

IA 00095

DETERMINACION DE COBRE, COBALTO TOTALES EN LOS
PISOS ALTITUDINALES DE LA SIERRA NEVADA Y SUELOS
DE LA ZONA BANANERA Y GRANJA EXPERIMENTAL DE
LA UNIVERSIDAD TECNOLOGICA EN EL DEPARTAMENTO
DEL MAGDALENA.

Por:

ALVARO J. RODRIGUEZ A.

JOSE R. NOGUERA S.

JORGE D. TAITTE C.

Tesis de Grado presentada como requisito
parcial para optar el título de:

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis:

MANUEL GRANADOS N. I.A. M.S.

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DEL MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA

SANTA MARTA

1975



Artículo 147, literal f) del Reglamento Interno de la Universidad.

El Presidente de Tesis y los Miembros del Consejo Examinador de Tesis de Grado, no serán responsables de los resultados obtenidos e ideas emitidas por los candidatos.

Feb. 126 - Agre
R63d

III

DEDICO :

A mi madre, quien supo con su ardua
labor valorar mis esfuerzos.

A mi tía Dolores e hija

A mi tío José Manuel

A mis hermanas

A la memoria de mi amigo Franklin

Bilbao V.

A mi novia

A Luis Bilbao Vilarette

A mi padre

A mis amigos.

ALVARO

DEDICO:

A la memoria de mi padre a quien la muerte arrebató la oportunidad de ver satisfechas las aspiraciones de su hijo menor, pero ante cuyo sepulcro prometo levantar el templo de mármol de mi amor, afecto, recuerdos y enseñanzas.

A mi madre por sus vigiliass y protecciones, a quien en agradecimiento hago la formal y solemne promesa de ser excelente hijo y compañero inseparable de sus días.

A mis hermanos.

A la familia González Noguera

A Alfredo Noguera S. señora e hija.

Al Dr. Manuel Coral, señora e hija

A mis tíos

A Elida

A mis amigos.

JOSE R.

DEDICO :

A mis padres

A mis hermanos

A mis sobrinos y demás
familiares

A mis amigos.

JORGE

AGRADECIMIENTOS

Todas las virtudes son hermosas y hacen amable la existencia, pero la lealtad descuella esplendente entre todas ellas, para indicarnos que debemos la más sincera expresión de gratitud a las siguientes personas e Instituciones:

Dr. Manuel Granados N.

Dr. Antonio Castro

Dr. Jhony Pérez

Señor Pedro Pablo Rojas Abello

Señor Rafael Muñoz E.

Srta. Rosa Márquez I.

Señor Luis Hernández

Señor Edgar Pérez

Facultad de Agronomía de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

Facultad de Química y Farmacia de la Universidad del Atlántico.

A todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

LOS AUTORES

VII

CONTENIDO

CAP.		PAG.
I	INTRODUCCION.	1
II	REVISION DE LITERATURA.	4
III	MATERIALES Y METODOS.	27
	3.1. Aspecto Físico.	27
	3.1.1. Ubicación Geográfica.	27
	3.1.2. Localización.	27
	3.1.2.1. Sierra Nevada.	28
	3.1.2.2. Zona Bananera.	28
	3.1.2.3. Granja Experimental.	30
	3.1.3. Extensión.	31
	3.1.3.1. Sierra Nevada.	31
	3.1.3.2. Zona Bananera.	31
	3.1.3.3. Granja Experimental.	31
	3.1.4. Relieve.	31
	3.1.4.1. Sierra Nevada.	33
	3.1.4.2. Zona Bananera.	37
	3.1.4.3. Granja Experimental.	41
	3.1.5. Geología.	42
	3.1.5.1. Sierra Nevada.	42
	3.1.5.2. Zona Bananera.	43

VIII

CAP.		PAG.
	3.1.5.3. Granja Experimental,	44
	3.1.6. Condiciones Climáticas.	44
	3.1.6.1. Sierra Nevada,	44
	3.1.6.2. Zona Bananera,	47
	3.1.6.3. Granja Experimental,	51
	3.2. Zona Representativa del estu- dio y Métodos Análíticos.	53
	3.2.1. Sierra Nevada.	53
	3.2.2. Zona Bananera.	57
	3.2.3. Granja Experimental.	59
	3.3. Condiciones Generales de Trabajo.	61
IV	RESULTADOS Y DISCUSION	62
V	CONCLUSIONES	102
VI	RESUMEN	104
	SUMMARY	107
VII	BIBLIOGRAFIA	110
	APENDICE	123

IX

INDICE DE FIGURAS

	PAG.
Figura 1 Mapa de la Sierra Nevada de Santa Marta.	32
Figura 2 Esquema hidrogeológico de la Zona Bananera.	40
Figura 3 Corte transversal de la región estudiada de la Sierra Nevada de Santa Marta.	54
Figura 4 Mapa de la Zona Bananera.	58
Figura 5 Mapa de la Granja Experimental.	60
Figura 6 Distribución del elemento cobalto, en relación con la profundidad para el perfil 1.	71
Figura 7 Distribución del elemento cobalto, en relación con la profundidad para el perfil 2.	72
Figura 8 Distribución del elemento cobalto, en relación con la profundidad para el perfil 3.	73
Figura 9 Distribución del elemento cobalto, en relación con la profundidad para el perfil 4.	74
Figura 10 Distribución del elemento cobalto, en relación con la profundidad para el perfil 5.	75
Figura 11 Distribución del elemento cobalto, en relación con la profundidad para el perfil 6.	76
Figura 12 Representación de la Ecuación de Regresión	

- simple para la correlación significativa cobalto total- Materia Orgánica (Sierra Nevada), 77
- Figura 13 Representación de la Ecuación de regresión simple para la correlación significativa cobalto total-arcilla (Sierra Nevada), 78
- Figura 14 Representación de la Ecuación de regresión simple para la correlación significativa cobalto total- pH (Sierra Nevada), 79
- Figura 15 Representación de la Ecuación de regresión simple para la correlación significativa cobalto-total-pH (Zona Bananera), 98

INDICE DE TABLAS

	PAG.
Tabla 1 Resultados obtenidos para los diferentes microelementos en los suelos de la Sierra Nevada.	63
Tabla 2 Características de los suelos de la Sierra Nevada.	65
Tabla 3 Matrices de correlación y ecuaciones de regresión simple entre las variables estudiadas para la Sierra Nevada.	67
Tabla 4 Resultados obtenidos para los diferentes oligoelementos en los suelos de la Zona Bananera.	80
Tabla 5 Características de los suelos de la Zona Bananera.	86
Tabla 6 Matrices de Correlación y ecuaciones de regresión simple entre las variables estudiadas para la Zona Bananera.	95
Tabla 7 Resultados obtenidos para los diferentes microelementos en los suelos de la Granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena.	99
Tabla 8 Características de los suelos de la Granja Experimental.	100

I. INTRODUCCION

De los dieciseis elementos esenciales para las plantas, existen siete que por la pequeña necesidad de ellos, por parte de la planta, se les denomina micro-traza-menores. Ellos son: Fe-Mn-Cu-Zn-B-Mo-Cl.

