.K.S.S.) Malyuga (67) comprobó que el contenido de

molibdeno variaba entre  $6 \times 10^{-3}$  a  $2 \times 10^{-2}$  % .

En Bosnia (Yugoeslavia) Savić (86), estudió los contenidos de molibdeno obteniendo : en suelo calcareo pardo : 0,764 a 1,037 p.p.m. ; en suelo podsólico : 0,174 a 0,510 p.p.m. y en suelo aluvial : 0,253 a 0,528 p.p.m..

En España Gallego y Jolin (37,38,39), determinaron en el Valle de Manzanares 0,06 a 5,90 p.p.m.; para la zona central de España el contenido promedio fué de 0,70 p.p.m. y en la zona norte un promedio de 1,01 con oscilaciones entre 0,08 a 3 p.p.m.. Gallego y Fernández (41), en estos mismos suelos , obtuvieron un promedio de 0,60 p.p.m..

En Francia en el Departamento del Aveyron Godfrain, Mil -- haud y Saquisannes (45) encontraron valores entre 0,5 a 4,7 p.p.m.. Para Escocia Archer (7), en diferentes suelos determinó 1 a 3 p.p.m.. Gallego y Jolin (37), informan que en Hawaii los contenidos oscilan entre 7,9 a 73,8 p.p.m., datos que corrobora Jackson (56).

En la provincia de Olsztyn (Noruega) se reporta que el contenido promedio de la capa arable fué 0,015 a 0,180 p.p.m. , del subsuelo 0,1 a 0,21 p.p.m. y de la roca parental 0,001 a 0,152 p.p.m. (Koter, Krauze y Filuś, 63).

En la India en suelos de Uttar Pradesh Singh, S. y B. Singh (90), reportaron un promedio de 1,62 p.p.m.. En India occiden -



tal Keddy (79), determinó para los suelos de esa región 0,5 a 4,1 p.p.m.. Para un suelo de Delhi Kathavate y Shivamurty (60), obtuvieron 0,000125 % de molibdeno total. En suelos de Angola (Africa) Mitchell (70), reporta turbas que contienen 5 p.p.m..

## ~~2.3~~ COBRE

### ~~2.3.1~~ Importancia.

Este elemento parece ser necesario en la nutrición animal por cuanto interviene en los procesos de oxidación-reducción y en la transferencia de energía (Anónimo, 6; Paoli y Lurati, - 76). Gipp, Pound y Smith (43), encontraron que un alto suplemento de cobre en dietas de cerdos aumentaba la tasa de crecimiento y la eficiencia de la alimentación.

Aunque no están bien investigadas las causas se conoce que la deficiencia de cobre produce disturbios y afecciones de consideración en los animales (Collings, 26; Henkens, 53). Algunos datos indican que la presencia de cobre es necesaria para una mejor utilización del hierro en los animales (Bear, 10; Collings, 26; Carter, 22).

Con relación a las plantas Millar (69), considera que interviene en los procesos de respiración, y al asociarse con las proteínas sirve como catalizador en varios procesos oxidativos ; a la vez retarda la descomposición de la clorofila .



Por otra parte interviene en la síntesis de la vitamina A y - así mismo se relaciona con el complejo vitamínico B (Blasco , 15). La toxicidad se presenta para los vegetales cuando el cobre pasa de las 100 p.p.m. (Buckman y Brady, 20).

### 2.3.2 Cobre en los suelos.

El cobre en forma asequible aparece en posición de intercambio ó en la solución del suelo. En intercambio es fácilmente reemplazable por otros cationes (Drake, 31; Collings, 26). Parece ser que la mayor asequibilidad del cobre está relacionada con una reacción ácida del suelo, dominando la forma cúprica ( $Cu^{+2}$ ) cuando el pH es superior a 5,0, mientras que en reacciones más ácidas predomina la forma cuprosa ( $Cu^{+}$ ) (Blasco, 15 ; Gilbert, 42; Thompson, 88). Cuando los suelos son básicos el cobre se encuentra fijado (Tisdale y Nelson, 97; Worthen y Aldrich, 105). No obstante según Hodgson (54) , la influencia del pH es muy discutible.

De acuerdo a Hodgson (54) y Vinogradov (101), la cantidad promedia mundial de cobre en los suelos es de 20 p.p.m.. Malavolta, et al. (66) y Tisdale y Nelson (97), dan un rango de variación comprendido entre 2 y 100 p.p.m.. También estos autores señalan que las rocas básicas contienen más cobre (140 p.p.m. en promedio) que las rocas sedimentarias (57 p.p.m.) y las rocas ácidas (30 p.p.m.).

Otros autores (Bear, 9; Malavolta, et al., 66; Semb y Wien ,

88;Thompson, 95), llegan a la misma conclusión.

La adsorción del cobre por las arcillas es principalmente en forma cúprica (Gallego y Fernández, 40; Tisdale y Nelson, 97). De Mumbrum y Jackson (citados por Hodgson, 54), encontraron que la adsorción del cobre en la montmorillonita es atribuible a los grupos  $\text{OH}^-$ . Asi mismo, Hodgson (54), indica que el cobre aparece en la lámina octaedral de las arcillas y muy posible - mente ocurre la difusión del cobre en estado sólido entre las láminas de las arcillas que lo pueden fijar, mientras que por la acción de los óxidos de hierro el cobre puede quedar ocluído.

La materia orgánica contribuye grandemente a la fijación del cobre con el cual forma un complejo orgánico-metálico a partir de los ácidos húmicos y fúlvicos, y la retención por la materia orgánica es mucho más fuerte que por la arcilla, probablemente porque en esta última hay una mayor capacidad de hidrólisis. Los suelos orgánicos o suelos con abundante materia orgánica se consideran deficientes en cobre intercambiable -- (Hodgson, 54; Tisdale y Nelson, 97; Trear, 99).

Desde el punto de vista microbiológico Anderson (4), encontró que la oxidación de amoníaco a hidroxilamina más nitrito requiere la presencia de cobre. En conexión con lo anterior - Lees y Simpson (65), en un trabajo previo habían observado que la deficiencia de cobre en los suelos se detectaba biológica-



mente por el hecho de que la adición del mencionado elemento aumentaba el poder de nitrificación.

2.3.3 Contenido de cobre en algunos suelos del mundo.

En Suramérica, Paoli y Lurati (76), en Tierra del Fuego -- (Argentina), estudiando suelos turbosos encontraron 7,3 p.p.m. de cobre total. En Estados Unidos Keuther (80), señala para los suelos arenosos de la llanura de la costa Atlántica -- un contenido entre 1 y 30 p.p.m. de cobre total (en general la variación fué entre 3 y 15 p.p.m.). En Georgia, Boswell (19), encontró que un suelo franco - arcillo - limoso contenía 29 p.p.m. en la capa arable y en otro franco-arcillo-arenoso contabilizó 43 p.p.m..

En Carolina del Norte (Estados Unidos) una serie de suelos con pH entre 4,1 y 4,4 dieron un promedio de 9,3 p.p.m. de cobre total y otra serie de suelos con pH 4,9 a 6,0 dieron 20,8 p.p.m. (Millar, 69). En suelos de Nueva Jersey el contenido de cobre varió entre 1,7 p.p.m. para arenas, hasta 60,6 p.p.m. en arcillas (Gallego y Fernández, 40).

Para la U.R.S.S. Paoli y Lurati (76), señalan concentraciones que varían entre 3 a 79 p.p.m. de cobre total. Cantidades excesivas se pueden encontrar en región como el distrito de Aktyubinsk con contenidos de  $5 \times 10^{-3}$  a  $3,2 \times 10^{-2}$  %, siendo asequible alrededor del 20 % (Malyuga y Makarova, 68).



En el distrito de Karelia (U.R.S.S.), suelos suavemente-podsolizados y franco arenosos contienen 3,69 y 9,49 p.p.m., respectivamente (Toikkä, Perevoschikova y Lazareva, 98).

En suelos polacos aluviales el promedio fué de 6,6 p.p.m. de cobre total en la capa arable y 5,5 p.p.m. en capas más profundas; en rendzina, los niveles fueron de 17,6 y 6,0 p.p.m. y en turbas 10,6 p.p.m. y 11,1 p.p.m., respectivamente (Glingki, 44). Dobrański y Głinski (29), en Polonia obtuvieron para suelos peat 10,7 p.p.m. de cobre total. Suelos gley proporcionaron 27 p.p.m..

En Checoslovaquia, Jura<sup>v</sup> (57), encontró 36,3 p.p.m. en dolomitas ; 27 p.p.m. en calcitas ; 26,6 p.p.m. en areniscas y 23,8 en loess. Lonchev (30), en suelos peat de Bulgaria reporta 4 a 40 p.p.m. y en suelos suavemente mineralizados 4 a 13 p.p.m.. En los suelos noruegos síntomas distintivos de deficiencias son asociados con menos de 1 p.p.m. de cobre (Semb y Øien, 88).

En España, en las vegas del río Guadiana, se obtuvieron promedios de 5,3 p.p.m. y para la provincia de Pontevedra se reportan 6,5 a 9,5 p.p.m. de cobre total (Gallego y Fernández, 40; González, et al., 46).

Fujimoto y Sherman (35), en suelos de Hawaii determinaron un rango de 16 a 357 p.p.m. de cobre total con promedios de 124 p.p.m.; fué más alto en la superficie del suelo y se acu-

muló donde el contenido de óxido de Fe era alto en suelos antiguamente meteorizados (Paoli y Lurati,76).

*si* ~~2.4~~ COBALTO

*si* 2.4.1 Importancia

Este elemento tiene una gran importancia tanto en los animales como en los vegetales. El cobalto es esencial en la síntesis de la cobalamina que actúa como factor de mantenimiento de la flora intestinal (Blasco y Bohórquez,17). Los requerimientos de cobalto en la nutrición animal (bovinos) son de 0,08 a 0,1 p.p.m. (Alba,1;Morrinson,72). Además forma el núcleo mineral de la vitamina B<sub>12</sub> (Baillaire et Fils, 8;Karlson,59).

En Colombia, Estévez (33), encontró que la producción lechera de diferentes hatos en el Valle del Cauca aumentó considerablemente al adicionar a las raciones 10 miligramos / día de cobalto por cabeza.

En las plantas no es solamente necesario para la formación del género Rhizobium que lo requieren para sintetizar la hemoglobina en la fijación del nitrógeno por las leguminosas (Bergersen,12; Blasco,15; Carter,22; Tisdale y Nelson, 97; Waksman,104).



2.4.2 Cobalto en los suelos.

Sobre la cantidad de cobalto en los suelos hay algunos datos. Hodgson (54), señala un promedio de 8 p.p.m., siendo generalmente más abundante en suelos derivados de rocas ígneas, en especial las básicas. Collings (26), estima que la cantidad promedia de cobalto es de  $3 \times 10^{-4}$  %, y en la recopilación obtenida por Blasco (15), aparecen datos que oscilan entre 1 y 300 p.p.m.. Según Bear (10), el contenido en la capa arable es de 4,5 kilos por hectárea, encontrándose que plantas forrajeras con menos de 0,04 p.p.m. son deficientes para la alimentación del ganado (The Merck vét. manual, 93).

La presencia de cobalto viene relacionada con el material parental. La olivina, hornblenda y augita son buenas fuentes del elemento, encontrándose menos en otros minerales excepto donde hay asociación con el hierro (ilmenita y magnetita principalmente) (González y García, 47, 50; Khokeova, 61).

También abunda asociado con el níquel en rocas básicas y ultrabásicas, unido al azufre, en suelos provenientes de serpentinas. Por su semejanza de radio iónico con  $Mg^{++}$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Ni^{++}$ , e incluso  $Mn^{++}$  y  $Ti^{++}$  pueden producirse sustituciones conocidas generalmente como isomórficas en rocas básicas (Demolon, 28; González y García, 47; Mitchell, 70).

El cobalto es deficiente en suelos arenosos y en suelos derivados de rocas ígneas ácidas y de rocas calcíticas y de



lomíticas (Collings, 26; Hodgson, 54; Mitchell, 70).

El cobalto se presenta en el suelo en distintas formas . Puede estar como  $\text{Co}^{++}$  inmovilizado en complejos orgánicos - - (Paoli y Lurati, 76). La presencia de cobalto en forma trivalente aparece particularmente en la vitamina  $\text{B}_{12}$  y aunque la molécula es muy grande es soluble en agua y probablemente en esta forma es tomada por las plantas (Hodgson, 54).

Como catión de cambio el cobalto está en los suelos en -- las formas de  $\text{Co}^{++}$  y  $\text{Co}(\text{OH})^{+}$  (González y García, 47; Paoli y Lurati, 76) . También el cobalto aparece retenido por las arcillas, siendo mayor la retención en las arcillas expandibles tipo montmorillonita que en otras clases de éstas como caolinita e illita (González y García, 48). Así mismo puede precipitarse como óxido al igual que ocurre con el hierro (González y García, 49).

En general el cobalto intercambiable disminuye en los suelos al aumentar el pH, especialmente a partir de 5,3 (González y García, 49). Sin embargo en la recopilación de investigaciones realizadas por Hodgson (54), aparecen datos muy contradictorios al respecto y a veces la absorción por las plantas es independiente de la reacción del suelo. Así mismo con relación a los fenómenos de oxidación - reducción, se ha observado que el cobalto intercambiable aumenta en suelos pobremente drenados (Hodgson, 54). El aumento del contenido de humus dis-

minuye la asequibilidad del cobalto (Tisdale y Nelson, 97). Por otra parte se puede indicar que el cobalto no es móvil en el suelo (Ozanne, Greenwood y Shaw, 75).

2.4.3 Contenido de cobalto en algunos suelos del mundo.

En Suramérica se han realizado algunas determinaciones en suelos argentinos que indican valores de cobalto comprendidos entre 0,7 y 3 p.p.m. para las provincias de Buenos Aires y Tierra del Fuego (Paoli y Lurati, 76). Alba (1), indica valores promedios de hasta 76,4 p.p.m. en las praderas del Uruguay.

En Canadá (Quebec) se obtuvo un promedio de cobalto total de 0,3 a 0,83 p.p.m. en 30 series de suelos minerales y en cinco suelos orgánicos, existiendo una relación directa entre el contenido de arcilla y el cobalto (Kana y Ouellete, 78). Kubota (62) en suelos gley-húmicos del sureste de los Estados Unidos, encontró un contenido de 0,7 p.p.m..

En la U.R.S.S. Oborina (73), encontró las siguientes cantidades de cobalto total e intercambiable respectivamente : 75 y 1,5 p.p.m. en un chernozem podsolizado; 80 y 4,5 en un suelo podsólico gris; 30 y 2,03 p.p.m. para un chernozem de pradera y 27 y 2,3 p.p.m. para un suelo de pradera. En el distrito de Karelia, Toikka, Perevozchikova y Lazareva (98), reportan un contenido de cobalto entre 0,55 y 3,3 p.p.m. en zonas suave -



mente podsolizadas.

Algunos suelos del distrito de Aktyubinsk, región que contiene ricos yacimientos de cobalto, llegan a tener hasta 420 p.p.m. (Malyuga y Makarova, 68). En Latvia, Lavenkrapca y Lieldiews (64), encontraron que los suelos arenosos y provenientes de dolomitas contenían menos cobalto (0,16 - 1,85 p.p.m.) que los suelos arcillosos (1,79 - 2,41). También en la U.K.S.S., en la región de Tersk - Sulaksk, Zul' Fugarty y Mursalova (106), en suelos salinos, encontraron que el cobalto variaba entre 3 y 6,15 p.p.m..