En general los elementos esenciales para los animales son casi los mismos que necesita la planta. Son excepciones: El Co-I-Se. Sin embargo debido a que las plantas son generalmente fuentes de micronutrientes para los animales, es conveniente ver algunos aspectos de los elementos esenciales para los animales, en relación a la planta.

No obstante de las numerosas descripciones científicas a la Sierra Nevada de Santa Marta, el conocimiento en la existencia de algunos oligoelementos importantes, aparecen vacíos y llenos de incertidumbres.

La presencia de estos elementos menores, necesarios tanto para las regiones agrícolas como ganaderas, reporta a la economía del país datos de valiosa importancia con miras a in-

crementar su producción en volumen y calidad. De igual manera podemos decir de la Zona Bananera de Santa Marta y suelos de la Granja Experimental perteneciente a la Universidad Tecnológica del Magdalena ubicada en la misma localidad.

En Colombia son pocos los estudios llevados a cabo sobre este tema con excepción de los realizados en el Altiplano de Pasto, Nariño y la Sabana de Túquerres, Nariño. Por lo anterior y ante la nula investigación que sobre esta materia se ha acometido, se presentó el siguiente trabajo con el cual se espera sean resueltas algunas deficiencias en el estudio de nuestra región.

En el presente trabajo se propone determinar los elementos cobre y cobalto en muestras de suelos de la Sierra Nevada, Zona Bananera, y Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena, en el Departamento del Magdalena. Relacionar la distribución de estos oligoelementos con los contenidos de arcilla, pH y materia orgánica; al mismo tiempo y por tratarse de suelos bien caracterizados, comparar algunas relaciones observadas con trabajos realizados en otras regiones.

Los elementos cobre y cobalto se analizaron siguiendo la metodología de la digestión completa (foliar o suelo), para la determinación de microelementos por Ulrich, citado por Santana (26).

La Sierra Nevada de Santa Marta, cartográficamente se encuentra ubicada entre los $11^{\circ} 01' 05''$ latitud norte y $11^{\circ} 15' 18''$ latitud norte, y entre $00^{\circ} 09' 50''$ y $0^{\circ} 08' 42''$ longitud oeste de Bogotá. Con altitudes entre los 4 y 5775 m. s. n. m.

La Zona Bananera está situada entre los $10^{\circ} 30'$ hasta los 11° de latitud Norte y sobre los $74^{\circ} 30'$ de longitud al oeste de Greenwich. Con altitudes entre los 2 y 80 m. s. n. m.

La Granja Experimental presenta las siguientes coordenadas geográficas: Latitud norte $11^{\circ} 15' 18''$ y $11^{\circ} 11'$; longitud oeste $74^{\circ} 10' 45''$ y $74^{\circ} 07'$. Con una altitud aproximada de 16 m. s. n. m.

Los análisis de las muestras se llevaron a cabo en la Universidad Tecnológica del Magdalena (Santa Marta) y en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad del Atlántico (Barranquilla).

El tiempo empleado para dicho trabajo fue de ocho (8) meses aproximadamente.

II. REVISION DE LITERATURA

Acosta (1) encontró que en suelos de la Universidad Tecnológica del Magdalena presentaron las siguientes texturas: franco arcilloarenoso y arcilloarenoso. Observó, que la capacidad mediante estudios realizados de intercambio de cationes para todo el terreno está entre baja y mediana, concordando en gran parte con el bajo contenido de materia orgánica y de partículas finas del suelo con las que se relaciona. Los suelos de la Universidad del Magdalena que van a ser destinados a granja experimental, presentaron un bajo contenido de materia orgánica y consecuentemente de nitrógeno total y carbono orgánico.

Wehrmann descrito por Gallego y Fernández (33) realizó un estudio en muestra de suelos alemanes (Schleswig - Holstein), obteniendo los valores de 48 a 28, 43 a 19, 16 a 4 ppm de Cu.

El papel específico de los diversos micronutrientes no es aún bien conocido, dicen Buckman y Brady (17), sin embargo son requeridos en pequeñas cantidades por las plantas, como sucede en el caso del hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y cloro. Otros elementos como el cobalto, yodo, fluor, se ha demostrado que son esenciales para el crecimiento de los animales.

La primera evidencia de la esencialidad del Cu para las plantas inferiores fue reportada por Bortels en 1927. En 1931 Sommer, Lipman y Mackinney determinaron su esencialidad para las plantas superiores. Es esencial para el funcionamiento de tres sistemas enzimáticos por lo menos. (31)

En investigaciones de microelementos en los suelos de Israel, Ravikovitch, Margolin, Navrot (56), sostienen que la cantidad de cobre total está entre los límites de 14,0 y 61,5 ppm. El valor más alto se encuentra en la Terra Rossa; en el resto de los suelos el contenido de cobre varía por lo general entre 20 y 35 ppm, con la cantidad más baja en los suelos arenosos. Para la mayoría de los suelos, el cobre decrece a medida que se profundiza. Hay una correlación entre los contenidos de cobre y carbón orgánico, en los suelos minerales, y aparentemente entre la posición de residuos arcillosos y el contenido total de este elemento.

En promedio de cobre disponible, extraído con acetato de amonio pH 4,8 encontrado en suelos de Bahía (Brasil) fué de 0,5 ppm (26).

En Andosoles de Costa Rica, la concentración promedia de

cobre disponible en los primeros 30 cms. de profundidad fue de ~~17.4~~
17.4 ppm (58)

La materia orgánica contribuye a la fijación del cobre, }
con el cual forma un complejo organo-metálico a partir de los
ácidos fúlvicos.

La deficiencia del cobre por lo general se confina a :
Suelos orgánicos; arenas altamente cuarcíticas; suelos ácidos na-
turalmente pobres en cobre que se han encalado excesivamente;
suelos calcáreos; suelos fertilizado fuertemente con nitrógeno (47).

Boichot y Quillon indicados por Gallego y Fernández (33)
observaron que el carbonato cálcico del suelo ejerce una acción re-
guladora sobre la concentración del Cu^{++} en la solución, debido a
su capacidad de retención sobre el ión cúprico.

Según los datos recopilados por Beeson citado por Frear
(31) sobre la composición mineral de las plantas, es evidente que el
contenido de cobre de éstas pocas veces excede de 25 ppm. El con-
tenido de cobre más elevado que se registra en éstas, es el apio cul-
tivado con caldo bordelés, es probable que este contenido no sea el
normal.

La toxicidad se presenta generalmente en suelos de bajo contenido de arcilla y materia orgánica. Además en zonas que han sido cultivadas con plantas asperjadas continuamente con fungicidas a base de cobre. Generalmente el problema de toxicidad se corrige aumentando el pH por encalamiento (47)

En trabajos realizado por Hasler nombrado por Gallego y Fernández (33) observó que la adsorción del cobre es alta y las cantidades cambiables pequeñas si se compara con las de otros cationes mono y divalentes. La movilidad del cobre es pequeña, pero está influenciada por los cationes, añadidos al suelo como fertilizantes al manganeso.