En Polonia, Dobrzański y Głinski (29), reportan un contenido de 3,7 p.p.m. en horizontes superiores de peat. Según Demolon (28), los contenidos de cobalto en los suelos franceses oscilan entre 0,3 y 11,7 p.p.m.. En España, González et al. (46), señalan una oscilación entre 0,1 y 20 p.p.m.. En Escocia Archer (7) y Paoli y Lurati (76), reportan contenidos entre 0,5 y 3 p.p.m..

Para Africa oriental, sobre 131 muestras de suelo (capa arable) Mitchell (70) y Chamberlain (23), dan resultados que varían entre 0,02 y 9 p.p.m. aumentando el contenido a veces con la profundidad. Los suelos de cenizas de Nueva Zelanda que están relacionados con deficiencias de cobalto en animales contienen de 1,0 a 1,8 p.p.m. (Ozanne, Greenwood y Shaw, 75).



Estos mismos autores encontraron que los suelos de Melbourne (Australia) eran muy deficientes en cobalto, con un contenido de 0,019 a 0,022 p.p.m. de cobalto. En suelos de la India las cantidades de cobalto total fueron de 4 a 78 p.p.m. y el asequible varió entre 2 a 3 p.p.m. (Lisdale y Nelson, 97).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Descripción de los suelos.

La presente investigación se realizó en 10 suelos volcánicos localizados en el Altiplano de Pasto, en los siguientes poblados : La Laguna, Mocondino, Obonuco, Anganoy, Catambuco, Yacuanquer, botana, Mapachico, Jongobito y Aranda. En dichas zonas se tomaron muestras bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque en suelos y subsuelos, procurando que los sitios fueran adyacentes y considerando en lo posible determinar el cultivo prevaleciente en cada zona.

El relieve del área estudiada se puede considerar entre plano y ondulado; son suelos que tienen su origen en rocas ígneas extrusivas, abundando las rocas masivas, predominando entre ellas las básicas como sienitas, andesitas, basaltos, propilitos (Colombia, 25).

La región estudiada presenta altitudes entre los 2.535 y 2.800 metros s.n.m.; tiene una temperatura media aproximada de  $13,5 \pm C$ , con una precipitación media anual que va desde los 500 a los 1.000 milímetros (Espinell y Montenegro, 32). Los cultivos considerados fueron : trigo (Triticum sativum), cebada (Hordeum vulgare), papa (Solanum tuberosum) y haba (Vicia faba); en las praderas predominó el kikuyo (Pennisetum clandestinum) y en menor escala el kye - grass italiano (Lo-



lium multiflorum) ,mientras que los bosques fueron en su totalidad de eucaliptus (Eucaliptus globulis).

Las determinaciones se efectuaron en el Laboratorio de Suelos del Departamento de Química y Geología del Instituto Tecnológico Agrícola de la Universidad de Nariño.

### 3.2 Métodos para el análisis físico - químico.

#### 3.2.1 humedad.

Se calculó por el método de permanencia del suelo a 105 ° C en estufa durante 24 horas (Silva,Olarte y Motta,84).

#### 3.2.2 pH

Potenciométrico (1:1) (Silva,Olarte y Motta,84).

#### 3.2.3 Textura.

Método de Bouyoucos (Silva,Olarte y Motta,84).

#### 3.2.4 Carbono orgánico.

Método de walkley-black (Silva,Olarte y Motta,84).

#### 3.2.5 Materia orgánica.

Se calculó multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por el factor 1,724.

#### 3.2.6 Capacidad Catiónica de Cambio y Cationes Intercambiables.

Según el método de Schollenberger y Simon (87), utilizando acetato de amonio 1 N y neutro.

### 3.3 Determinación de molibdeno, cobre y cobalto.

Para la determinación de molibdeno y cobalto totales se siguieron los métodos de Soc. Analytical Chemistry (91). El cobre se determinó según la técnica descrita por Jackson (56) y Saiz del Río y Bornemisza (85).

#### 3.3.1 Preparación general de muestras para determinar elementos menores.

De acuerdo a las técnicas de la Soc. Analytical Chemistry (91) se prepararon las muestras de suelo, en las que posteriormente se determinaron molibdeno, cobre y cobalto.

#### Reactivos.

Acido clorhídrico 6 N.

Acido clorhídrico 2 N.

Acido nítrico 6 N.

#### Procedimiento.

Se pesan 5 gramos de suelo. La muestra es llevada a una temperatura no superior a 450 ° C, para destruir la materia orgánica. La muestra es tratada con HCl 6 N para obtener un extracto ácido soluble, el cuál se lleva a sequedad. El residuo es extraído sucesivamente con HCl caliente 2 N, y se filtra en balón aforado de 50 ml.. Al residuo se agrega HCl 6 N en cantidad de 5 ml. y se lleva nuevamente a sequedad.



Logrado ésto, se agrega al residuo HCl 2 N, filtrándose la solución al balón aforado. Se diluyen los extractos hasta 50 ml. lavando el papel de filtro en el proceso. En esta forma se consigue que la solución final sea aproximadamente 1 N con respecto al HCl.

### 3.3.2 Determinación de molibdeno.

#### Reactivos .

Acido clorhídrico 1 N (HCl).

Solución de tiocianato de potasio al 40% (KSCN).

Solución de cloruro estannoso ( $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Alcohol isoamilo ( $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$ )

Tetracloruro de carbono ( $\text{CCl}_4$ ).

Molibdato de sodio ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

#### Procedimiento.

Para la preparación de la solución patrón de molibdeno se disolvió 0,6305 gr. de  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en 250 ml. de agua destilada. Se toman alicuotas en una sucesión de embudos de separación y se procede como en las muestras de suelo que van a ser analizadas.

Las muestras de suelo convertidas en una solución ácida se llevan en volúmen de 7 ml. a un embudo de separación. Se trae ese volúmen a 50 ml. con HCl 1 N, procediéndose luego a agregar 1 ml. de solución de tiocianato de potasio que nos

proporciona en complejo anaranjado los iones  $\text{SCN}^-$ , los cuales se unirán al molibdeno. Se agrega 1 ml. de cloruro estannoso que reduce al molibdeno del estado de valencia VI a valencia V y a todo el hierro que normalmente se presente en las muestras con el fin de que no forme con el  $\text{SCN}^-$  el complejo rojo que enmascara al molibdeno; se necesita la presencia del hierro para que el desarrollo del color sea completo, y si esta condición no es inherente se agrega hierro metálico.

El reductor también evita las oxidaciones del molibdeno a valencia VI y del hierro a valencia III. Finalmente se extrae el complejo con la mezcla del alcohol isoamilo (2,5 ml.) y tetracloruro de carbono (2,5 ml.), siendo determinado absorciométricamente el molibdeno en un espectrofotómetro con una longitud de onda de 470 m $\mu$  (milimicrones) (Soc. Analytical Chemistry, 91).

### 3.3.3 Determinación de cobre.

#### Reactivos.

Dietilditioicarbamato de sodio al 2 %.

Hidróxido amónico concentrado ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ).

Cloruro amónico al 25 % ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

Cobre metálico.

Acido nítrico 3 N ( $\text{HNO}_3$ ).

Acido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).



### Procedimiento.

Para la preparación de la disolución patrón se disuelven 0,500 gr. de Cu metálico en 15 ml. de  $\text{HNO}_3$  3 N a la temperatura ambiente en un erlenmeyer cubierto. Al enfriarse la disolución se agrega 1 ml. de ácido sulfúrico concentrado en -  
friando nuevamente hasta producir humos de  $\text{SO}_3$  ; a esta solu -  
ción se adicionan 15 ml. de agua bidestilada y se evapora -  
nuevamente hasta que se desprenden vapores de  $\text{SO}_3$  . Este pro -  
ducto se enrasa a 1 litro con agua redestilada. Diluyendo 10  
ml. de esta disolución hasta 500 ml. se obtiene una disolu -  
ción patrón que contiene 10 ug (microgramos) por mililitro .  
Para construir la curva patrón se toma una serie de alícuo -  
tas.

Para la determinación, 5 ml. de la solución ácida prove -  
niente de la preparación de las muestras de suelo se trans -  
fieren a tubos de centrifuga; se adicionan 5 ml. de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  al  
25 % , y a continuación amoníaco concentrado haciendo burbu -  
jear el fondo del tubo, hasta que se eleve el pH a 7,0. Se a -  
gregan 3 ml. de amoníaco en exceso y el conjunto se enrasa a  
15 ml. con agua bidestilada.

Se centrifuga para precipitar de la disolución el hierro  
y aluminio presente ; el supernadante se pasa a un matraz y -  
se diluye hasta 22 ml.; se adiciona 1 ml. de solución de -  
dietilditioicarbamato de sodio al 2 % y 2 ml. de agua bidesti

lada. La formación de un compuesto amarillo dorado debido al compuesto carbámico tiene lugar; con Cu da la sal de cobre - del ácido dietilditiocarbámico. La aparición del color tiene lugar en 15 minutos y persiste por una hora, leyéndose en este lapso la intensidad del color en un colorímetro con longitud de onda de 440 m $\mu$ . (Jackson, 56; Saiz del Río y Bornemisza, 85).

### 3.3.4 Determinación de cobalto.

#### Reactivos.

Solución de citrato de sodio ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) al 40 %.

Acido clorhídrico (HCl 2 N).

Hidróxido de sodio (NaOH 2 N).

Solución de peróxido de hidrógeno al 3 % ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ).

Tolueno ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ ).

Sulfato de sodio anhidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).

2-nitroso-1-naftol ( $\text{HO} \cdot \text{C}_{10}\text{H}_6 \cdot \text{NO}$  (1,2)).

Acido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

Carbón activado.

Sulfato de cobalto ( $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ).

#### Procedimiento.

Para obtener la curva patrón 0,4770 gr. de sulfato de cobalto se diluyen a 100 ml.; 1 ml. de esta solución se enrasa hasta 1 litro, quedando por cada mililitro 1 microgramo ( $\mu\text{g}$ ).



de cobalto. Las diferentes alícuotas tomadas reciben un tratamiento similar al de las muestras .

Como solución reactivo se utilizó : 1 gramo de 2-nitroso-1-naftol diluïdos en 100 ml. de ácido acético y se añadió 1 gr. de carbón activado, filtrándose después esta solución. En la determinación propiamente dicha, 10 ml. de las muestras de suelos preparadas, se colocan individualmente en matraces; -- aquí recibe cada muestra 15 ml. de citrato de sodio diluyendo el conjunto hasta 50 ml. con agua destilada. Se ajusta el pH entre 3,0 y 4,0 con HCl 2 N y NaOH 2 N. Para evitar precipitación por el hierro se calienta la solución; ya en frío se agregan 10 ml. de H<sub>2</sub>O y luego de 5 minutos, 1 ml. de solución reactivo.

Se lleva el matraz a 90 ° C y se exponen los recipientes por 30 minutos a la temperatura ambiente. Toda la solución se lleva a un embudo de separación; se añaden 10 ml. de tolueno, se agita por un minuto y se descarta la fase acuosa más baja. En el embudo queda extracto de tolueno, al que se le añaden 20 ml. de HCl 2 N. Se agita por un minuto, descartándose la fase acuosa más baja; vuelve a lavarse el extracto con 20 ml. de NaOH 2 N.

Finalmente se escurre el complejo violeta que es formado por el tolueno en presencia de cobalto a través de un filtro de porcelana conteniendo granos de sulfato de sodio anhidro.

Se recibe el extracto en una cubeta que se acopla a una célula de 1 cm., con tolueno en la célula de comparación.

Por medio de un espectrofotómetro con una longitud de onda de 367  $\mu$  se determinan las concentraciones de cobalto, el cuál es determinado absorciométricamente como un coloreado - fucsina complejo con 2-nitroso-1-naftol en una solución de - tolueno (Doc. Analytical Chemistry, 91).



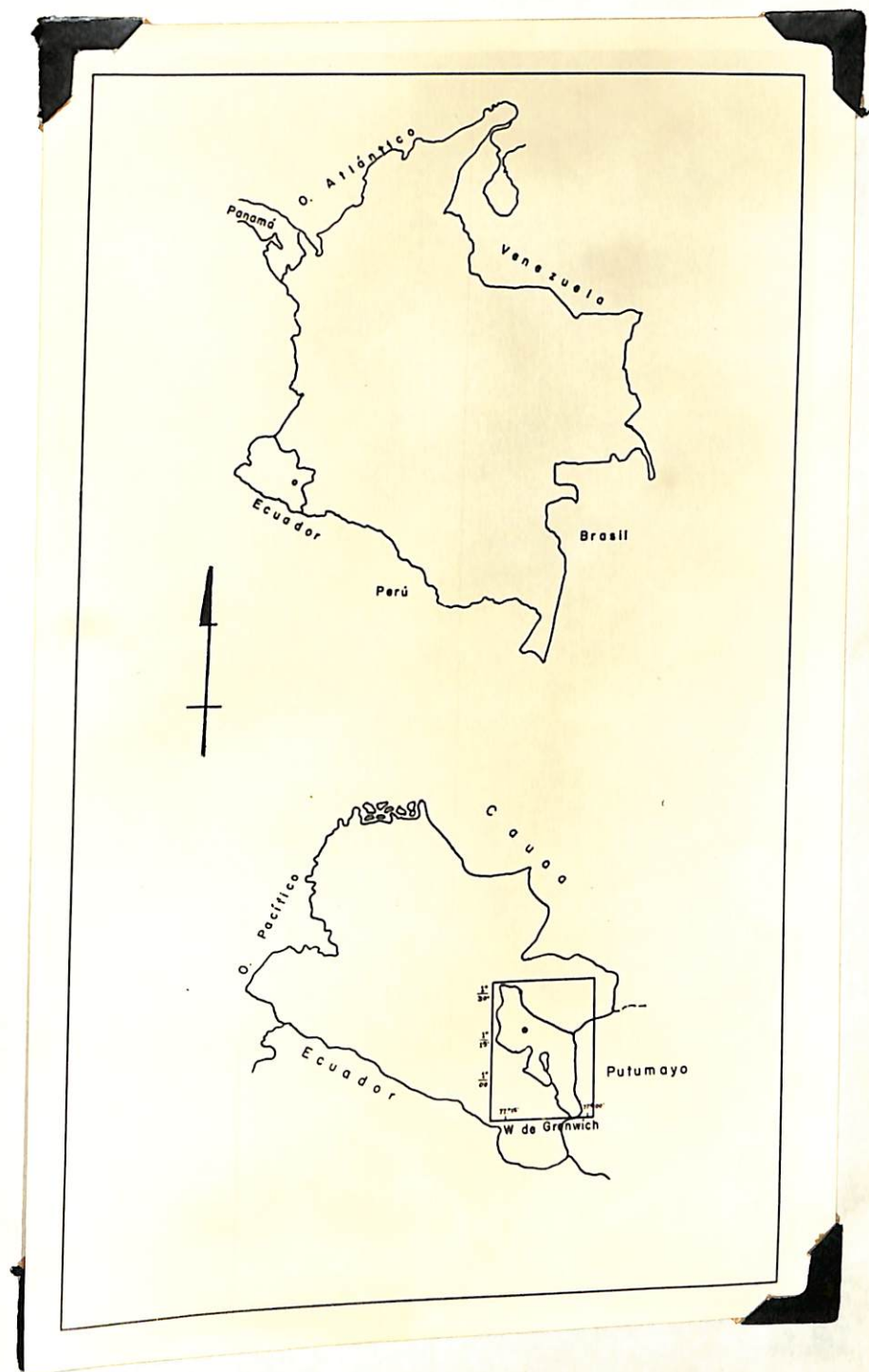


Figura 1. Localización del Municipio de Pasto en el Departamento de Nariño, en la República de Colombia.

Foto: Ismael Santacruz.

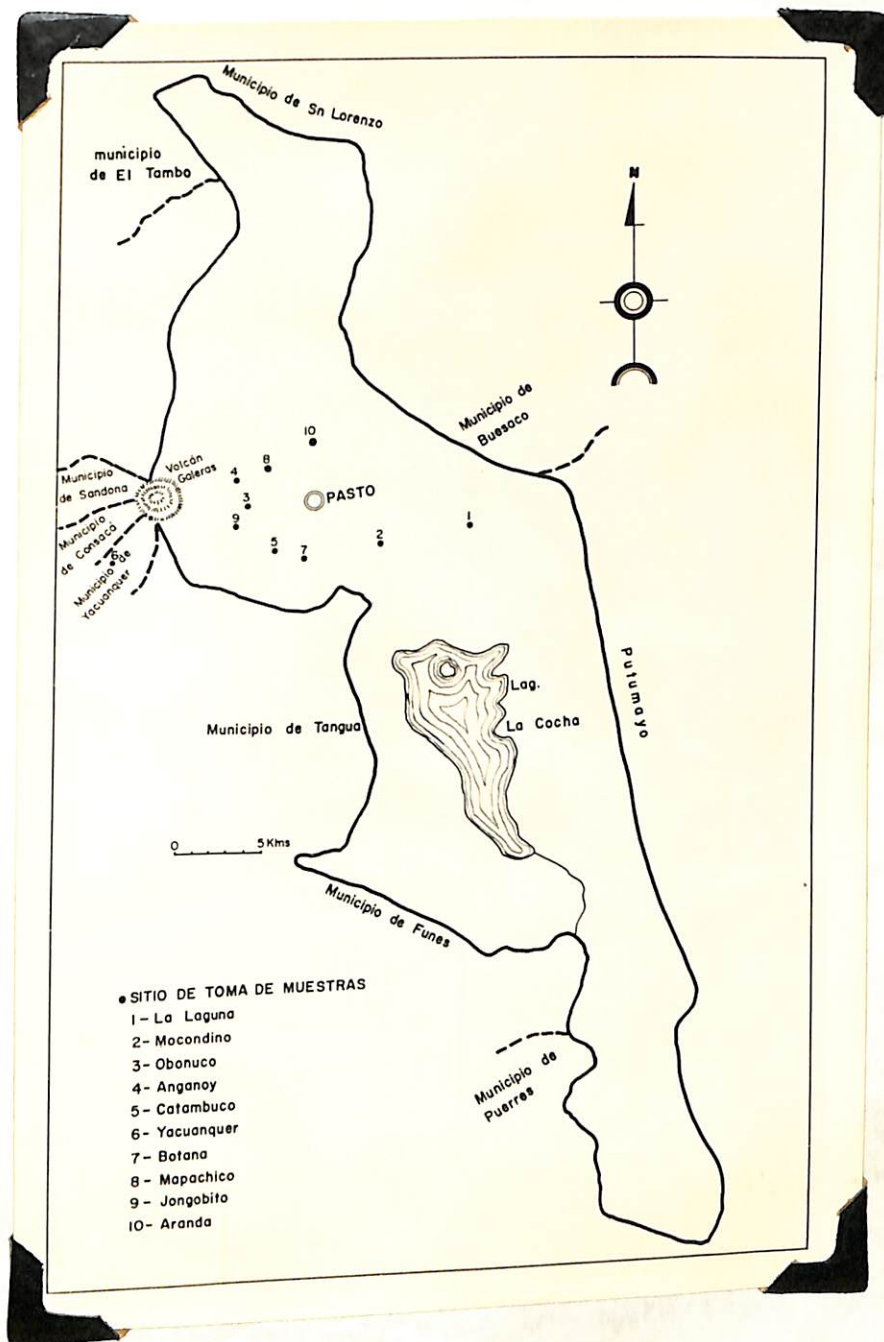


Figura 2. Municipio de Pasto con las zonas del Altiplano estudiadas.

Foto : Ismael Santacruz



#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En las tablas I a X aparecen los resultados correspondientes a la caracterización de los suelos y subsuelos del Altiplano de Pasto.

De la figura 3 a la 8, se presentan fotografías que muestran los contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto en suelos y subsuelos, bajo las condiciones de cultivo, pradera y bosque.

Resumiendo las características del área estudiada cabe anotar que los suelos son ácidos, oscilando el pH entre 5,00 y 6,60 con un promedio generalizado de 5,70. Como indican Swincale (92) y Flach (34), no es posible que en los suelos volcánicos se presenten reacciones muy ácidas debido al poder amortiguador de los materiales inorgánicos amorfos y de los geles polimerizados de alúmina.

El contenido de materia orgánica es aceptable (5 % en promedio), alcanzándose un máximo de 11,01 %. Posiblemente el uso del método de Walkley - Black no llegue a dar un resultado muy exacto debido a la gran capacidad de absorción de la materia orgánica por parte de los materiales inorgánicos amorfos. La textura dominante varió entre arcillosa y franco arcillosa. Es de anotarse que los suelos volcánicos son de muy difícil dispersión.

La capacidad catiónica de cambio (CCC) en general es al

ta, varían entre un mínimo de 16 m.e. / 100 gr. y un máximo de 52,3 m.e/ 100 gr.. No obstante, por emplearse acetato de amonio en la determinación de la UCC es posible que en parte los resultados vengan afectados por una adsorción física del reactivo, principalmente en la alófan, tal como encontraron Birrell (13) y Dornemisza y Fuentes (18).

Los resultados para el molibdeno total se presentan en las tablas XI, XII, XVII y XVIII. En general los distintos promedios se aproximan al indicado por Hodgson (54), de 1 - 2 p.p.m.. Sin embargo dentro de los resultados individuales se pueden observar variaciones.

Observando las tablas se aprecia que en algunos suelos (Aranda, Napachico) y subsuelos (Dotana, Jongobito), no se detectó la presencia de molibdeno. Es interesante también el hecho de que mientras los suelos de Dotana tienen un buen contenido de molibdeno, solamente el subsuelo correspondiente a pradera presenta contenido del oligoelemento.

Posiblemente la solubilidad del molibdeno en los suelos del Altiplano sea baja teniendo en cuenta la abundancia de sesquióxidos (10 % de  $Fe_2O_3$  ó más,  $^{\circ}$ ), lo cual va a influir en la fijación del microelemento como molibdato (Gallago y Jolin, 40).

---

( $^{\circ}$ ) Amézquita y Figueroa. Tesis en realización. Comunicación personal.



Los resultados obtenidos en la determinación del cobre total aparecen en las tablas XIII, XIV, XVII y XVIII. De acuerdo con estos resultados la distribución de cobre en las distintas muestras estudiadas es bastante irregular.

Así aparecen contenidos superiores a 20 p.p.m. en los suelos de Aranda (cultivo), Anganoy y Catambuco (bosques) y en el subsuelo de Obonuco (bosque), y en cambio otros contenidos son inferiores a 2 p.p.m., como ocurre en los suelos de Yacuanquer y Mapachico (cultivos), Catambuco y Jongobito (pradera) y en los subsuelos de Jongobito y Aranda (cultivos), Anganoy y Mapachico (pradera) y Jongobito (bosque).

En general en este estudio se ha encontrado que aquellos suelos o subsuelos que contenían un más alto porcentaje de minerales clasificados en la fracción arcilla, eran también aquellos que presentaban un mayor contenido de cobre.

Se considera que los suelos derivados de cenizas volcánicas comúnmente no son deficientes en cobre (2). Sin embargo, dados los resultados obtenidos, posiblemente en muchas áreas del Altiplano se presentan deficiencias.

Por otra parte y teniendo en cuenta cierta abundancia de materia orgánica en el Altiplano el cobre disponible sea muy bajo, ya que como indican Gallego y Fernández (41) y Trear (99), los ácidos fúlvicos y húmicos van a retener el cobre en forma compleja.

(2) Comunicación personal del Dr. Mario Blasco L.

Los datos obtenidos para el cobalto (Tablas XV, XVI, XVII y XVIII) permiten observar una distribución promedio bastante similar en suelos y subsuelos bajo las tres condiciones (cultivo, pradera y bosque) estudiadas, aunque puede apreciarse que en los subsuelos de pradera hay una cantidad ligeramente superior de cobalto que en los correspondientes suelos, probablemente porque la absorción de los pastos es más superficial debido a la disposición del sistema radicular.

Esta distribución similar del cobalto en la capa arable y subsuelos puede deberse a que buena parte de los materiales que forman los suelos del Altiplano son muy recientes como consecuencia de la actividad del Volcán Galeras, y no han sufrido una meteorización adecuada (Blasco, 16). Corroborando esta posición, Harward (52), encontró en suelos del noroeste de los Estados Unidos una mayor acumulación de cobalto en aquellos suelos volcánicos que presentaban mayor meteorización.

Aunque los datos obtenidos para el cobalto en el Altiplano son inferiores a los promedios presentados por Hodgson (54) y Vinogradov (101). Atendiendo a otros resultados expuestos anteriormente en la revisión de literatura, el contenido total de los suelos nariñenses estudiados, no puede entenderse como definitivamente bajo, aunque no se puede descartar el hecho que en algunas áreas del Altiplano



(Catambuco) se presenten deficiencias desde un punto de vista de fertilidad de suelos.

Su presencia vendría explicada por la relativa abundancia de rocas básicas que como señalan Mitchell (70) y Hodgson (54), entre otros investigadores, proporcionan un mayor contenido de cobalto que si el material parental estuviese dominado por rocas ácidas.

Teniendo en cuenta que en Colombia no hay investigaciones acerca de las determinaciones de molibdeno, cobre y cobalto, es difícil llegar a algunas posiciones de discusión. Sin embargo considerando los datos obtenidos en el presente estudio se pueden sugerir ciertas observaciones.

Los contenidos de arenas, limos y arcillas no parecen tener ninguna relación con la presencia de los tres oligoelementos, con excepción de la relación directa entre el cobre y la fracción menor de 2 micras.

No hay ningún nexo entre el contenido de materia orgánica, relación C/N y reacción del suelo y el molibdeno, cobre y cobalto. Entre la capacidad catiónica de cambio y las cantidades de molibdeno y cobalto hay un pequeño indicio de aumento cuando disminuye aquella. Hay cierta tendencia al aumento de molibdeno con el incremento de la razón Ca / Mg..

Existe leve tendencia del cobalto a acumularse bajo con--

condiciones de bosque en el subsuelo; en condiciones de pradera es más apreciable la presencia de cobalto en el subsuelo. El molibdeno presenta también mayor contenido en el subsuelo de pradera.

Los resultados obtenidos parecen confirmar que la andesita es material principal en los suelos del Altiplano de Pasto tal como indicaron Bueno (21), Espinel y Montenegro (32) y Varela (100). En efecto, los promedios para cobalto, cobre y molibdeno totales (especialmente para los dos últimos) son similares a las cantidades reportadas por Mitchell (70) para la andesita.

Posiblemente y debido a la abundancia de materia orgánica y sesquióxidos en el Altiplano, se presentará cierta deficiencia de asequibilidad en los microelementos estudiados.



TABLA I

Algunas Características Generales de los Suelos y Subsuelos de La Laguna bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque

Características	S U E L O S		S U B S U E L O S	
	Cultivo	Pradera	Bosque	Bosque
Prof. cms.	0-30	0-30	0-25	40-80
Humedad %	14,16	5,27	9,20	16,23
pH.	5,50	5,55	5,30	5,60
Arenas %	37,98	43,61	38,31	41,39
Limos %	25,33	44,70	46,00	51,00
Arcillas %	36,69	11,69	15,69	7,69
Textura	Fr.Arc.	Fr.	Fr.	Fr.Limoso
C. Orgánico %	4,62	6,39	5,40	3,13
N. Total %	0,2944	0,6226	0,5022	0,4508
C/N.	15,69	10,26	10,75	6,94
M. O. %	7,96	11,01	9,30	5,39
C. I. C. me/100gr.	24,65	45,41	37,12	52,30
P. aprov.ppm (Bray I)	2,01	0,10	0,62	0,05
K. cambiabile ppm	279,69	144,09	690,68	284,76
Na.cambiabile ppm	26,25	36,88	39,31	49,97
Ca.cambiabile ppm	867,61	311,22	1.441,44	313,82
Mg.cambiabile ppm	152,70	98,11	172,53	84,80
Ca/Mg.	5,68	3,17	8,35	3,69
			9,16	6,78

TABLA II

Algunas Características generales de los Suelos y Subsuelos de Mocondino bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque

Características	S U E L O S		S U B S U E L O S		S U B S U E L O S	
	Pradera		Bosque		Bosque	
	Cultivo	0-30	Pradera	0-30	Cultivo	40-60
Prof. cms.	0-30	0-30	0-30	0-30	40-60	50-90
Humedad %	27,33	15,58	12,73	25,86	16,51	11,90
pH	5,95	5,65	5,30	5,90	5,65	5,35
Arenas %	20,98	34,31	31,31	34,01	27,69	35,98
Limos %	29,33	30,00	40,30	18,30	34,62	46,17
Arcillas %	49,69	35,69	28,39	47,69	37,69	17,85
Textura	Arc.	Fr.Arc.	Fr.Arc.	Arc.	Fr.Arc.	Fr.
C. orgánico %	1,33	1,73	2,36	0,94	1,22	1,07
N. Total %	0,4601	0,3502	0,5638	0,4566	0,2710	0,3583
C/H	2,89	4,94	4,18	2,05	4,50	2,98
M. O. %	2,29	2,98	4,06	1,62	2,10	1,73
C. I. C. me/100 gr.	21,13	26,46	27,05	20,76	37,86	18,79
P.aprov. ppm (Bray I)	7,26	9,53	8,70	3,42	2,56	4,61
K. Cambiable ppm	1.336,96	346,74	314,19	1.560,76	565,07	601,44
Na.Cambiable ppm	35,65	32,36	60,87	113,27	67,57	31,33
Ca.Cambiable ppm	1.451,56	901,52	980,75	981,70	908,77	268,56
Mg.Cambiable ppm	309,41	224,22	205,16	198,85	297,10	95,11
Ca/Mg.	4,69	4,02	4,78	4,93	3,05	2,82



TABLA III

Algunas Características Generales de los Suelos y Subsuelos de Obonuco bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque

Características	S U E L O S		S U B S U E L O S		Bosque	Pradera	Bosque
	Cultivo	Pradera	Cultivo	Pradera			
Prof. cms.	0-25	0-25	0-30	40-60	40-80		
Humedad %	7,33	6,75	9,03	11,51	7,73		
pH.	6,35	5,95	5,60	6,15	5,90		
Arenas %	26,31	40,86	43,64	42,64	40,98		
Limos %	42,00	39,12	34,67	28,67	35,33		
Arcillas %	31,69	20,02	21,69	28,69	23,69		
Textura	Fr.Arc.	Fr.	Fr.	Fr.Arc.	Fr.		
C. Orgánico %	1,44	2,24	3,92	2,17	2,58		
N. Total %	0,3006	0,2797	0,3442	0,2327	0,2783		
C/N.	4,79	8,00	11,38	9,32	9,27		
M. O. %	2,48	3,86	6,75	3,74	1,44		
C. I. C. me/100gr.	19,60	28,50	30,31	23,08	31,45		
P.aprov.ppm (Bray I)	15,55	3,53	61,54	6,43	31,28		
K. cambiabile ppm	942,03	394,97	368,00	345,68	166,98		
Na.cambiabile ppm	30,05	32,02	32,70	47,94	114,19		
Ca.cambiabile ppm	837,17	960,75	2.158,79	2.107,53	1.777,54		
Mg.cambiabile ppm	104,11	246,59	397,95	202,94	274,71		
Ca/Mg.	8,04	3,89	5,42	10,38	6,47		

Algunas Características Generales de Los Suelos y Subsuelos de Anganoy bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque

Características	S U E L O S		S U B S U E L O S		Fr. Arc.	Fr. Arc.	Fr. Arc.	Fr. Arc.
	Cultivo	Pradera	Bosque	Bosque				
Prof. cms.	0-35	0-40	0-30	40-60	50-80			
Humedad %	7,74	13,53	8,99	5,28	8,57			
pH.	6,40	6,20	5,00	6,20	6,40			
Arenas %	31,98	34,85	44,64	39,86	27,31			
Limos %	32,63	34,79	31,34	27,78	37,00			
Arcillas %	35,39	30,36	24,02	32,36	35,69			
-Textura	Fr. Arc.	Fr. Arc.	Fr.	Fr. Arc.	Fr. Arc.	Fr. Arc.	Fr. Arc.	Fr. Arc.
C. orgánico %	1,77	2,55	4,90	1,42	1,46			0,50
N. Total %	0,6631	0,4783	0,5678	0,4771	0,3391			0,4817
C/N.	2,66	5,33	8,62	2,97	4,30			1,03
M. O. %	3,05	4,39	8,44	2,44	2,51			0,86
C. I. C. me/100gr.	24,99	35,42	24,63	22,84	27,25			29,40
P. aprov. ppm (Bray I)	97,10	3,23	5,33	11,92	3,08			7,33
K. cambiabile ppm	456,22	550,62	205,36	331,63	293,14			387,19
Na. cambiabile ppm	36,63	86,28	39,23	35,79	67,31			22,44
Ca. cambiabile ppm	1.260,55	2.486,30	1.732,94	1.231,77	1.433,12			1.111,07
Mg. cambiabile ppm	353,38	220,24	583,09	345,31	223,65			163,85
Ca/Mg	3,55	11,27	2,97	3,56	6,40			6,78



TABLA V

Algunas Características Generales de los Suelos y Subsuelos de Catambuco bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque

Características	S U E L O S		S U B S U E L O S		S	L	O	S
	Cultivo	Pradera	Bosque	Bosque				
Prof. cms.	0-30	0-35	0-25	40-60	40-70			
Humedad %	4,91	6,43	7,82	9,74	9,08			
pH.	5,80	5,80	5,30	5,90	6,00			
Arenas %	40,48	34,31	27,98	38,31	61,14			
Limos %	31,83	41,00	42,63	34,00	11,17			
Arcillas %	27,69	24,69	29,39	27,69	27,69			
Textura	Fr.Arc.	Fr.	Fr.Arc.	Fr.Arc.	Fr.Arc.Ar.			Ar.
C. Orgánico %	3,46	2,87	2,91	0,98	2,61			2,08
N. Total %	0,3534	0,3434	0,5713	0,2676	0,2227			0,3332
C/N.	9,79	8,35	5,09	3,66	11,71			6,24
M. O. %	5,96	4,94	5,01	1,68	4,49			3,58
C. I. C. me/100gr.	19,40	29,80	28,78	18,98	25,30			23,56
P. aprov. ppm (Bray. I)	16,54	12,38	15,04	2,69	2,47			0,45
K. cambiabile ppp	561,27	319,29	700,83	478,60	365,42			300,15
Na. cambiabile ppm	25,17	51,08	43,12	39,50	95,99			87,83
Ca. cambiabile ppm	818,29	2.075,38	711,61	1.185,19	2.028,88			835,53
Mg. cambiabile ppm	178,34	504,47	249,06	212,89	357,78			207,81
Ca/Mg.	4,58	4,11	2,85	5,56	5,67			4,02

TABLA VI

Algunas Características Generales de los Suelos y Subsuelos  
de Yacuanquer bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque

Características	S U E L O S			S U B S U E L O S		
	S	U	E	S	U	B
	Cultivo	Pradera	Bosque	Cultivo	Pradera	Bosque
Prof. cms.	0-30	0-30	0-25	40-60	40-60	50-90
Humedad %	7,00	10,42	9,34	6,49	9,03	10,12
pH.	5,60	5,70	5,60	5,80	5,70	5,70
Arenas %	33,64	44,64	39,23	35,64	34,98	35,23
Limos %	31,97	27,34	33,08	29,97	31,33	33,38
Arcillas %	34,39	28,02	27,69	34,39	33,69	31,39
Textura	Fr.Arc.	Fr.Arc.	Fr.	Fr.Arc.	Fr.Arc.	Fr.Arc.
C. Orgánico %	1,60	1,82	2,95	1,43	1,63	1,15
N. Total %	0,3327	0,4463	0,3468	0,3307	0,2121	0,3008
C/N.	4,80	4,07	8,50	4,32	7,68	3,82
M.O. %	2,75	3,13	5,08	2,46	2,81	1,98
C. I. C. me/100gr.	24,27	24,62	21,97	20,50	30,52	29,07
P. aprov.ppm (Bray I)	32,00	23,45	20,18	0,15	0,05	2,04
K. cambiabile ppm	369,15	369,91	616,67	178,04	136,28	356,67
Na. cambiabile ppm	29,96	30,91	32,80	.66,02	39,25	39,64
Ca. cambiabile ppm	674,10	861,27	1.869,71	1.213,98	1.373,77	1.255,36
Mg. cambiabile ppm	181,90	160,10	278,81	504,76	304,19	361,19
Ca/Mg.	3,70	5,37	6,70	2,40	4,51	3,47



TABLA VII

Algunas Características Generales de Los Suelos y Subsuelos de Botana bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque

Características	S U E L O S		S U B S U E L O S		S U E L O S	
	Cultivo	Pradera	Bosque	Cultivo	Pradera	Bosque
Prof. cms.	0-30	0-25	0-30	40-60	40-70	50-90
Humedad %	13,62	22,00	10,80	22,11	19,96	14,76
pH.	6,30	5,55	6,00	5,70	5,50	6,40
Arenas %	30,64	32,23	33,23	20,98	25,61	27,64
Limos %	31,97	38,08	35,08	49,33	38,00	40,67
Arcillas %	37,39	29,69	31,69	29,69	36,39	31,69
Textura	Fr.Arc.	Fr.Arc.	Fr.Arc.	Fr.Arc.	Fr.Arc.	Fr.Arc.
C. orgánico %	2,38	3,66	2,82	1,09	2,33	1,89
N. Total %	0,3540	0,3414	0,6145	0,2134	0,1712	0,4841
C/N.	6,72	10,72	4,58	5,10	13,60	3,90
M. O. %	1,89	4,01	3,25	1,89	4,01	3,25
C. I. C. me/100gr.	31,58	30,74	33,79	22,71	32,62	32,70
P.aprov.ppm (Bray I)	12,62	12,72	14,80	0,72	0,05	0,05
K. cambiabile ppm	1.329,35	103,70	454,28	1.816,48	83,97	871,52
Na.cambiabile ppm	24,99	48,80	17,72	43,95	69,57	60,02
Ca.cambiabile ppm	1.397,52	1.098,00	1.362,84	1.282,15	1.187,60	895,12
Mg.cambiabile ppm	179,51	251,32	107,47	520,18	173,94	167,54
Ca/Mg.	7,78	4,36	12,68	2,46	6,82	5,34

TABLA VIII

Algunas características Generales de los Suelos y Subsuelos de Mapachico bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque

Característica	S U E L O S		S U B S U E L O S		Bosque	S U B S U E L O S		Pradera	S U B S U E L O S		Bosque
	Cultivo	Pradera	Cultivo	Pradera		Cultivo	Pradera		Cultivo	Pradera	
Prof. cms.	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	0-30	40-60	40-60	40-60	40-60	40-60
Humedad %	5,69	6,86	8,75	8,75	13,44	8,11	8,11	8,11	8,11	9,63	9,63
pH.	5,50	5,55	5,50	5,50	5,40	5,40	5,40	5,40	5,40	5,20	5,20
Arenas %	36,86	34,28	34,86	34,86	30,28	29,64	29,64	29,64	29,64	42,48	42,48
Limos %	37,45	36,03	40,12	40,12	26,03	43,34	43,34	43,34	43,34	27,16	27,16
Arcillas %	25,69	29,69	25,02	25,02	43,69	27,02	27,02	27,02	27,02	30,36	30,36
Textura	Fr.	Fr.Arc.	Fr.	Fr.	Arc.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.Arc.	Fr.Arc.
C. orgánico %	2,85	2,88	4,24	4,24	1,87	2,30	2,30	2,30	2,30	3,40	3,40
N. Total %	0,1769	0,2500	0,4013	0,4013	0,1572	0,1336	0,1336	0,1336	0,1336	0,3227	0,3227
C/N.	16,11	11,52	10,56	10,56	11,89	17,21	17,21	17,21	17,21	10,53	10,53
M. O. %	4,90	4,96	7,30	7,30	3,22	3,96	3,96	3,96	3,96	5,86	5,86
C. I. C. me/100 gr.	21,34	22,86	34,46	34,46	19,42	26,27	26,27	26,27	26,27	30,31	30,31
P. aprov. ppm (Bray I)	0,12	0,50	3,87	3,87	0,62	0,59	0,59	0,59	0,59	0,10	0,10
K. cambiabile ppm	524,92	331,27	520,00	520,00	255,24	156,76	156,76	156,76	156,76	730,23	730,23
Na. cambiabile ppm	16,91	32,05	32,62	32,62	60,00	38,91	38,91	38,91	38,91	35,08	35,08
Ca. cambiabile ppm	634,14	961,74	848,25	848,25	422,41	1.329,75	1.329,75	1.329,75	1.329,75	822,22	822,22
Mg. cambiabile ppm	133,16	129,30	105,48	105,48	68,06	222,70	222,70	222,70	222,70	160,05	160,05
Ca/Mg.	4,76	7,43	8,04	8,04	6,50	5,97	5,97	5,97	5,97	5,13	5,13



TABLA IX

Algunas Características Generales de los Suelos y Subsuelos de Jongobito bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque

Características	S U E L O S		S U B S U E L O S		S U E L O S	
	Cultivo	Pradera	Bosque	Cultivo	Pradera	Bosque
Prof. cms.	0-25	0-30	0-35	40-60	40-70	40-70
Humedad %	4,55	7,97	5,13	26,42	28,82	26,34
pH.	6,15	6,00	6,10	6,15	6,60	6,35
Arenas %	33,31	32,61	35,98	30,31	33,98	28,31
Limos %	37,00	43,70	34,33	36,00	34,33	38,00
Arcillas %	29,69	23,69	29,69	33,69	31,69	33,69
Textura	Fr.Arc.	Fr.	Fr.Arc.	Fr.Arc.	Fr.Arc.	Fr.Arc.
C. orgánico %	1,56	3,23	2,36	1,26	3,11	1,42
N. Total %	0,3862	0,5444	0,2320	0,3539	0,4395	0,8084
C/N	4,03	5,93	10,17	3,56	7,07	1,75
M. O. %	2,68	5,56	4,06	2,17	5,36	2,44
C. I. C. me/100 gr.	17,25	26,34	30,72	16,00	17,29	23,70
P. aprov. ppm (Bray I)	18,07	3,50	7,38	3,25	4,04	3,88
K. Cambiable ppm	353,15	340,10	570,70	153,26	80,69	500,46
Na. Cambiable ppm	31,36	41,02	35,74	42,28	83,00	37,92
Ca. Cambiable ppm	1.505,52	1.813,89	1.198,48	1.109,85	2.075,04	1.928,08
Mg. Cambiable ppm	254,05	381,13	408,95	244,16	405,78	524,69
Ca/Mg.	5,92	4,75	2,93	4,54	5,11	3,67

TABLA X

Algunas Características Generales de los Suelos y Subsuelos de Aranda bajo condiciones de cultivo, Pradera y Bosque

Características	S U E L O S		S U B S U E L O S	
	Cultivo	Pradera	Cultivo	Bosque
Prof. cms.	0-35	0-30	40-60	50-80
Humedad %	6,14	5,91	17,55	22,28
pH.	5,90	6,00	6,10	6,00
Arena %	35,23	36,86	14,23	27,64
Limos %	27,41	32,37	22,00	36,34
Arcillas %	37,36	30,77	63,77	36,02
Textura	Fr.Arc.	Fr.Arc.	Arc.	Fr.Arc.
C. Orgánico %	2,54	2,06	0,52	1,65
N. Total %	0,6794	0,3873	0,4760	0,1942
C/N.	3,73	5,31	1,09	8,49
M. O. %	4,37	3,55	0,89	2,84
C.I.C. me/100gr.	32,70	21,39	29,76	22,25
P.aprov.ppm (Bray I)	21,76	4,79	14,05	2,00
K. cambiabile ppm	467,85	222,41	717,66	501,35
Na.cambiabile ppm	21,22	38,12	72,94	88,04
Ca.cambiabile ppm	2.642,88	1.493,33	1.482,39	1.540,72
Mg.cambiabile ppm	153,90	270,07	170,59	401,07
Ca/Mg.	17,17	5,52	8,68	3,84
				Bosque
				50-80
				7,51
				5,40
				43,86
				31,38
				24,36
				Fr.
				1,45
				0,3583
				4,04
				2,49
				27,70
				0,50
				258,02
				62,35
				838,57
				326,83
				2,56



TABLA XI

Contenido de Molibdeno total en diez suelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque  
Resultados en ppm

Nombre	Cultivo	Pradera	Bosque
La Laguna	0,73	0,81	1,19
Mocondino	0,67	1,19	2,44
Obonuco	1,36	1,27	0,82
Anganoy	0,64	1,76	0,69
Catambuco	1,64	1,35	0,64
Yacuanquer	1,86	1,31	1,41
Botana	2,06	1,83	1,81
Mapachico	1,28	0,00	0,95
Jongovito	0,23	0,23	0,09
Aranda	0,00	0,57	0,37

TABLA XII

Contenido de Molibdeno total en diez Subsuelos del Altiplano  
de Pasto bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque  
Resultados en ppm

Nombre	Cultivo	Pradera	Bosque
La Laguna	1,51	0,69	0,95
Mocondino	1,09	2,15	1,04
Obonuco	0,26	1,32	1,76
Anganoy	0,67	1,11	0,54
Catambuco	1,45	1,40	0,76
Yacuanquer	1,41	1,52	1,31
Botana	0,00	1,42	0,00
Mapachico	2,43	0,58	0,24
Jongovito	0,00	0,74	0,48
Aranda	0,17	1,66	1,13



TABLA XIII

Contenido de Cobre total en diez suelos del Altiplano  
de Pasto bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque  
Resultados en ppm

Nombre	Cultivo	Pradera	Bosque
La Laguna	5,70	3,45	15,94
Mocondino	10,82	12,13	6,20
Obonuco	13,95	4,05	5,88
Anganoy	11,80	4,99	24,63
Catambuco	10,91	1,17	27,60
Yacuanquer	1,72	7,17	5,90
Botana	5,22	6,10	2,00
Mapachico	1,69	13,35	4,78
Jongovito	3,34	0,64	3,36
Aranda	21,16	6,88	13,40

TABLA XIV

Contenido de Cobre total en diez subsuelos del Altiplano  
de Pasto bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque  
Resultados en ppm

Nombre	Cultivo	Pradera	Bosque
La Laguna	11,30	11,39	5,51
Mocondino	23,23	8,73	4,47
Obonuco	4,44	7,24	21,97
Anganoy	7,05	1,73	17,50
Catambuco	6,58	12,54	7,49
Yacuanquer	5,75	5,40	15,96
Botana	2,19	3,83	2,75
Mapachico	11,79	1,94	5,92
Jongovito	0,42	5,30	1,26
Aranda	1,41	9,17	8,17



TABLA XV

Contenido de Cobalto total en diez suelos del Altiplano de Pasto  
bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque  
Resultados en ppm