Lora (47) indica que las formas en que se encuentra el cobre en el suelo son: Cu metálico, sales neutras insolubles, compuestos solubles en agua, cobre absorbido por las arcillas y cobre formando compuestos orgánicos, en la mayoría estables.

Como regla general la retención del cobre en el suelo aumenta con el contenido de materia orgánica (47).

En estudios realizados por Peach citado por Lora (47) encontró que la cantidad de Cu intercambiable disminuye al aumentar el pH.

El cobre aprovechable se encuentra en la solución del suelo y en las posiciones de intercambio, siendo fácilmente reemplazable por otros cationes (24, 27). La mayor asequibilidad del cobre está relacionada con una reacción ácida del suelo, dominando la forma Cu^{++} cuando el pH es superior a 5, mientras que a reacciones más ácidas predomina la forma Cu^+ (4, 35).

Según Jacks y Scherbatoff citado por Frear (31) fue Ritzema el primero que, en 1925, demostró que las aplicaciones de sulfato de cobre evitarían la "enfermedad de la roturación", que infestaba los antiguos brezales de Europa recientemente roturados. Las plantas cultivadas en estos terrenos mostraban clorosis marcada y una disminución de la turgencia. Las puntas de las hojas de los cereales se vuelven pálidas o blancas y las plantas afectadas por la falta de cobre suelen dejar de producir semillas. Las plantas más susceptibles a esta deficiencia, fueron los cereales, la remolacha y diversas papilionáceas. Se creyó que la enfermedad era debida a la acumulación de una substancia orgánica tóxica producida por el encharcamiento que suele existir en estos suelos. Los mismos autores señalan que Smith consiguió aislar tal substancia de un extracto caliente de alcohol de un suelo negro de brezal. Llamó gliedina a tal substancia y demostró que los síntomas típicos de la "enfermedad de la rotura -

ción" se producían también en las plantas cultivadas en terrenos donde se había agregado gliedina. Aunque otros investigadores demostraron muy pronto que la aplicación de sales de cobre a los suelos orgánicos producía el aumento del contenido de cobre en las plantas que crecían en estos suelos, se ha sugerido que la gliedina puede producir deficiencia de cobre por la fijación de éste en el suelo o dentro de la planta. Esta posibilidad no ha sido establecida ni refutada.

La deficiencia del cobre afecta la fotosíntesis y posiblemente la respiración. En las gramíneas la deficiencia severa de cobre origina necrosis en las puntas de las hojas más viejas y clorosis marginal las más jóvenes. El exceso de cobre interfiere con las reacciones metabólicas del Zn, Mn y especialmente Fe.

(47). *de 1701 la importancia de este en los suelos*

El cobre aprovechable dicen Ravikovitch, Margolin, Navrot (56) que se puede extraer por los métodos EDTA (Etilendiamina, tetra-acetato disodio) varía de 1,3 a 8,7 ppm, con los valores ínfimos en los suelos arenosos, pardo rojizo y en los suelos ricos en materia orgánica dió resultados positivos. La relación del Cu total varió de 6,1 a 18,5%. El cobre total común de los

suelos se informó que está entre 2 y 100 ppm. El límite de Cu extractable-EDTA, por debajo del cual se recomendó la adición del mismo es de 1,5 ppm.

El contenido de cobre en los suelos de New Jersey, observados, por Pack, Toth y Bear citado por Gallego y Fernández (33), varía desde 1,7 ppm para arena, hasta 60,6 ppm de arcillas, en muestras superficiales. En el horizonte B, sin embargo, el contenido varía desde 1,1 ppm en arena, hasta 32,2 ppm en limos; generalmente el promedio de cobre es más elevado en el horizonte A que en el horizonte B.

Los suelos varían en contenido de cobre desde menos de 1 hasta alrededor de 50 ppm, pero las plantas pueden obtener de la mayoría de los suelos la pequeña cantidad de este necesario elemento para su crecimiento normal (31).

El contenido de cobre utilizable de los suelos depende fundamentalmente de dos factores. En los suelos ácidos el cobre soluble puede perderse por lixiviación, mientras que en los suelos alcalinos el cobre está evidentemente fijado en su estado utilizable. Bryan señalado por Frear (31) indica que la deficiencia

del cobre en los cultivos de agrios de Florida es más notable en los terrenos ácidos que en los alcalinos, y Harmer referido por el mismo autor obtuvo mayor respuesta de una aplicación de cobre sobre los suelos de fiemo de Michigan cuando el pH era inferior a 6,0, aún cuando algunas plantas respondieron siendo el pH superior a 7,0.

El cobre existe en cantidades casi uniformes en todas las rocas ígneas por su presencia en las rocas ferromagnesianas y en los feldespatos, aunque puede ser relativamente escaso en ciertas rocas muy ácidas. (47).

Russel (59) dice que puede sospecharse que el cobre tenga alguna función como neutralizante de algunas características perjudiciales del suelo por el hecho que la cantidad de sulfato de cobre que se añade a un suelo para conseguir los máximos rendimientos de una cosecha puede variar un centenar de veces.

En suelos tratados con cobre, Wei citado por Gallego y Fernández (33), se observó que primeramente es absorbido por la materia orgánica hasta la saturación de su capacidad de cambio y después es absorbido por los minerales de arcilla.

Los suelos formados por aluviones y rocas graníticas usualmente son escasos en cobre. Igualmente el cobre y el cobalto se incrementa con el aumento de hierro (15).

En estudios realizados en el Altiplano de Pasto, Barreros (7) encontró que los contenidos totales de molibdeno, cobre y cobalto son relativamente bajos en los suelos y subsuelos. Encontró diferencia significativa entre los contenidos de los tres oligoelementos en suelos y subsuelos, pradera por subsuelo, bosque en molibdeno. No se encontró diferencia significativa en el contenido de los tres elementos menores para las tres condiciones estudiadas de: cultivo, pradera y bosque. Los contenidos promedios estudiados parecen corroborar el dominio de la Andesita, área de máxima influencia del volcán Galeras.

En estudios realizados con los elementos cobre, manganeso, y el boro, Theuscher (62), encontró en casi todos los suelos desde 1 hasta 100 ppm, estando igualmente contenido en las cenizas de las mayorías de las plantas.

Gyori enunciado por Gallego y Fernández (33) halló valores de cobre, para muestras de suelos diferentes, desde 21,5 a 3,6 ppm y sugirió una posible relación entre el contenido de arci-

lla en suelos y el nivel de cobre.

El aumento de la acidez del suelo, afirma Jackson (44), favorece el incremento de la actividad de todos los elementos trazas excepto la del molibdeno, que se vuelve menos activo, posiblemente a consecuencia de la precipitación de Mo C_2 (molibdenita) y MoO_3 .

Para los suelos de Irlanda, Allinson y Gaddum (3), la influencia del material inicial en el contenido y distribución de los elementos (cobre, cobalto, molibdeno, plomo), heredados por los suelos y que la morfología del perfil modifica la distribución de los elementos en dicho perfil.

Según Zborishichuk y Zyrin (69) se determinó el promedio de B, Mn, Co, Cu, Zn, Mo, y I, contenido en los suelos de la Rusia Europea, y encontraron que el contenido total de microelementos en los suelos de la planicie Rusa aumenta de norte a sur. En excepción está el Mn, cuyo máximo contenido se encuentra en Gray-Forest y suelos calcareos, con terrones. La relativa movilidad de B, Mn, Cu, Mo, y especialmente Zn es más alta en suelos del bosque Taiga que en la zona esteparia. Mientras que los suelos de Gray-Forest ocupan

una posición intermedia en este respecto.

El papel del cobre en los suelos, como un elemento nutritivo, es decir, donde solo se requieren abonadas poco intensa, es posible que exista una interacción entre las necesidades de Zn y Cu en el sentido de que los cultivos pueden responder al Zn si se les suministra cobre, pero no si se le niega elemento. También en estas mismas condiciones es posible que las respuestas al cobre sean mayores en los veranos secos y calidos que en los fríos húmedos (35).

De la recopilación de datos realizada por Hodgson (39) se desprende que los promedios de cobalto, cobre y molibdeno en los suelos se aproximan a 8, 20 y 2 ppm respectivamente, siendo el cobalto y el cobre más abundantes en suelos desarrollados a partir de rocas ígneas básica, mientras que el molibdeno parece concentrarse más en las rocas sedimentarias.

Renther y Smith (57) estudiaron el contenido de cobre en suelos vírgenes y maduros de Florida y encontraron valores de 1 a 3,3 ppm y 31 a 68 ppm respectivamente.

El contenido de cobre, en los suelos del Misuri, fue de-

terminado por Johnson y Grahann señalado por Gallego y Fernández (33) y encontró que oscila entre 15 y 8 ppm respectivamente. Entre los factores que influyen en los niveles de cobre encontró: materia orgánica, pH, textura de suelo etc. Semb, Dishington y Ender mencionado por el mismo autor, encontró que el contenido de cobre en suelos de Jaerem está comprendido entre 2,1 y 93 ppm y que la capa arable bajo extenso cultivo presentó un nivel de cobre más elevado.

El cobre total en los climas templados y tropicales, fué encontrado por Jackson (44) con un contenido entre 5 y 40 ppm, pero desciende hasta 1 a 2 ppm, en los deficientes en cobre.

El papel del cobre en el fisiología de la planta es importante y mal conocido. Aparentemente tiene la función especial de retardar la descomposición de la clorofila. Es necesario en la nutrición animal por cuanto interviene en los procesos de oxidación y en la transferencia de energía (6, 12, 37, 38).

De los elementos, cobre, manganeso, Zinc, Boro, y Cobalto, todos menos el cobalto son reconocidos como simplemente necesarios para ser aplicados bajo ciertas condiciones en fertilizantes, en una cantidad propia o en rocío en el follaje de una ancha variedad de plan-

tas para el normal crecimiento en un número de suelos de Florida (3).

En investigaciones hechas sobre los oligoelementos por Gallego y Fernández (33) en los suelos de las vegas altas del Guadiana, y al considerar la distribución de los oligoelementos entre los diferentes horizontes del perfil, observó las siguientes tendencias generales:

a) Los horizontes más ricos en arcilla contienen también mayor proporción de los cuatro elementos.

b) El molibdeno tiende a acumularse en los horizontes más ácidos, mientras que la cantidad de cobre disminuye con el aumento de la acidez.

c) El molibdeno se acumuló en los horizontes más ricos en hierro o manganeso.

d) En algunos perfiles se observó que las zonas más ricas en materia orgánica contienen mayor cantidad de molibdeno y cobre.

e) En varios perfiles se observó una disminución del contenido en manganeso, con la profundidad.

Los tres elementos se presentan en distintas formas en

el suelo.

Así el cobalto puede estar como Co_3^+ acompañado con la materia orgánica, Co^+ y $\text{Co}(\text{OH})^+$ intercambiables, retenido por las arcillas o precipitado como óxido. El cobre aparece como Cu_2^+ y Cu^+ , siendo la forma cúprica más absorbida por las arcillas, mientras que la cuprosa permanece en posiciones de intercambio. Por otra parte, la retención del cobre por la materia orgánica es más fuerte que por las arcillas. El molibdeno es fijado por las arcillas y sesquióxidos (mayormente por los de hierro), y como anión MoO_4^- es asequible a las plantas (34). Así mismo, reacciona con la materia orgánica aunque en menor grado que el cobre (32, 33, 39, 53).

Chamorro et al (23) en estudios sobre microelementos en la sabana de Tuquerres, Departamento de Nariño, los resultados obtenidos indican que el cobre intercambiable tiene un contenido promedio en los suelos, de 0,535 ppm, con un máximo de 1,58 ppm (Tuquerres) y un mínimo de 0,015 ppm (Providencia). En los subsuelos el promedio fué de 0,684 ppm, con un máximo de 1,66 ppm y un mínimo de 0,166 ppm. Las concentraciones antes anotadas son muy bajas en comparación a las encontradas por Rubinstein, en Andosoles

de Costa Rica. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el mencionado autor efectuó la extracción con HCl 1N, en tanto que en la presente investigación se utilizó como solución extractora el NH_4OAc 1N pH 4,8 que, según De Santana, extrae cantidades más bajas y, al mismo tiempo, constituye un método más satisfactorio para la extracción del cobre aprovechable.

Los valores obtenidos considera Chamorro, en el suelo de Providencia (0,015 ppm), en el suelo Tasma (0,025 ppm) y en el Recta a Guachucal (0,083 ppm), son definitivamente bajos y cabría esperar en ellos un déficit de cobre aprovechable. Al respecto, vale la pena anotar que los suelos con mayor contenido de materia orgánica: Providencia (11,96%) y Recta a Guachucal (9,39%), presentaron las más bajas concentraciones de cobre intercambiable.

La formación de complejos organo-metálico de cobre, conduce probablemente a una disminución del cobre disponible para la planta (12,44,64).

La presencia de materia orgánica, la relación C/N y la reacción del suelo no tienen en este estudio, (cobre, cobalto y molibdeno en el Altiplano de Pasto), ninguna influencia en el contenido de

los tres microelementos. Barros (7) observó relación directa entre el contenido de minerales menores de dos micras y el cobre y así mismo entre el molibdeno y la razón Ca/Mg.

En trabajos sobre la influencia de la materia orgánica en la fijación del cobre en el suelo, Kanwar citado por Gallego y Fernández (33) pone de manifiesto que la facilidad para la fijación está asociada a la de formar complejos organo-metálicos.

La cantidad promedia mundial de cobre, según Hodgson (39) y Vinogradov (66) en los suelos es de 20 ppm. En suelos del Altiplano de Pasto el contenido promedio de cobre total (75 ppm) es relativamente alto(7). En suelos del Valle de Sibundoy el contenido promedio de cobre total fué de 38 ppm (7). En suelos de clima medio en el Departamento de Nariño, se encontraron cantidades promedias de cobre total equivalentes a 11 ppm (45).