Nombre	Cultivo	Pradera	Bosque
La Laguna	3,49	2,92	4,21
Mocondino	5,36	5,52	4,79
Obonuco	2,97	4,07	4,71
Anganoy	4,20	2,24	3,80
Catambuco	1,03	2,24	2,25
Yacuanquer	4,94	1,68	6,19
Botana	5,04	2,44	6,53
Mapachico	2,82	3,40	1,31
Jongovito	2,73	2,27	2,75
Aranda	8,62	2,31	7,63
		7,12	

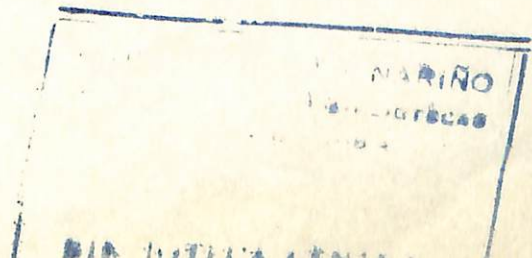


TABLA XVI

Contenido de Cobalto total en diez subsuelos del Altiplano de  
Pasto bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque

Resultados en ppm

Nombre	Cultivo	Pradera	Bosque
La Laguna	3,02	3,55	3,48
Mocondino	8,11	6,99	1,06
Obonuco	4,28	3,28	4,65
Anganoy	2,08	3,72	5,14
Catambuco	0,98	2,05	3,67
Yacuanquer	7,90	8,09	6,55
Botana	6,53	5,79	8,17
Mapachico	6,06	3,52	2,35
Jongovito	6,28	4,80	2,76
Aranda	4,57	4,19	8,08





Tabla XVIII

Contenido mínimo, promedio y máximo de Molibdeno, Cobre y Cobalto total en  
Subsuelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque

Resultados en ppm

	M O L I B D E N O		C O B R E		C O B A L T O			
	Cultivo	Bosque	Cultivo	Bosque	Cultivo	Bosque		
Mínimo	0,000	0,580	0,420	1,730	1,260	0,980	2,050	1,060
Promedio	0,899	1,259	7,416	6,727	9,100	4,981	4,598	4,591
Máximo	2,430	2,150	23,230	12,540	21,970	8,110	8,090	8,080



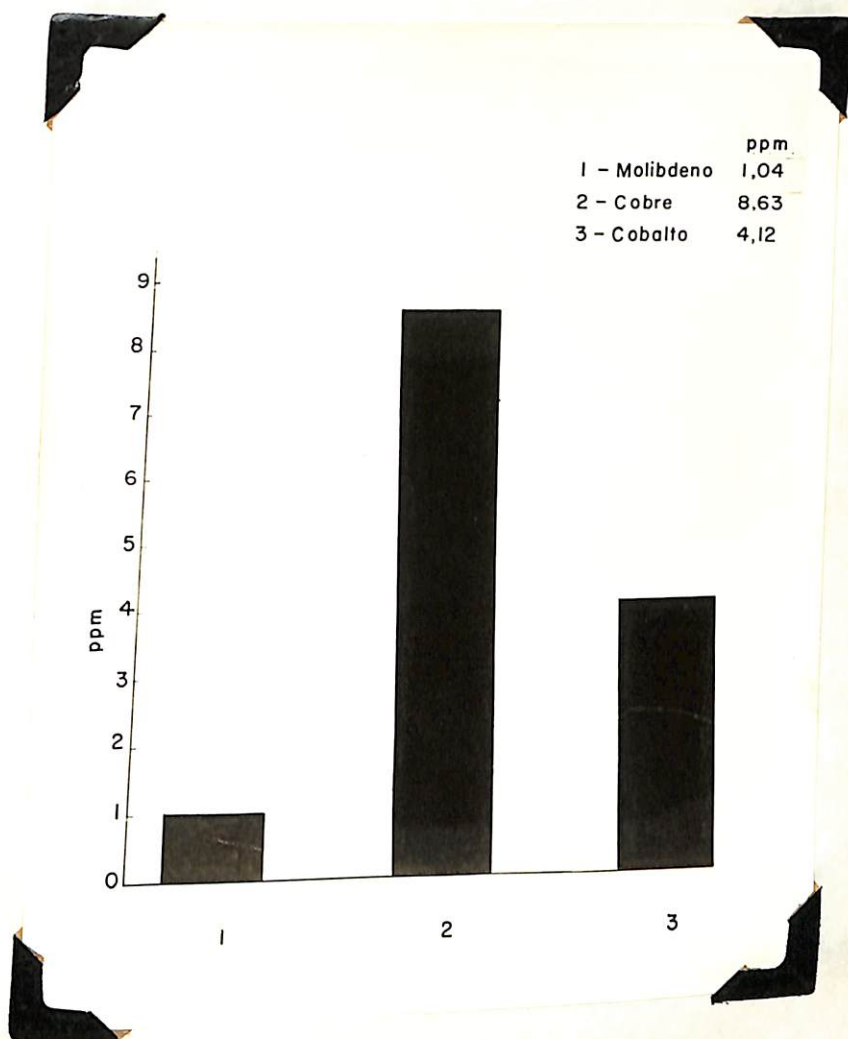


Figura 3. Contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto totales en 10 suelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de cultivo.

Foto: Ismael Santacruz

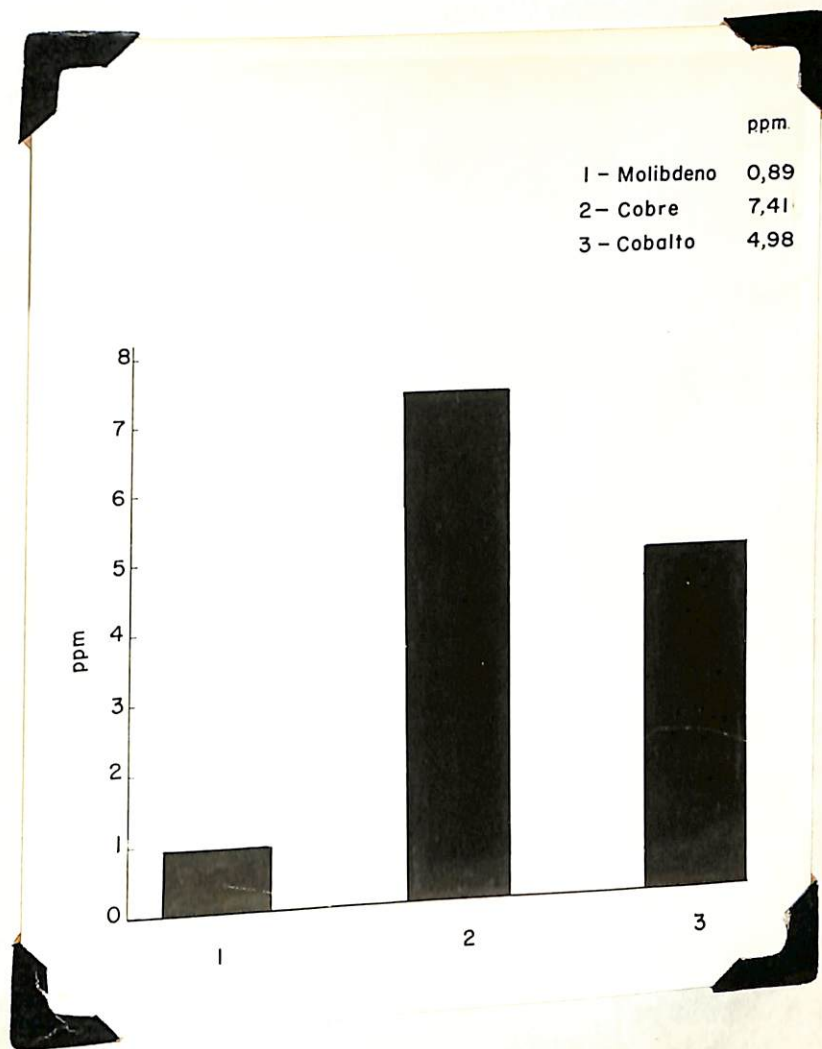


Figura 4. Contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto totales en 10 subsuelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de cultivo.

Foto: Ismael Santacruz.



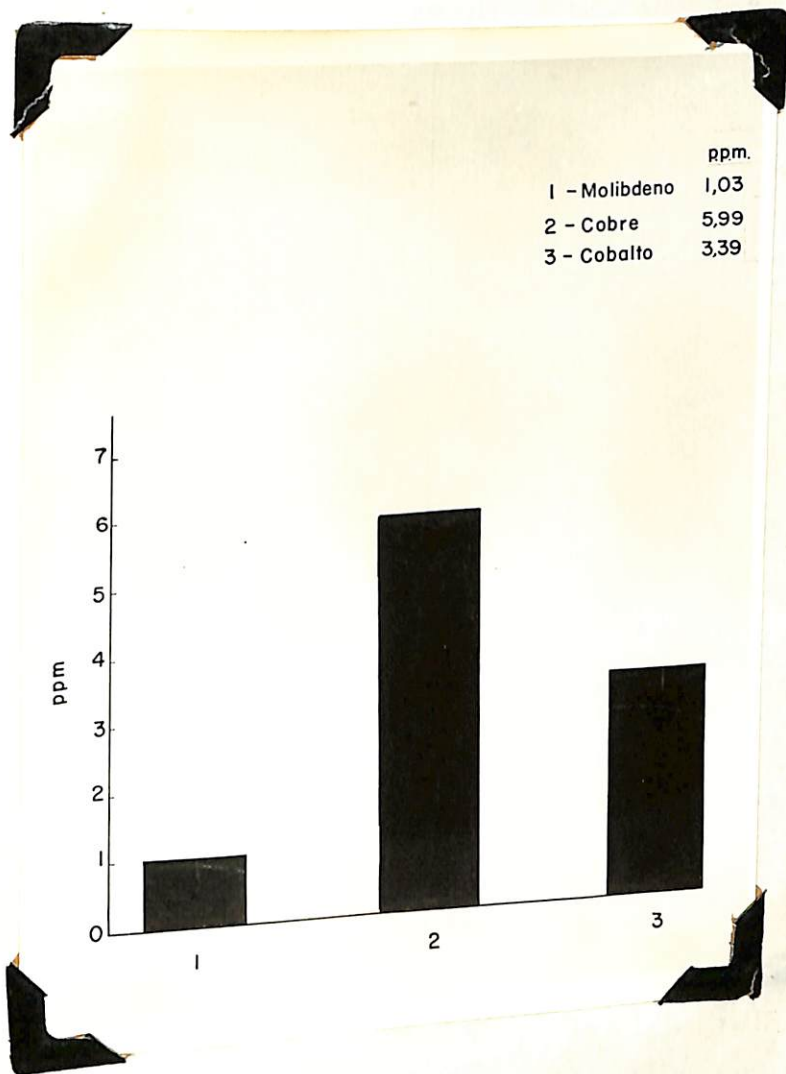


Figura 5. Contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto totales en 10 suelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de pradera.

Foto: Ismael Santacruz

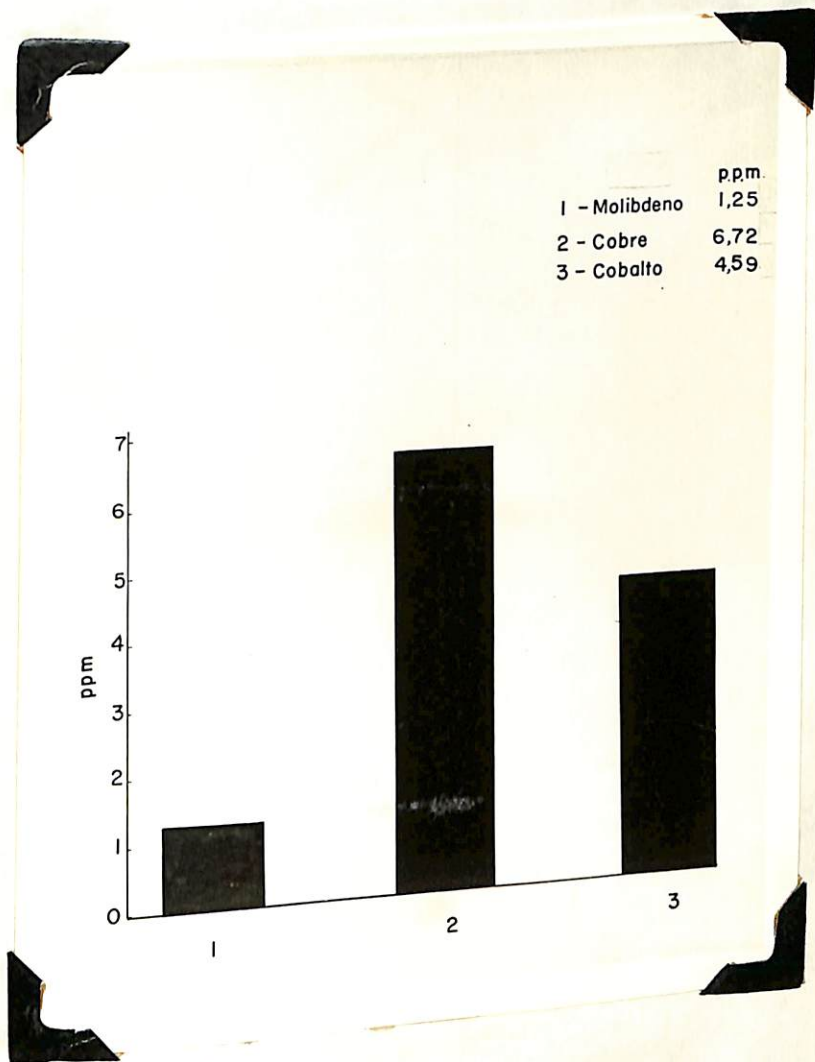


Figura 6. Contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto totales en 10 subsuelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de pradera.

Foto: Ismael Santacruz.