Neish citado por Frear (31) comprobó que había cobre concentrado en los cloroplastos de las hojas, registrando que el 74,6% del contenido total de cobre de las hojas del Brifolium pratense radicaba en los cloroplastos.

Antipow Karataev enunciado por Gallego y Fernández (33) estudió los factores que influyen en la movilidad del cobre en los suelos. Muller referido por el mismo autor (33) realizó un trabajo con suelos rojos indicando que la fijación del Cu^{++} por la arcilla coloidal de dichos suelos aumentan al incrementarse el pH.

En estudios de cobalto, cobre y molibdeno totales en los suelos volcanicos del Altiplano de Pasto son deficientes en cobalto, cobre y molibdeno totales, con promedios inferiores a los recopilados por Hodgson, por tanto es de esperarse que el déficit repercute en plantas y animales. Estadísticamente no hubo diferencia significativa en el contenido de los tres elementos menores para las condiciones de cultivos, bosques y pradera salvo en las comparaciones de suelos de praderas y bosques para cobre, y subsuelos de pradera y bosques para molibdeno, en ambos casos al nivel de 5%. Si hubo cierta tendencia a que las menores cantidades se detectasen en los suelos bajos praderas. Tampoco se encontró correlación entre la presencia de materia orgánica, arena, arcilla y limos y los tres elementos estudiados; sin embargo, se notó que el cobre tendía a aumentar con el porcentaje de arcillas. Otras tendencias no significativas, que se observaron fueron el aumento del molibdeno con el incremento de la relación Co/Mg , y la disminución del cobal-

to y molibdeno al aumentar la capacidad catiónica de cambio.

El cobalto es un elemento indispensable, tanto para los animales como para los vegetales. En los animales es esencial en la síntesis de la cobalamina, la que actúa como factor de mantenimiento de la flora intestinal; además, hace posible la síntesis de la hemoglobina de la sangre (14, 38). Por otra parte, este elemento influye favorablemente en la producción de leche (2).

En las plantas, no sólo es necesario para la fijación de nitrógeno en forma simbiótica, por medio del género Rhizobium, sino que interviene además en la síntesis de la vitamina B₁₂ (11, 21, 64).

El cobalto abunda más en los suelos derivados de rocas ígneas básicas, siendo diferente en aquellas desarrolladas a partir de rocas ígneas ácidas, calcíticas, dolomíticas y en suelos arenosos (63).

La información sobre las necesidades es exigua. Los investigadores australianos han encontrado que los forrajes que contienen menos de 0,04 ppm de cobalto tienen probabilidades de pro-

ducir deficiencia, mientras que si el forraje contiene más de 0,04 ppm la cantidad de cobalto es adecuada. Esto equivale aproximadamente a una toma diaria de 0,5 miligramos de cobalto por vaca (31).

Para el elemento cobalto, Ravikovitch, Margolin y Naurot (56) en estudios realizados en los suelos de Israel, afirmaron que dicho elemento en forma total varió entre 1,7 a 10,6 ppm. Suelos con valores bajos de cobalto (menos de 5 ppm) son: El hidrohalmórfico, aluvial desértico; el arenoso pardo rojizo; y el de residuos vegetales.

Suelos con menos de 5 ppm se consideran deficientes en este elemento, dado que los pastos cultivados en lotes de suelos parecen ser sospechosos de suministrar una cantidad inadecuada de cobalto al ganado (56).

Bradford et al (15) encontraron en los suelos de California que el cobre y el cobalto tienen a aumentar con el incremento del contenido de hierro.

El cobalto, como catión de cambio, está en los suelos en las formas de Co^+ o como divalente de Co^{++} (53). Igualmente aparecen en la forma Co^{+++} formando complejos orgánicos (39). En su mayor

parte está retenido por el retículo cristalino de los minerales y no es rápidamente disponible a las plantas. También es retenido por las arcillas, siendo mayor su retención por arcillas del tipo montmorillonita (36), 60).

El bajo consumo de forrajes por el ganado bovino de los trópicos ha sido mencionado como uno de los problemas de difícil explicación en la ganadería tropical. En Turrialba, en pruebas de alimentación con ganado lechero, se han observado también consumos aparentemente muy bajos. La gran influencia que tiene la carencia de cobalto sobre el apetito de los rumiantes y al descubrimiento reciente de zonas carenciales, se pensó en la posibilidad de que los bajos consumos observados en Turriaba pudieran estar complicados con alguna enfermedad producido por la carencia de este elemento (40).

En relación a los factores que afectan la disponibilidad de este elemento, Young (68) indica que la solubilidad del cobalto aumenta a medida que el pH disminuye. Las malas condiciones de drenaje aumentan la solubilidad del cobalto (14).

Brogan, Flemig y Byrne (16) en inspección llevada a cabo de

los niveles de extracción Mo (Tamm's reagent) y Cu (EDTA), en suelos de pastos irlandeses encontró que el Mo varió de 0,05 -6,50 ppm con un promedio de 0,31 ppm y Cu 1,3 - 44,4 ppm.

Los contenidos promedios de cobalto total para suelos del Valle del Sibundoy (67) fueron de 9,4 ppm, para la zona del clima medio en el Departamento de Nariño 9,0 ppm (45) y para el Altiplano de Pasto 4,5 ppm (7).

En suelos del Africa Oriental, los resultados encontrados para el cobalto total oscilaron entre 0,2 y 9,0 ppm (22,52). En suelos de Pradera en Uruguay los valores determinados son altos, llegando hasta 76,4 ppm de elemento total (2).

Chamorro et al (23) encontraron que para la Sabana de Túquerres, el cobalto tiene un promedio de 0,874 ppm, con un máximo de 0,906 ppm (Tasma y Puente de San Juan) y un mínimo de 0,833 ppm (Túquerres). En el caso de los subsuelos, el promedio fue de 0,858 ppm, con un máximo de 0,900 ppm y un mínimo de 0,800 ppm.

Vanselov citado por Chamorro (23) encontró que cuando se

utiliza como solución extractora el ácido acético 0,5 N, se obtienen valores que usualmente oscilan entre 0,1 y 1,0 ppm de cobalto, pero que estas concentraciones son menores cuando se utiliza como solución extractora el acetato de amonio normal y neutro.

El cobalto aprovechable extraído por el método del ácido nítrico presenta un rango de 0,2 - 2,3 ppm, mientras que el cobalto total extraído aparentemente fluctúa entre 7 y 28 % (56).

Los elementos menores que son liberados de los minerales primarios por intemperización pueden ser: a) Incorporados a los minerales silíceos secundarios; b) pueden co-precipitar juntamente con los hidróxidos de Fe y Al o carbonatos de calcio; c) pueden ser retenidos por los agentes complejantes orgánicos e insolubles; d) finalmente pueden permanecer en solución, generalmente como aniones o complejos solubles, en cuyo caso están sujetos a la acción del lavado. (47).

Las reacciones de óxido-reducción son de gran importancia en la disponibilidad de micronutrientes ya que las formas oxidadas son las menos aprovechables, y por el contrario las reducidas serán las más utilizadas por la planta pero también las más susceptibles a

perderse por lixiviación (47).