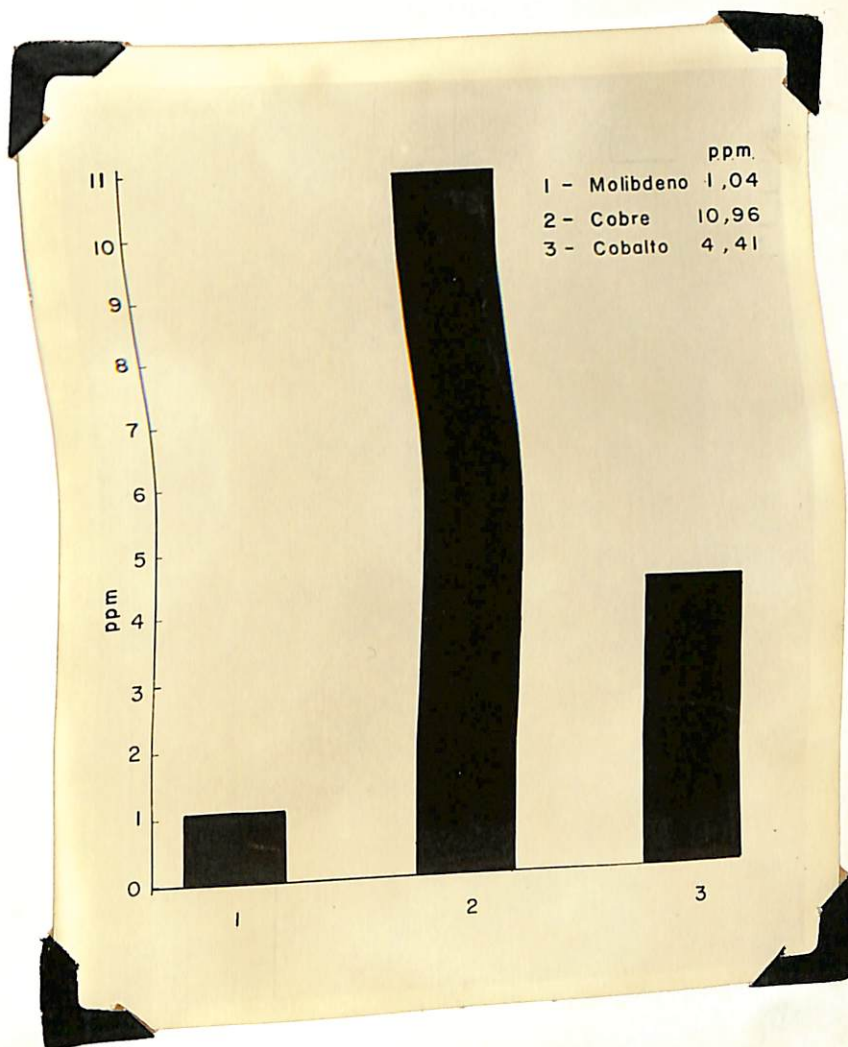


Figura 7. *Contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto totales en 10 suelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de bosque.*

Foto: Ismael Santacruz

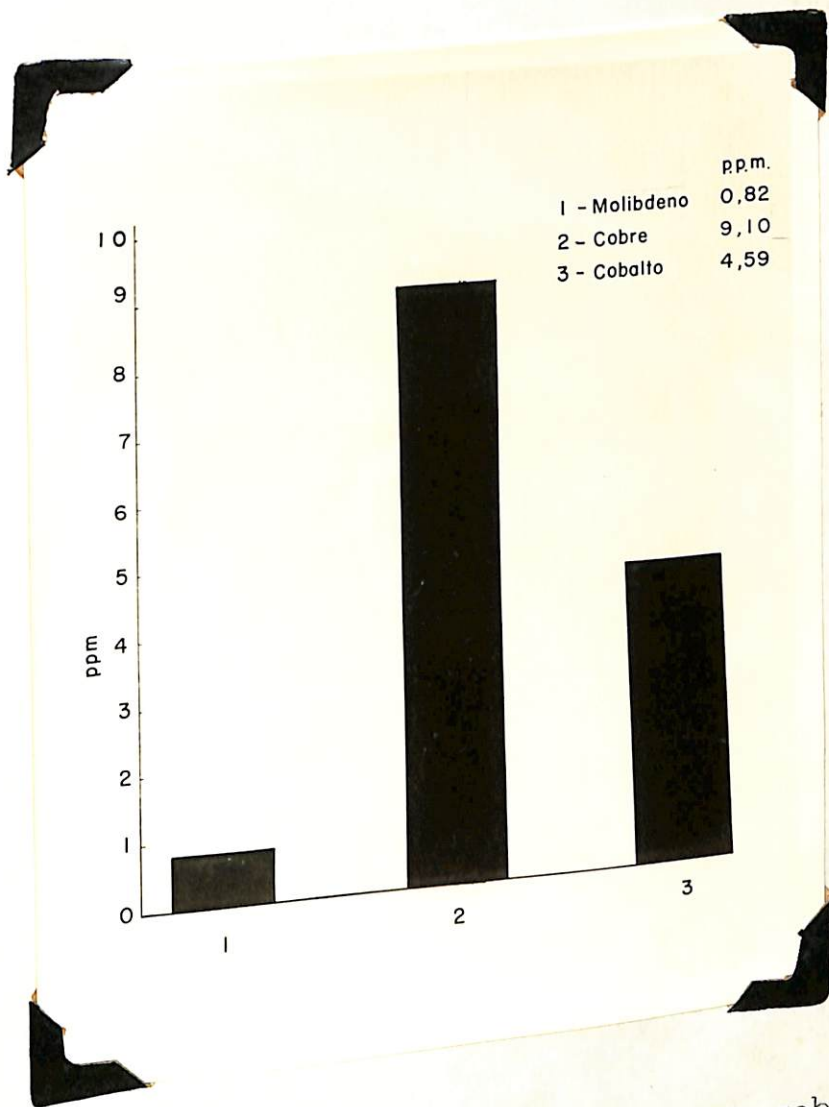


Figura 8. Contenidos promedios de molibdeno, cobre y cobalto totales en 10 subsuelos del Altiplano de Pasto bajo condiciones de bosque.

Foto : Ismael Santacruz.



## V. CONCLUSIONES

Considerando los resultados del estudio realizado en los suelos del Altiplano de Pasto, las siguientes son las conclusiones principales :

1.- Los contenidos totales de molibdeno, cobre y cobalto son relativamente bajos en los suelos y subsuelos del Altiplano de Pasto. Por otra parte se considera que las reacciones del molibdeno con los óxidos de hierro y aluminio, y las interacciones del cobre y cobalto con materiales inorgánicos y superficies de minerales, pueden ocasionar deficiencias desde el punto de vista de fertilidad de los suelos.

2.- No se apreció ninguna diferencia significativa estadística entre los contenidos de los tres oligoelementos en los suelos y subsuelos. Muy posiblemente en esto influyan las sucesivas deposiciones ocasionadas por las erupciones del Volcán Galeras (22 en el presente siglo), conformando suelos homogéneos en cuanto a su pequeña meteorización.

3.- Salvo en dos casos ( suelo pradera x suelo bosque en cobre y subsuelo pradera x subsuelo bosque en molibdeno), tampoco se encontró diferencia significativa en el contenido de molibdeno, cobre y cobalto para las tres condiciones estudiadas de cultivo, pradera y bosque.

4.- Los contenidos promedios encontrados parecen corro-

borar el dominio de la andesita en el Altiplano de Pasto, área de máxima influencia del Volcán Galeras.

5.- La presencia de materia orgánica, la relación C/N y la reacción del suelo no tienen en este estudio ninguna influencia en el contenido de molibdeno, cobre y cobalto. Se observó una relación directa entre el contenido de minerales menores de 2 micras y el cobre y así mismo entre el molibdeno y la razón Ca/Mg.

6.- Se hace necesario establecer las fracciones intercambiables de molibdeno, cobre y cobalto en el Altiplano de Pasto y establecer con esos suelos experimentación de invernadero y/o campo con las siguientes aplicaciones iniciales :

Molibdeno : 0,5 - 1 - 2 - 4 p.p.m.

Cobre : 2,5 - 5 - 10 - 20 p.p.m.

Cobalto : 1,0 - 2 - 4 - 8 p.p.m.

equilibrando el balance de los elementos mayores con y sin adición de cal.



## VI. RESUMEN

En el presente estudio fueron utilizados suelos volcánicos del Altiplano de Pasto el cual se encuentra entre 2.535 y 2.800 m. sobre el nivel del mar en la cordillera de los Andes, Nariño, S.O. de Colombia. El promedio anual de precipitación y temperatura son 750 mm. y 13,5 ° C respectivamente. El Altiplano está dominado por el Volcán Galeras (4.200 m.).

Se determinaron cantidades totales de molibdeno, cobre y cobalto en suelos y subsuelos de 30 perfiles bajo condiciones de cultivo (A), pradera (B) y bosque (C).

El promedio encontrado para molibdeno fué 1,04 , 1,03 y 1,04 p.p.m. en suelos, y 0,89 , 1,25 y 0,82 p.p.m. en subsuelos.

El promedio encontrado para cobre fué 8,63 , 5,99 y 10,96 p.p.m. en suelos, y 7,41 , 6,72 y 9,10 p.p.m. en subsuelos.

El promedio encontrado para cobalto fué 4,12 , 3,39 y 4,41 p.p.m. en suelos, y 4,98 , 4,59 y 4,59 p.p.m. en subsuelos.

De acuerdo a los resultados puede decirse que en los suelos del Altiplano hay alguna deficiencia de molibdeno, cobre y cobalto.

SUMMARY

by

Pablo Barros Maury.

In this study were used volcanic soils from the Altiplano of Pasto which lies at 2535 - 2800 m. over sea level in the Andes Mountains, Nariño, S.W. of Colombia. Average annual rainfall and temperature are 750 mm. and 13,5 ° C respectively. The Altiplano is dominated by the Galeras Volcano (4200 m.).

Total amounts of molybdenum, copper and cobalt were determined in topsoils and subsoils of 30 profiles under conditions of cultivation (A), meadow (b) and forest (C).

The average found for molybdenum was 1,04 , 1,03 and 1,04 p.p.m. in soils, and 0,89 , 1,25 and 0,82 p.p.m. in subsoils.

The average found for copper was 8,63 , 5,99 and 10,96 p.p.m. in soils, and 7,41 , 6,72 and 9,10 p.p.m. in subsoils.

The average found for cobalt was 4,12 , 3,39 and 4,41 p.p.m. in soils, and 4,98 , 4,59 and 4,59 p.p.m. in subsoils .

According to the results it can be said than in the soils of the Altiplano there is some defficiency of molybdenum, copper and cobalt.



- 10.- \_\_\_\_\_. Suelos y fertilizantes. J. Lozal. 2a. ed. Omega. Barcelona. 438 p. 1963 .
- ⑦ ✓ 11.- Benavides, D.T. Estado del manganeso en suelos de la Sabana de Dogotá. Agustín Codazzi. (Dogotá). 49 p. 1959.
- 12.- Bergersen, F. Biochemical pathways in Legume root nodule nitrogen fixation . C.S.I.R.O. Camberra. 24 : 246 - 250. 1960.
- 13.- Birrel, K.S. Some properties of volcanic ash soils. -- World soil resources report. 14 : 74 - 81. 1964.
- 14.- Black, C. Soil - plant relationships . 4th. ed. John Wiley Inc. New York. 332 p. 1965.
- 15.- Blasco, M. Curso de suelos. Fac. Nal. de Agronomía. (Palмира). 427 p. 1963. (Conferencias mimeografiadas).
- 16.- \_\_\_\_\_. Características químicas de los suelos volcánicos de Nariño, Colombia. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. I.I.C. A. Turrialba. B. 10.1 - B. 10.6. 1959.
- 17.- Blasco, M. y N. Bohórquez. Estudios sobre la composición química del ramio (Bohemeria nivea (L) Gaud.) . Agr. Trop. (Dogotá). 23 : 813 - 818. 1967.
- 18.- Dornemisza, E. y R. Fuentes. Cation exchange capacity - of Costa Rican soils and subsoils at different pH va

- 10 ✓ 27.- Daza, J. Respuesta de la alfalfa (Medicago sativa L) a las aplicaciones de cal, fósforo y molibdeno en suelos activos. Acta Agronómica. (Palmira). 9 : 1 - 24. 1959.
- 28.- Demolon, A. Dinámica del suelo. J. Pérez Mallá. Vol. I.- Omega. Barcelona. 523 p. 1968.
- 11 ✓ 29.- Dobrzański, B. and J. Głinski. Copper and cobalt content of grassland soils in the region of the Wieprz-Krzna canal. Annls. Univ. Mariae Curie. 19 : 19-41. 1964. (En - Abs. Soils and Fertilizers. 25 : 3.012. 1966).
- 12 ✓ 30.- Donchev, I. The content of copper in the chief soil types and in some bog and peat soils in Bulgaria. Izv. Pochv. Inst. Sofiya. Bulgaria. 6 : 63 - 98. 1959. (En Abs. - Soils and Fertilizers. 23 : 1023. 1960).
- 31.- Drake, M. Chemistry of the soil. Soil Chemistry and plant-nutrition. 2th. ed. Reinhold Publishing Co. New York.- p. 424. 1965.
- 32.- Espinel, T.L. y E. Montenegro. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre mapa ecológico. Inst. Geográfico Agustín Codazzi. (Bogotá). 201 p. 1963.
- 33.- Estévez, J.A. Influencia de la adición de fósforo y cobalto a raciones comunes para vacas lecheras. Acta Agronómica. 10 : 170 - 183. 1960.
- 34.- Flach, K.S. Genesis and morphology of ash - derived soils-





- 47.- González, F. y A.M. García. Geoquímica del cobalto en los suelos de Andalucía occidental. I. Contenido en cobalto total y caracteres generales de los suelos del Valle del Guadalquivir. Anales de Edafología y Agrobiología. Madrid. 23 : 305 - 321. 1964.
- 48.- \_\_\_\_\_ . Geoquímica del cobalto en los suelos de Andalucía occidental. II. Distribución del cobalto total en las fracciones de suelo de distinto diámetro de partícula. Anales de Edafología y Agrobiología. Madrid. 23 : 447 - 460. 1964,
- 49.- \_\_\_\_\_ . Geoquímica del cobalto en los suelos de Andalucía occidental . III. Cobalto total - en relación con la composición mineralógica de los suelos y rocas. Anales de Edafología y Agrobiología. Madrid. 23 : 461 - 469. 1964.
- 50.- \_\_\_\_\_ . Geoquímica del cobalto en los suelos de Andalucía occidental. V. Cobalto extraíble por acetato amónico y disoluciones ácidas y esquema del ciclo del cobalto. Anales de Edafología y Agrobiología. Madrid . 23 : 697 - 704 . 1964.
- 51.- Haley, L.E. and S.W. Melsted. Preliminary studies of molybdenum in Illinois soils. Cenicafé. Chinchiná. (Columbia). Centro Nal. de Investigaciones del café. 8 : 248. 1957.



52.- Harward, M. L. Mineralogy and trace - element composition of ash and pumice soils in the Pacific Northwest of the United States. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. I.I.C.A. Turrialba. D.5.1 - D.5.12. 1969.

53.- Henkens, C. H. The importance of copper in the cultivation of arable soils and grassland. Sondech. Groningen. 16 : 56 - 65. 1962. (En Abs. Soils and Fertilizers. 23 : 3.101. 1960).

18 ✓ 54.- Hodgson, J. F. Micronutrients in soils. Adv. in Agr. Acad. Press. New York. 15 : 119 - 159. 1963.

55.- Ivanova, N. N. The content of molybdenum in soils of the Latvian S.S.R. Primen. Mikroélemen. sel. Khoz. ba-ku. 1959 : 99 - 104. 1959. (En Abs. Soils and Fertilizers. 23 : 1954. 1960).

56.- Jackson, M. L. Análisis químico de suelos. José Beltrán. Omega. Barcelona. 662 p.. 1964.

57.- Jurav, C. The copper content of soil forming substrates in Czechoslovakia. Pol'nohospodárstvo. Crop Prod. Res. Inst. Piestany. 12 : 176 - 182. 1966. (En Abs. Soils and Fertilizers. 30 (1) : 64. 1.967).

58.- Ramprath, E. J. Acidez del suelo y su respuesta al enca-

- lado. Soil testing. A. I. D. Washington. bul. 4:  
7. 1967.
- 59.- Karlson, P. Manual de Bioquímica. F. Pulido. Marín. Barcelona. 386 p. 1965.
- 60.- Kathavate, I.V. and S.C. Shivamurty. Effect of excessive molybdenum on berseen (Trifolium alexandrinum Juslen). The Indian Jour. of Agricultural Sci. New Delhi. 35 : 153 - 156 . 1965.
- 61.- Khokeova, T.I. Content and distribution of trace elements in soils of the Kuznets wooded steppe. Pochovedenie Inst. Geogr. Sibiri i Dal'n . Vostok. 1967 : 59 - 65. 1967. (En Abs. Soils and Fertilizers. 30 : 536. 1967).
- 62.- Kubota, J. Cobalt status of soil of South - esthern United States. I. Cobalt ,its distribution and relationships to iron and clay in five selected soils. Soil. Sci.. 85 : 130 - 140. 1958.
- 63.- Koter, M., A. Krauze and D. Filuś. The available molybdenum content in brown soils and plants grown on these soils. Zerz. nauk . w yzsh. Szk. roln. Obrztyn. 22 : 245 - 261. 1966. (En Abs. Soils and Fertilizers. - 30 : 4003 . 1967).
- 64.- Lavenkrapca, E. and K. Lieldwiews . Cobalt content in soils formed on Devonian deposits in the Latvian S.



- S.R. Zinat. Akad. Vestin . 1961 : 91 - 94. 1961.  
(En Abs. Soils and Fertilizers. 25 : 3109. 1962).
- 65.- Lees, H. and J.K. Simpson. The effect of chlorate on the rate of nitrite oxidation by Nitrobacter. Biochem.- J. 59 : i . 1955.
- 66.- Malavolta, E. et al. La nutrición mineral de algunas cosechas tropicales. Inst. Internacional de la Potasa. Berna. 163 p. 1968.
- 67.- Malyuga, D.P. The content of copper and molybdenum in soils and plants in mining areas. Primen. Mikroéle- men. sel. Khoz. Baku. 1959 : 105 - 113. 1959. (En Abs. Soils and Fertilizers. 23 : 317 . 1960).
- 68.- Malyuga, D.P. and A.I. Makarova. Trace elements in virgin soils and in vegetation. Med. Akad. Nauk. Latv. S.S.R. Riga. 53 : 485 - 495. 1956. (En Abs. - Soils and Fertilizers . 144 : 14. 1962).
- 69.- Millar, C.E. Soil Fertility. 4th. ed. John Wiley. New - York . 436 p. 1965.
- 70.- Mitchell, K.L. Los oligoelementos y la encaladura. rev. de la potasa. Inst. Internacional de la potasa. Ber- na. 34 : 1 - 6 . 1966.

- 71.- \_\_\_\_\_ . Chemistry of the soil. Trace elements -  
in soils. 2th. ed. Reinhold Publishing Co.. New --  
York. 320 - 367 pp.. 1965.
- 72.- Morrison, F.D. Alimentos y alimentación del ganado. -  
Trad. 21 a. ed. inglesa. J.L.Loma. Uteha. México .  
722 pp.. 1951.
- 73.- Oborina, M.G. Content of molybdenum and cobalt in soils  
of the northern forest steppe of Trans - Ural. Tru-  
dĭ sverdlovsk, sel. Khoz. Inst. 14 : 45 - 47. 1965.  
(En Abs. Soils and Fertilizers . 30 : 2466. 1967).
- 74.- Olarte, L.I. y B.Motta. Deficiencia de boro en algunos-  
suelos del Valle del Cauca. Inst. Geográfico Agus -  
tín Codazzi. (Bogotá). 27 p. 1961.
- 75.- Ozanne, P.G., B.Greenwood and T.C.Shaw. The cobalt requi  
rement of subterranean clover in the field. Austra-  
lian Jour. of Agr. kes. Melbourne. 14 (1) : 39 -  
50. 1963.
- 76.- Paoli, A. y M.Lurati. Consideraciones sobre la importan  
cia de los oligoelementos del suelo. Inst. Nal. de-  
Tecnología. (Buenos Aires). bol. 177 : 6 - 14. --  
1962.
- 77.- Parker, M.D. Micronutrients and crop production in --



Georgia. Molybdenum. Georgia Agr. Exp. Sta. bul.-  
126: 42 - 52. 1964.

- 21 ✓ 78.- Kana, S.K. and G. Ouellete. Cobalt status in Quebec soil.  
Can. J. Soil Sci. Quebec. 47 : 83 - 88. 1967. (En  
Abs. Soils and Fertilizers . 30 : 4000. 1967).
- 79.- Reddy, G.K. Molybdenum status of western India soils. -  
Indian Jour. Agric. Sci. 34 : 219 - 233. 1964. (En  
Abs. Soils and Fertilizers. 29 : 68. 1966).
- 80.- Keuther, W. Copper and soil fertility. U.S. Department-  
of Agriculture. Soil. 1957 : 131. 1957.
- 81.- Revelo, C. y D. Revelo. Estudio de fertilidad en inverna  
dero de algunos suelos del Altiplano de Pasto - Na-  
riño - Colombia. Univ. de Nariño. (Pasto). 103 p.  
1968. (Tesis no publicada).
- 82.- Reynolds, K. Fertilizantes minúsculos. El Surco. John -  
Deere. (Mexico). 73(4): 2 - 3. 1968.
- 83.- Rodríguez, M.J. y A.C. McClung. Respuesta al molibdeno  
en los suelos rojos de Antioquia. Agr. Trop. (Bogo-  
tá). 20 : 505 - 513. 1964.
- 84.- Russell, E.W. Soil conditions and plant growth. 9th. ed.  
Longmans. London. 1961.
- 85.- Saiz del Río, J. y L. Dornemisza. Análisis químico de-  
suelos. O.L.A. Costa Rica. 107 p. 1961.

1969.

- 93.- The Merck veterinary manual. Merck & Co., Inc. Rahway-  
N.J., U.S.A. 638 - 645 pp.. 1955.
- 94.- Thompson, L.M. Soils and soil fertility. 2 th. ed. Mc -  
Graw Hill. New York. 451 p. 1957.
- 95.- \_\_\_\_\_ . El suelo y su fertilidad . 3a. ed. Reverté  
Barcelona. 407 p. 1966.
- 96.- Timofeeva, V.I. Available molybdenum in semibog and bog-  
soils of the Kondopozhsk and Medesh egorsk districts  
of Karelia. Uchem. Zap. petrozavodsk. gos. Univ. 13:  
63 - 65. 1965. (En Abs. Soils and Fertilizers. 30 :  
4002. 1967).
- 97.- Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. Soil fertility and ferti-  
lizers. 2 th. ed. The Mac Millan Co., New York. --  
694 p. 1966.
- 98.- Toikka, M.A., E.M. Perevozchikova y E.A. Lazareva. Content  
of trace elements in soils of the Sortaval'sk dis-  
trict of Karelia. Uchem. Zap. petrozavodsk. Gos. U-  
niv. 13 : 49 - 62. 1965. (En Abs. Soils and Fer-  
tilizers. 30 : 2469. 1967).
- 99.- Trear, D. Química agrícola. A. Kancano. Salvat. vol. II.  
Barcelona. 693 p. 1956.



- 100.- Varela, J. Estudio general de suelos del sector Pasto-  
río Mayo. Inst. Geográfico Agustín Codazzi. (Bogo -  
tá). 104 p. 1963.
- 101.- Vinogradov, A.P. The geochemistry of rare and dispersed  
chemical elements in soils. Consultants Bur., New -  
York. 1959. (Translated from the rusian).
- 102.- Vinogradov, A.P. and K.G. Vinogradova. Molybdenum in -  
soils of the U.S.S.R. Doklady Akad. Nauk. S.S.S.R..  
62 : 657 - 659. 1948.
- 103.- Vinogradova, K.G. Content of molybdenum in plants in re  
lation to their systematic position. Doklady Akad.-  
Nauk. S.S.S.R. 93 : 163 - 166. 1953.
- 104.- Waksman, S. Soil microbiology. 4th. ed. John Wiley & -  
Sons. New York. 356 p. 1963.
- 105.- Worthen, E.L. y S.R. Aldrich. Suelos Agrícolas. Su con-  
servación y fertilización. J.L. de la Loma. 2a. ed.  
Uteha. Mexico. 416 p. 1959.
- 106.- Zul'Fugarty, D.I. and M. Mursalova. Mobile forms of co--  
cobalt and manganese in meadow - steppe soils of -  
the Tersk - Sulaksk lowlands, Dagestan. Trudy da --  
gest. nauchno - issled. Inst. sel. Khoz. 1965 : -  
34 - 41. 1965. (En Abs. Soils and Fertilizers. 30 :  
1693. 1967).

VIII. APENDICE I



TABLA AIX

Resumen de las comparaciones estadísticas efectuadas

Comparaciones "t" obte "t" requerido para  
nido (°) nivel 5%-nivel 1%

Mo total

B. cultivo x B.pradera	0,06 NS	2,26	3,25
B. cultivo x B.bosque	0,02 NS	"	"
B. pradera x B.bosque	0,03 NS	"	"
Bs. cult. x Bs. prad.	1,60 NS	"	"
Bs. cult. x Bs. bosque	0,78 NS	"	"
Bs. prad. x Bs. bosque	2,46 †	"	"

Cu total

B. cultivo x B.pradera	1,06 NS	2,26	3,25
B. cultivo x B.bosque	0,85 NS	"	"
B. pradera x B.bosque	3,04 †	"	"
Bs. cult. x Bs. prad.	1,37 NS	"	"
Bs. cult. x Bs. bosque	0,51 NS	"	"
Bs. prad. x Bs. bosque	0,89 NS	"	"

Co total

B.cultivo x B.pradera	1,95 NS	2,26	3,25
B.cultivo x B.bosque	0,82 NS	"	"
B.pradera x B.bosque	0,68 NS	"	"
Bs. cult. x Bs. prad.	0,96 NS	"	"
Bs. cult. x Bs.bosque	0,35 NS	"	"
Bs. prad. x Bs.bosque	0,007 NS	"	"

(°) : 9 grados de libertad.

NS : No significativo

† : Significativo al nivel del 5%

Comprobación del Contenido de Molibdeno total en  
 los Suelos de Cultivo (A) y Pradera (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
0,73	0,81	-0,08	-0,093	0,008649
0,67	0,19	-0,52	-0,533	0,284089
1,36	1,27	0,09	0,077	0,005929
0,64	1,78	-1,14	-1,153	1,329409
1,64	1,35	0,29	0,277	0,076729
1,86	1,31	0,55	0,537	0,288369
2,06	1,83	0,23	0,217	0,047089
1,28	0,00	1,28	1,267	1,605289
0,23	0,23	0,00	-0,013	0,000169
0,00	0,57	-0,57	-0,583	0,339889
A=10,47	B=10,34	D=0,13	d= 0	
$\bar{A}$ = 1,047	$\bar{B}$ = 1,034	$\bar{d}$ =0,013		

SD= 0,66546 ppm

S $\bar{d}$ = 0,21043 ppm

"t" obtenido= 0,061778 NS

"t" requerido= Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26  
 Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

NS: No significativo.

Nota: El orden de los sitios seguido en las tablas XX  
 A XXXVII es el mismo que se ha tomado en los  
 Resultados y Discusión.



TABLA XXI

Comprobación del contenido de Molibdeno total en los Subsuelos de Cultivo (A) y Pradera (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
1,51	0,69	0,82	1,18	0,013924
1,09	2,15	-1,06	-0,70	0,490000
0,26	1,32	-1,06	-0,70	0,490000
0,67	1,11	-0,44	-0,08	0,006400
1,45	1,40	0,05	0,41	0,168100
1,41	1,52	-0,11	0,25	0,062500
0,00	1,42	-1,42	-1,06	1,123600
2,43	0,58	1,85	2,21	4,884100
0,00	0,74	-0,74	-0,38	0,144400
0,17	1,66	-1,49	-1,13	1,276900
A=8,99	B=12,59	D=3,60	d= 0	d <sup>2</sup> =8,659924
$\bar{A}$ =0,899	$\bar{B}$ = 1,259	$\bar{d}$ =0,360		

SD=0,98092 ppm

S $\bar{d}$ =0,31019 ppm

"t" obtenido=1,60578 NS

"t" requerido=Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26

Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

NS=No significativo

TABLA XXII

Comprobación del Contenido de Molibdeno total en  
los Suelos de Cultivo (A) y Bosque (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
0,73	1,19	-0,46	-0,4660	0,217156
0,67	2,44	-1,77	-1,7760	3,154176
1,36	0,82	0,54	0,5340	0,285156
0,64	0,69	-0,05	-0,0560	0,003136
1,64	0,64	1,00	0,9940	0,988036
1,86	1,41	0,45	0,4440	0,197136
2,06	1,81	0,25	0,2440	0,059536
1,28	0,95	0,33	0,3240	0,104976
0,23	0,09	0,14	0,1340	0,017956
0,00	0,37	-0,37	-0,3760	0,141376
A=10,47	B=10,41	D=0,06	d= 0	d <sup>2</sup> =5,168640
$\bar{A}$ =1,047	$\bar{B}$ =1,041	$\bar{d}$ =0,006		

SD=0,757810 ppm

S $\bar{d}$ =0,23964 ppm

"t" obtenido=0,025037 NS

"t" requerido=Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26

Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

NS: No significativo



TABLA XXIII

Comprobación del contenido de Molibdeno total en los Subsuelos de Cultivo (A) y Bosque (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
1,51	0,95	0,56	0,482	0,232324
1,09	1,04	0,05	-0,028	0,000784
0,26	1,76	-1,50	-1,578	2,490084
0,67	0,54	0,13	0,052	0,002704
1,45	0,76	0,69	0,612	0,374544
1,41	1,31	0,10	0,022	0,000484
0,00	0,00	0,00	-0,078	0,006084
2,43	0,24	2,19	2,112	4,460544
0,00	0,48	-0,48	-0,558	0,311364
0,17	1,13	-0,96	-1,038	1,077444
A=8,99	B=8,21	D=0,78	d= 0	d <sup>2</sup> =8,956360
$\bar{A}$ =0,899	$\bar{B}$ =0,821	$\bar{d}$ =0,078		

SD=0,99758 ppm.

S $\bar{d}$ =0,31546 ppm

"t" obtenido=0,7819 NS

"t" requerido=Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26

Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

NS= No significativo.

TABLA XXIV

Comprobación del contenido de Molibdeno total en los suelos de Pradera (A) y Bosque (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
0,81	1,19	-0,38	-0,373	0,139129
1,19	2,44	-1,25	-1,243	1,545049
1,27	0,82	0,45	0,457	0,208849
1,78	0,69	1,09	1,097	1,203409
1,35	0,64	0,71	0,717	0,514089
1,31	1,41	-0,10	-0,093	0,008649
1,83	1,81	0,02	0,027	0,000729
0,00	0,95	-0,95	-0,943	0,889249
0,23	0,09	0,14	0,147	0,020449
0,57	0,37	0,20	0,207	0,042849
A=10,34	B=10,41	D=-0,70	d= 0	d <sup>2</sup> =4,572450
$\bar{A}$ = 1,034	$\bar{B}$ = 1,041	d=-0,0070		

SD=0,71277 ppm

S $\bar{d}$ =0,22539 ppm

"t" obtenido=0,032831 NS.

"t" requerido=Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26

Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

NS: No significativo



TABLA XXV

Comprobación del Contenido de Molibdeno total en  
los Subsuelos de Pradera (A) y Bosque (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
0,69	0,95	-0,26	-0,698	0,487204
2,15	1,04	1,11	0,672	0,451584
1,32	1,76	-0,44	-0,878	0,770884
1,11	0,54	0,57	0,132	0,017424
1,40	0,76	0,64	0,202	0,040804
1,52	1,31	0,21	-0,228	0,051984
1,42	0,00	1,42	0,982	0,964324
0,58	0,24	0,34	-0,098	0,009604
0,74	0,48	0,26	-0,178	0,031684
1,66	1,13	0,53	0,092	0,008464
A=12,59	B=8,21	D=4,38	d= 0	2,833960
$\bar{A}$ = 1,259	$\bar{B}$ =0,821	$\bar{d}$ =9,438		

SD=0,56114 ppm

S $\bar{d}$ =0,17744 ppm

"t" obtenido =2,46844 +

"t" requerido=al nivel del 5% para 9. G.L.= 2,26  
al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

+Significativo al nivel del 5%

TABLA XXVI

Comprobación del Contenido de Cobre total en  
los Suelos de Cultivo (A) y Pradera (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
5,70	3,45	2,25	-0,388	0,150544
10,82	12,13	-1,31	-3,948	15,586704
13,95	4,05	9,90	7,262	52,736644
11,80	4,99	6,81	4,172	17,405584
10,91	1,17	9,74	7,102	50,438404
1,72	7,17	-5,45	-8,088	65,415744
5,22	6,10	-0,88	-3,518	12,376324
1,69	13,35	-11,66	-14,298	204,432804
3,34	0,64	2,70	0,062	0,003844
21,16	6,88	14,28	11,642	135,536164
A=86,31	B=59,93	D=26,38	d= 0	d <sup>2</sup> =554,082760
A= 8,631	B= 5,993	d̄= 2,638		

SD=7,8463 ppm.