Alexander citado por Lora (47) enumeró las cinco formas como los micro-organismos afectan el aprovechamiento de los elementos menores: a) Liberación de los iones inorgánicos durante la descomposición microbiana; b) oxidación de un elemento, casi siempre hasta una forma menos aprovechable; c) reducción de una forma oxidada cuando la difusión de O_2 es limitada; d) cambios en el valor del pH y/o en el potencial de oxidación del sistema, dichos cambios afectan la forma y solubilidad de los elementos; e) Inmovilización consecuente a la incorporación en las estructuras microbianas.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Aspecto Físico.

3.1.1. Ubicación Geográfica.

La investigación se realizó en el Departamento del Magdalena, situado al norte del país en la gran región del Caribe, comprendiendo el estudio las siguientes zonas:

- a. Sierra Nevada de Santa Marta.
- b. Zona Bananera del Magdalena.
- c. Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

3.1.2. Localización.

El Departamento del Magdalena se localiza en el norte del país, sobre el margen oriental del río del mismo nombre, dentro de las siguientes coordenadas extremas:

- a). El punto más septentrional se localiza en la punta de Naguaje en el litoral Caribe, a los $11^{\circ}36'58''$ de latitud norte.
- b). El punto más oriental se halla en el límite con el Departamento del Cesar, donde nace el río Mamancanaca en la cuchilla de Icachuf, a los $73^{\circ}32'50''$ al oeste Greenwich.
- c). El extremo occidental se encuentra sobre una pequeña isla del río Magdalena, al oeste de la ciénaga de Moreno y al

noreste del corregimiento de Yucal en el Departamento de Bolívar, a los 74°56'45" al oeste de Greenwich. (43).

3.1.2.1. Sierra Nevada de Santa Marta.

Las cabeceras municipales tienen la siguiente localización:

SANTA MARTA	CIENAGA
11°15'18" latitud norte	11°01'05" latitud norte
1°08'42" oeste de Bogotá	00°09'50" longitud oeste de Bogotá.

Limita por el Norte y por el Oeste con el Mar Caribe; por el Sur con el Municipio de Aracataca y por el oriente con los Municipios de Riohacha y Valledupar.

La altura sobre el nivel del mar varía desde 0 hasta 5.775 metros.

El Municipio de Santa Marta tiene una extensión aproximada de 2.239 Km² y Ciénaga 1.805 Km² (42).

3.1.2.2. Zona Bananera.

La Zona Bananera comprende parte de

los Municipios de Ciénaga, Aracataca y Puebloviejo. Por el norte llega aproximadamente hasta la latitud 11°norte, es decir, más o menos hasta la línea del ferrocarril que de la ciudad de Ciénaga se dirige hacia el oriente al llamado Cerro del Mico.

Al sur se extiende casi hasta la leve divisoria de aguas al sur del río Fundación. El límite oriental es el piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta, siguiendo aproximadamente la curva de nivel de 100 m. de altura. Finalmente, el límite occidental se confunde en los aluviones salinos que con anchuras irregulares, bordean por esa parte la Ciénaga Grande de Santa Marta (43).

La Zona Bananera consta de 112.000 Ha. ; el área para el cultivo del banano autorizado por el gobierno es la correspondiente a la parte norte del río Sevilla y que esta constituida de cuatro subzonas a saber:

1. - Zona Guacamayal-Sevilla que comprende desde el río Sevilla hasta la quebrada Latal.
2. - Zona de Orihueca que comprende desde la quebrada Latal hasta el río Frío.
3. - Zona de río Frío que comprende desde el río Frío hasta la quebrada de la Aguja.
4. - Sector del río Córdoba.

La Zona Bananera se encuentra entre 2 y 80 m. s. n. m. (55); cartográficamente va aproximadamente desde los $10^{\circ}30'$ hasta los 11° de latitud norte y sobre los $74^{\circ}30'$ de longitud al oeste de Greenwich (43)

3.1.2.3. Granja Experimental.

La zona estudiada se localiza en el Municipio de Santa Marta, en el Departamento del Magdalena, a unos kilómetros al S. O. del centro de la ciudad de Santa Marta. Las siguientes son las coordenadas geográficas de la Granja Experimental :

Latitud Norte: $11^{\circ}15'18''$ y $11^{\circ}11'$

Longitud Oeste: $74^{\circ}13'45''$ y $74^{\circ}07'$

La extensión total de la Granja es de 55 hectáreas y limitado en la forma siguiente: Por el norte, con el Río Manzanares; por el sur con la carretera Troncal del Caribe; por el este con terrenos de la Secretaría de Fomento del Departamento del Magdalena; y por el oeste con una propiedad particular.

La zona tiene una altura de 16 m. s. n. m. y una temperatura promedio de 28.6°C (1)

3.1.3. Extensión.

EL Departamento del Magdalena tiene una superficie de 23.770 Km². (41).

3.1.3.1. Sierra Nevada de Santa Marta.

El presente estudio se realizó en un tramo de carretera de 45 kilómetros aproximadamente, que va de Santa Marta hasta donde están instalados equipos de Telecom y la Televisora Nacional. (Ver Fig. 1).

3.1.3.2. Zona Bananera. La extensión total de la zona Bananera es de 112.000 hectáreas, de las cuales 96.000 corresponden a la parte plana de la región; el resto a la parte montañosa, terrazas y ciénagas. (43).

Los cultivos bananeros cubren una superficie de 8.000 hectáreas, en las cuales se llevó a cabo el trabajo actual (43).

3.1.3.3. Granja Experimental. De las 55 hectáreas se estudiaron aproximadamente 35 hectáreas (1).

3.1.4. Relieve.

En el relieve o configuración superficial del Magdalena, el aspecto más notorio lo constituye el contraste existente entre la Sierra Nevada de Santa Marta que levanta sus picos Simón Bolívar y Cristóbal Colón a una altura de 5.775 m. s. n. m.,



FIG
I
PA DE LA SIERRA NEVADA DE STAMTA
(REGION ESTUDIADA)

con la dilatada llanura de menos de 200 m de elevación que se extiende al accidente y al suroeste de la Sierra Nevada hasta el mar caribe y el río Magdalena (43).

3.1.4.1. Sierra Nevada de Santa Marta. De esta unidad geomorfológica se han hecho muchas y buenas descripciones debido al interés que por esa importantísima zona han demostrado científicos provenientes de otras partes del mundo.

La Sierra Nevada de Santa Marta es la montaña del litoral más elevada del mundo; sus cumbres se alzan bruscamente por todos lados, presentando por consiguiente gran diversidad de los climas, abundancia de agua, una fauna y flora únicos en su género. Es un macizo situado a poca distancia del mar, compuesto de un núcleo que proyecta brazos hacia el oeste con pequeñas ramificaciones; otro al sur y uno más pequeño hacia el oeste, semejándose a un triángulo isósceles. En su costado norte y occidente el declive de sus laderas escapadas es casi vertical; hacia el oeste sus ramales presentan una longitud mayor con pendientes menos variadas.

Su principal característica, como ya se mencionó es la variedad de climas y otros aspectos en un área relativamente pequeña. La formación montañosa corre en el sentido este-oeste sin



interrupción, formando una creta a lo largo de la latitud 10°50' norte dividiéndose en dos partes desiguales y de carácter físico disímil.

La ladera norte cae vertiginosamente desde una creta situada por lo general arriba de los 5,400 m. hasta el mar Caribe a 50 Km de distancia. El litoral septentrional cambia brusca o marcadamente tanto al este como al oeste del cabo de San Juan de Guá. Hacia el oeste la línea costera es una espectacular alternación de promontorios rocosos y de bahías contorneados por acantilados en cuyos senos hay playas de arenas y manglares pantanosos, de fuertes oleajes impelidos por los vientos alisios. Allí el mar es tan peligroso que aún los pescadores de Taganga, reconocidos como los marinos de esta costa, a menudo no pueden tocar bien en estas ensenadas. En este sector articulado del litoral termina el descenso del espolón o cuchilla de San Lorenzo, el cual se inicia en los altos picos de la Sierra Nevada.

Al este del cabo de San Juan de Guá aparece una costa plana que gradualmente se va ensanchando de modo que llega a tener 1 1/2 km. de anchura en Palomino, 15 en Dibulla y hasta unos 30 en Riohacha. La ladera septentrional realmente empieza a 180 m.

sobre el nivel del mar más allá de un verdadero ejambre de colinas. El contacto de colinas y llanuras costeras frecuentemente es brusco como el paisaje aquí es una alternación de promontorios y valles, resulta más denticulado que la línea del litoral mismo. El súbito empinamiento de la ladera que continúa hasta llegar a unos 900 m. s.n.m. En esos cantiles existen numerosas cascadas de los ríos que se precipitan hacia el norte; la mitad inferior de esta parte de ladera empinada, presenta un rápido cambio en la vegetación; de la xerófila a los bosques densos, como resultado del aumento de la precipitación con la altura.

A 600 m. en la misma ladera norte, hay otro cambio notable de la vegetación esta vez hacia el bosque seco, pues aparecen ya plantas más pequeñas y esparcidas; arriba de los 900 a veces hasta la propia base de los picos nevados, la ladera es menos empinada y el bosque seco progresivamente se hace más ralo y continúa hasta los páramos sin árboles, a veces sin vegetación o existen pantanos yermos en localizaciones similares a aquellos que en los Andes tiene bosques suavemente templados.

En la visión dada anteriormente de la ladera que va al Caribe, se ha simplificado la descripción de sus estribaciones y de sus

cambios de vegetación. En ciertos lugares existen filos transversales protuberantes, en especial entre los altos valles de los ríos Palomino y San Miguel y al occidente del poblado indio de Tamina-ca; tales filos reflejan con su disección las líneas de fallamiento, las cuales van de este a oeste.

El viajero que tiene éxito en escalar la "cadena" o "sierra principal" desde el norte, se halla frente al tremendo escarpe rocoso que es soporte y bastón de las caras septentrionales de los picos Colon y Ojeda. Más arriba de dicho escarpe y sobre el mismo cuelgan los heleros, restos de otros mayores que recortaron o disectaron los circos glaciares en los páramos y dejaron mortereras en los bosques situados abajo.

El nivel de las nieves permanentes es muy variado a causa de la complicación de los rasgos topográficos; pero de todos modos es menos bajo que en la ladera sur, donde hay más sol y menos precipitación.

Por la gran altura que alcanza la Sierra Nevada de Santa Marta, representa un sistema montañoso escarpado, a excepción de su parte sur-oriental que es más "suave".

Su geomorfología propiamente dicha presenta una serie de cuchillas y de picos que es conveniente describir; se puede apreciar esa característica geomorfológica con algunos de los mencionados picos altitudinales; yendo del NW hacia SE: la cuchilla San Lorenzo es la primera manifestación de esta gran mole escarpada; que varía hasta los 2.600 m.; está precedida de otra serie de pequeñas cuchillas, las cuales se pueden denominar como cerros de San Lorenzo. Dicho espolón trepa desde los acantilados del cabo de La Aguja hacia el sureste y a lo largo de 7 a 70 km hasta los picos más altos. Aquí el río principal es el Manzanares, con su tributario el Mamatoco. El río Gaira también se precipita en cascadas. El espolón de San Lorenzo está cortado por las altas cabeceras de los valles transversales (43).

3.1.4.2. Zona Bananera. La Zona Bananera comprende parte de los municipios de Ciénaga, Aracataca y Pueblo Viejo.

La extensión total ha sido calculada en 112.000 hectáreas, aunque la zona propiamente dicha, apenas pasa de las 40.000 Ha. (4000 Km²). (43)

El límite entre la ladera occidental del macizo samario y la planicie es muy marcado. La línea de ruptura del terreno corresponde al rumbo general norte-sur de la extensa falla de Santa Marta, la cual separa las rocas metamórficas e ígneas de las capas terciarias que forman el subsuelo de la zona bananera, la falla está recubierta con conos de deyección que cubren tanto las rocas del basamento al pie de los cerros como los estratos subyacentes del terciario de la llanura. Los conos de deyección y las terrazas se han entrelazado o anastomosado de manera que a simple vista no se puede apreciar su morfología característica ya que forman un plano continuo inclinado levemente hacia el oeste y noroccidente y con "escasa energía del relieve", para usar la expresión de E. Guhl. La pendiente al pie de la montaña es de 0.5 %, es decir que por cada 100 metros de recorrido desciende solo medio metro hacia el oeste y sobre la ciénaga, esa pendiente disminuye a 0.2% y aún a 0.1%.

Esta condición o característica morfológica explica la observada por el hidrólogo W. Diezemann según él, el agua subterránea procedente de la sierra tiene en la zona bananera una dirección hacia el oeste y el noroeste y puede ser el espejo de agua subterránea en la parte superior de la planicie se más profundo

que en la parte más baja de la pendiente. De aquí que en la zona de transición del material más grueso al más fino, el agua subterránea se represa, adquiere cierta presión y su nivel espejo se eleva en forma de una curva hacia la superficie. Este carácter de las aguas del subsuelo, y también de las superficiales en cuanto a la dirección general, la ilustra o aclara Diezeman en el esquema hidrogeológico. (Ver Fig.2).

En la geomorfología de la zona bananera se han distinguido cuatro unidades, a saber: (43).

1. Terrazas.

2. Llanura Aluvial.

3. Vegas de los ríos, quebradas y ciénagas.

4. Tierras vecinas a la Ciénaga Grande de Santa Marta

1. - Terrazas. Con morfología que cambia de ligeramente planas a onduladas, construídas por los ríos a su salida de la Sierra Nevada, probablemente en los abundantes períodos pluviales del Pleistoceno, coinciden con los tiempos de glaciaciones. En la actualidad geológica, los ríos están recortando dichas terrazas y el río Turcurinca, por ejemplo, las presenta a unos 80m por encima del presente curso fluvial.