Sd̄=2,4812 ppm

"t" obtenido=1,06318 NS

"t" requerido=Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26

Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

NS= No significativo.



TABLA XXVII

Comprobación del Contenido de Cobre total en los Subsuelos de Cultivo (A) y Pradera (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
11,30	11,39	-0,09	-0,779	0,606841
23,23	8,73	14,50	13,811	190,743721
4,44	7,24	-2,80	-3,489	12,173121
7,05	1,73	5,32	4,631	21,446161
6,58	12,54	-5,96	-6,649	44,209201
5,75	5,40	0,35	-0,339	0,114921
2,19	3,83	-1,64	-2,329	5,424241
11,79	1,94	9,85	9,161	83,923921
0,42	5,30	-4,88	-5,569	31,013761
1,41	9,17	-7,76	-7,449	71,385601
A=74,16	B=67,27	D=6,89	d= 0	d <sup>2</sup> =461,041490
$\bar{A}$ = 7,461	$\bar{B}$ = 6,727	0,689		

SD=0,71572 ppm.

S $\bar{d}$ =0,22633 ppm.

"t" obtenido=3,04422 +  
 "t" requerido=Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26  
 Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25  
 + Significativo al nivel del 5%

TABLA XXVIII

Comprobación del Contenido de Cobre total en  
los Suelos de Cultivo (A) y Bosque (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
5,70	15,94	-10,24	-7,902	62,441604
10,82	6,20	4,62	6,958	48,413764
13,95	5,88	8,07	10,408	108,326464
11,80	24,63	-12,83	-10,492	110,082064
10,91	27,60	-16,69	-14,352	205,979904
1,72	5,90	-4,18	-1,842	3,392964
5,22	2,00	3,22	5,558	30,891364
1,69	4,78	-3,09	-0,752	0,565504
3,34	3,36	-0,02	2,318	5,373124
21,16	13,40	7,76	10,098	101,969604
A=86,31	B=109,69	D=23,38	d= 0	d <sup>2</sup> =677,436360
$\bar{A}$ = 8,631	$\bar{B}$ =10,969	$\bar{d}$ =2,338		

SD=8,67586 ppm.

S $\bar{d}$ =2,74355 ppm.

"t" obtenido=0,85218 NS

"t" requerido=Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26

Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

NS= No significativo



TABLA XXIX .

Comprobación del contenido de Cobre total en los Subsuelos de Cultivo (A) y Bosque (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
11,30	5,51	5,79	7,474	55,860676
23,23	4,47	18,76	20,444	417,957136
4,44	21,97	-17,53	-15,846	251,095716
7,05	17,50	-10,45	-8,766	76,842756
6,58	7,49	-0,91	0,774	0,599076
5,75	15,96	-10,21	-8,526	72,692676
2,19	2,75	-0,56	1,124	1,263376
11,79	5,92	5,87	7,554	57,062916
0,42	1,26	-0,84	0,844	0,712336
1,41	8,17	-6,76	-5,076	25,765776
A=74,16	B=91,00	d=-16,84	d=0	d <sup>2</sup> =959,852440
A= 7,416	B= 9,10	d̄=- 1,684		

SD=10,32716 ppm.

Sd̄= 3,26574 ppm

"t" obtenido= 0,51565 NS

"t"requerido= Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26

Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

NS= No significativo

TABLA XXXI

Comprobación del contenido de Cobre total en  
los Subsuelos de Pradera (A) y Bosque (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
11,39	5,51	5,88	8,253	68,112009
8,73	4,47	4,26	6,633	43,996689
7,24	21,97	-14,73	-12,357	152,695449
1,73	17,50	-15,77	-13,397	179,479609
12,54	7,49	5,05	7,423	55,100929
5,40	15,96	-10,56	-8,187	67,026969
3,83	2,75	1,08	3,453	11,923209
1,94	5,92	-3,98	-1,607	2,582449
5,30	1,26	4,04	6,413	41,126569
9,17	8,17	1,00	3,373	11,377129
67,27	91,00	23,73	0	633,421010
$\bar{A}=6,727$	$B=9,100$	$\bar{d}=2,373$		

SD=8,38928 ppm

S $\bar{d}$ =2,65292 ppm

"t" obtenido=0,89448 NS

"t" requerido=Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26

Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

NS= No significativo



TABLA XXXII

Comprobación del Contenido de Cobalto total en  
los Suelos de Cultivo (A) y Pradera (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
3,49	2,92	0,57	-0,153	0,023409
5,36	5,52	-0,16	-0,883	0,779689
2,97	4,07	-1,10	-1,823	3,323329
4,20	2,24	1,96	1,237	1,530169
1,03	1,68	-0,65	-1,373	1,885129
4,94	2,44	2,50	1,777	3,157729
5,04	3,40	1,64	0,917	0,840889
2,82	2,27	0,55	-0,173	0,029929
2,73	2,31	0,42	-0,303	0,091809
8,62	7,12	1,50	0,777	0,603729
A=41,20	B=33,97	D=7,23	d= 0	d <sup>2</sup> =12,265810
$\bar{A}$ = 4,12	$\bar{B}$ = 3,397	$\bar{d}$ =0,723		

SD=1,16741 ppm.

$S\bar{d}$ =0,36916 ppm

"t" obtenido=1,95850 NS

"t" requerido=Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26

Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

NS= No significativo

TABLA XXXIII

Comprobación del Contenido de Cobalto Total en  
los Subsuelos de Cultivo (A) y Pradera (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
3,02	3,55	-0,53	-0,913	0,833569
8,11	6,99	1,12	0,737	0,543169
4,28	3,28	1,00	0,617	0,380689
2,08	3,72	-1,64	-2,023	4,092529
0,98	2,05	-1,07	-1,453	2,111209
7,90	8,09	-0,19	-0,573	0,328329
6,53	5,79	0,74	0,357	0,127449
6,06	3,52	2,54	2,157	4,652649
6,28	4,80	1,48	1,097	1,203409
4,57	4,19	0,38	-0,003	0,000009
A=49,81	B=45,98	D=3,83	d= 0	d <sup>2</sup> =14,273010
$\bar{A}$ = 4,981	$\bar{B}$ = 4,598	$\bar{d}$ =0,383		

SD=1,25932 ppm.

S $\bar{d}$ =0,39823 ppm.

"t" obtenido=0,96175 NS

"t" requerido=Al nivel del 5% para 9 G.L.=2,26

Al nivel del 1% para 9 G.L.=3,25

NS = No significativo.



TABLA XXXIV

Comprobación del Contenido de Cobalto total en los Suelos de Cultivo (A) y Bosque (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
3,49	4,21	-0,72	-0,423	0,178929
5,36	4,79	0,57	0,867	0,751689
2,97	4,71	-1,74	-1,443	2,082249
4,20	3,80	0,40	0,697	0,485809
1,03	2,25	-1,22	-0,923	0,851929
4,94	6,19	-1,25	-0,953	0,908209
5,04	6,53	-1,49	-1,193	1,423249
2,82	1,31	1,51	1,807	3,265249
2,73	2,75	-0,02	0,277	0,076729
8,62	7,63	0,99	1,287	1,656369
A=41,20	B=44,17	D=-2,97	d= 0	d <sup>2</sup> =11,680410
$\bar{A}$ =4,12	$\bar{B}$ = 4,417	$\bar{d}$ = 0,297		

SD=1,13921 ppm.

S $\bar{d}$ =0,36025 ppm

"t" obtenido=0,82442 NS

"t" requerido=Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26

Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

NS= No significativo.

TABLA XXXV

Comprobación del Contenido de Cobalto total en  
los Subsuelos de Cultivo (A) y Bosque (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
3,02	3,48	-0,46	-0,85	0,7225
8,11	1,06	7,05	6,66	44,3556
4,28	4,65	-0,37	-0,76	0,5776
2,08	5,14	-3,06	-3,45	11,9025
0,98	3,67	-2,69	-3,08	9,4864
7,90	6,55	1,35	0,96	0,9216
6,53	8,17	-1,64	-2,03	4,1209
6,06	2,35	3,71	3,32	11,0224
6,28	2,76	3,52	3,13	9,7969
4,57	8,08	-3,51	-3,90	15,2100
A=49,81	B=45,91	D=3,90	d= 0	108,1164
$\bar{A}$ = 4,981	$\bar{B}$ = 4,591	$\bar{d}$ =0,39		

SD=3,46596 ppm.

Sd=1,09603 ppm.

"t" obtenido=0,35582 NS

"t"requerido=Al nivel del 5% para 9, G.L.= 2,26

Al nivel del 1% para 9, G.L.= 3,25

NS= No significativo



TABLA XXXVI

Comprobación del Contenido de Cobalto total en  
los Suolos de Pradera (A) y Bosque (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
2,92	4,21	-1,29	-0,27	0,0729
5,52	4,79	0,73	1,75	3,0625
4,07	4,71	-0,64	0,38	0,1444
2,24	3,80	-1,56	-0,54	0,2916
1,68	2,25	-0,57	0,45	0,2025
2,44	6,19	-3,75	-2,73	7,4529
3,40	6,53	-3,13	-2,11	4,4227
2,27	1,31	0,96	1,98	3,9204
2,31	2,75	-0,44	0,58	0,3364
7,12	7,63	-0,51	0,51	0,2601
A=33,97	B=44,17	D=-10,20	d= 0	d <sup>2</sup> =20,1658
$\bar{A}$ = 3,397	$\bar{B}$ = 4,417	$\bar{d}$ = 1,02		

SD=0,47334 ppm.

S $\bar{d}$ =1,49683 ppm.

"t" obtenido=0,68144 NS

"t" requerido=Al nivel del 5% para 9 G.L.= 2,26

Al nivel del 1% para 9 G.L.= 3,25

TABLA XXXVII

Comprobación del Contenido de Cobalto total en los Subsuelos de Pradera (A) y Bosque (B)

A	B	D	d	d <sup>2</sup>
				0,003969
3,55	3,48	0,07	0,063	35,081929
6,99	1,06	5,93	5,923	1,896129
3,28	4,65	-1,37	-1,377	2,036329
3,72	5,14	-1,42	-1,427	2,647129
2,05	3,67	-1,62	-1,627	2,350089
8,00	6,55	1,54	1,533	5,697769
5,79	8,17	-2,38	-2,387	1,352569
3,52	2,35	1,17	1,163	4,133089
4,80	2,76	2,04	2,033	15,186609
4,19	8,08	-3,89	-3,897	d <sup>2</sup> =70,385610
A=45,98	B=45,91	D=0,07	d= 0	
$\bar{A}$ = 4,598	$\bar{B}$ = 4,591	$\bar{d}$ =0,007		

SD=2,79653 ppm.

S $\bar{d}$ =0,88434 ppm

"t" obtenido=0,0079155 NS

"t" requerido=Al nivel del 5% para 9

Al nivel del 1% para

NS= No significativo.

G.L.= 2,26

G.L.= 3,25



IX. APENDICE II.

TALLA XXXVIII

Micronutrientes en suelos y rocas (p.p.m.) (°)

	Mo	Cu	Co
Corteza terrestre (a)	2,3	70	40
Corteza terrestre (b)	2,3	70	40
Rocas básicas (c)	1,4	140	45
Rocas ácidas (d)	1,9	30	5
Rocas sedimentarias. (e)	2,0	57	23
Suelos (f)	2,0	20	8
Suelos (g)	1,0	20	8

---

a) Goldschmidt, 1954.

b) Mason, 1960.

c) d) e) f) Vinogradov, 1959

g) Swaine, 1955.

---

(°) Tomado de : Hodgson, J.F. Micronutrients in soils. pag. 123.



TABLA XXXIX

Distribución de elementos traza en rocas ígneas  
(p.p.m.) (°).

	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Co</u>
Basicheudenbergita	<1	300	8
Gabbro - picrita	3	200	80
Olivina gabbro	<1	50	70
Hiperstena y olivina gabbro.	<1	80	55
Olivina libre de gabbro	<1	150	30
Ferrohortonolita ferro- gabbro	<1	600	20
Hedenbergita granofira	3	300	4
Acido granofiro	3	20	3
Magma original (%)	<1	130	53

(°) Tomado de:

Mitchell, R.L. Chemistry of the soil. Trace  
elements in soils. pag. 323.

TABLA XL

Distribución de elementos traza en los  
minerales constituyentes de una roca  
ígneas. (°)

	<u>Mo</u>	<u>Cu</u>	<u>Co</u>
<u>Minerales constitu-</u>			
<u>yentes. (p.p.m.)</u>			
Plagioclasa	<1	40	<2
Piroxeno	2	35	50
Olivina	10	20	125
Total provenientes <u>de minerales (p.p.m.)</u>	2	35	40
<u>encontrados en rocas</u> <u>(p.p.m.)</u>	<1	80	55

(°) Tomado de:

Mitchell, K.L. Chemistry of the soil. Trace  
elements in soils. pag. 324.



TABLA XLI

Contenidos totales de elementos traza (p.p.m.)  
en algunos suelos superficiales, sobre mate-  
riales parentales derivados de diferentes  
tipos de roca (p.p.m. materia seca en -  
horno). (°).

	<u>Mo</u>	<u>Cu</u>	<u>Co</u>
Serpentina	1	20	80
Olivina gabbro	2	40	40
Andesita	<1	10	8
Granito	<1	<10	<2
Gneiss granítico	<1	25	10
Cuarzo micaesquistico	5	100	25
Pizarra	<1	10	20
Piedra arenisca	<1	<10	< 3
Cuarcita	1	40	20

(°) Tomado de:  
Mitchell, K.L. Chemistry of the soil. Trace  
elements in soils. Pag. 330.

TABLA XLII

A.- Rango de los contenidos de elementos traza en los fertilizantes más comunmente usados (°)

Fertilizantes (p.p.m.)	<u>Mo</u>	<u>Cu</u>	<u>Co</u>
Nitrato de sodio	<1	1-20	0-5
Sulfato de amonio	<1	1-10	<1
Rooca fosfática	1-20	1-50	1-10
Superfosfato	1-20	10-100	1-10
Escoria básica	1-20	10-100	<1
Sales potásicas	<1	0-10	

b.- Algunos datos de importancia relacionados con molibdeno, cobre y cobalto.

	<u>Mo</u>	<u>Cu</u>	<u>Co</u>
Valencia	+4	+2	+2
Radio iónico (r)	0,68	0,83	0,82
Potencial iónico (z/r) (1)	5,90	2,40	2,40

(1) r en Angstroms y z igual a la carga iónica.

(°) Tomado de :  
 Mitchell, K.L. Chemistry of the soil. Trace elements in soils. pags. 325 y 347.



ANT

630.24

10555

B277

Barros Maury, Pablo

Determinación de molibdeno cobre y cobalto en algunos.....		VENCE
NOMBRE	<i>Miguel Villa</i>	
No. del Carnet		
NOMBRE	<i>Jorge J. Rosero</i>	
No. del Carnet		
NOMBRE	<i>Michala Arenas</i>	
No. del Carnet	<i>910027</i>	
NOMBRE	<i>Fernando Javier Acunata</i>	
No. del Carnet	<i>27031222</i>	
NOMBRE		
No. del Carnet		
NOMBRE		
No. del Carnet		
NOMBRE		
No. del Carnet		

AN

10555

T

630.24

B277

*EJ. 1*