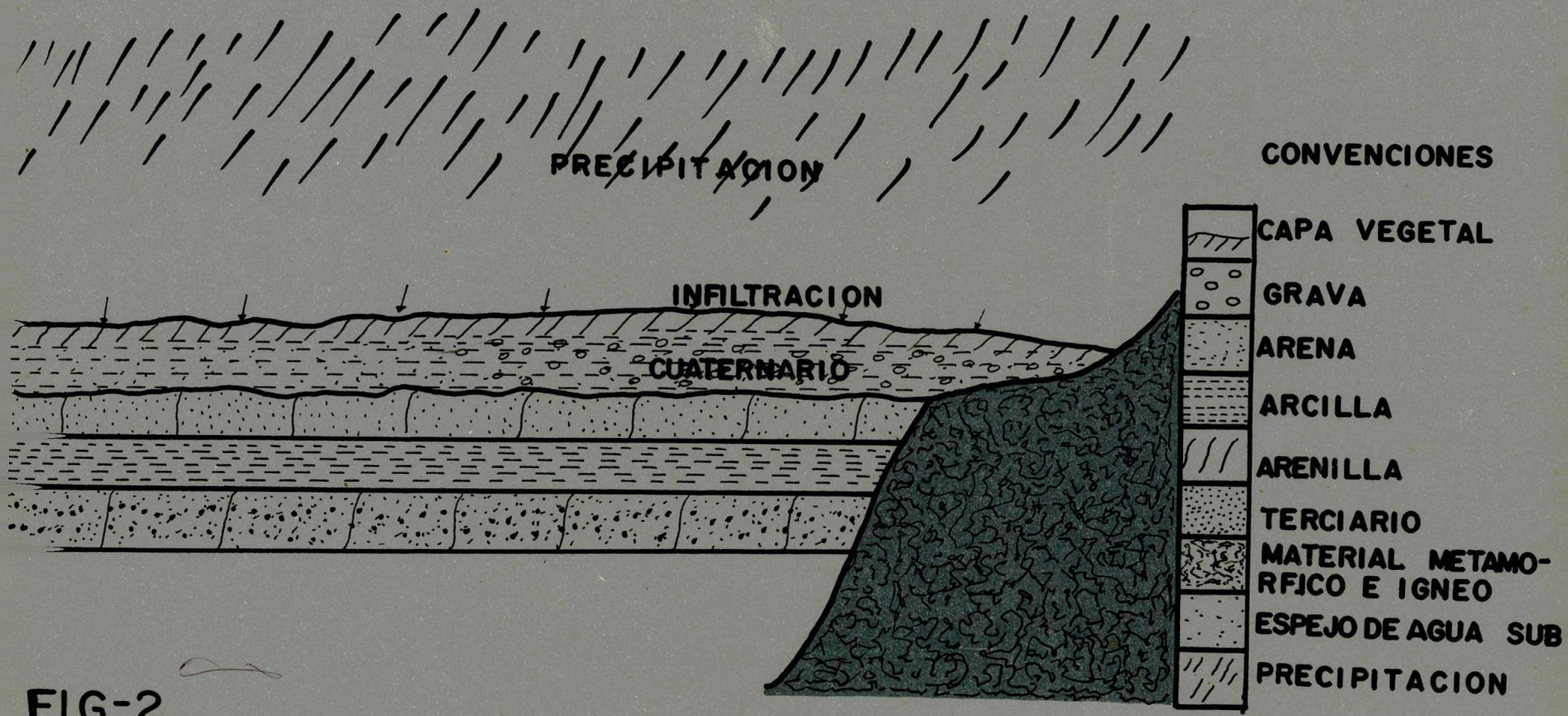


FIG-2

2.- Llanura aluvial. Subdividida en llanura no inundada y llanura inundable. A propósito de esto el trabajo de los ingenieros del Incora, explica que mientras la banda (o parte) oriental de la zona tiene buen drenaje, en la parte occidental hacia la ciénaga en donde las pendientes son mínimas, el drenaje es deficiente; en épocas de lluvia la capacidad de los cauces fluviales no es suficiente para evacuar toda el agua llovida y escurrida, presentándose desbordamientos e inundaciones frecuentes.

3.- Vegas de los Ríos, Quebradas y Ciénagas. De origen aluvial, planas (1%) e inclinadas que van del 7-12% de pendiente en términos generales.

4.- Las tierras vecinas a la Ciénaga Grande de Santa Marta. Como se ve en el esquema sobre condiciones climáticas de esta subregión tienen una fuerte influencia del mar (circulación libre de brisas marinas) y, poseen un clima muy seco debido a sus características de área con alta insolación. Son de topografía plana y su límite con la planicie aluvial no inundable es gradual. (43).

3.1.4.3. Granja Experimental. El relieve es li-

geramente plano presentando un declive que se orienta de este a oeste. Se presentan algunos pequeños accidentes que exigen una correcta nivelación para su utilización. (1).

3.1.5. Geología.

3.1.5.1. Sierra Nevada. La Sierra Nevada de Santa Marta esta constituida por un conjunto de batolitos y masas de rocas metamórficas. Los batolitos están formados por las siguientes rocas:

Batolito Santa Marta: Cuarzodioritas grises, biotíticas, horbléndicas a dioritas horbléndicas grises.

Batolito Guamaca: Granito biotítico-horbléndico.

Batolito San Diego: Granodioritas grises biotíticas.

Batolito Ojeda: Cuarzomonzonita gris.

Batolito Sarunca: Granodiorita gris.

Batolito Bolívar: Granodiorita gris biotítica.

Todas las rocas son granitoides. Los suelos derivados de estas rocas se incluyen en general en asociaciones de suelos desarrollados a partir de granitos (granodioritas-dioritas, cuarzodioritas).

Las formaciones metamórficas alternan con las formaciones

ígneas; se encuentran a diferentes alturas sobre el nivel del mar. El metamorfismo de estas rocas tuvo ocurrencia durante el precámbrico; son pues rocas muy antiguas. Las rocas metamórficas están compuestas por una sucesión muy compleja de esquistos, neises esquistos, en ocasiones mignatitas (rocas donde alternan capas de granito y capas de esquistos). Las formaciones de rocas metamórficas de la Sierra Nevada son de la siguiente naturaleza:

Formación Punta Betín: Filitas cloríticas y seriocíticas y rocas verdes masivas; esquistos biotíticos. Lentes de caliza.

Formación Santa Marta: Esquistos actinolíticos, esquistos biotíticos, esquistos granitizados en el contacto con el batolito.

Formación Guachaca: Esquistos de dos micas: neises horblendicos y biotíticos.

Rocas metamórficas no diferenciadas: Secuencia compleja de neises, neises esquistosos, esquistos de dos micas.

Formación Los Mangos: Neises muy alterados, alternando con neises graníticos anfibolíticos piroxénicos.

Anortositas neísicas: Rocas plutónicas con bandeamiento originado por paralelismo de horblenda y piroxenos. (42)

3.1.5.2. Zona Bananera. - Esta región pertenece a

aluviones del cuaternario y sedimentos del terciario. (43)

3.1.5.3. Granja Experimental. Estudios adelantados por Cabrales citado por Acosta (1) sitúan estos suelos en la serie Mamatoco. Esta serie estaría rodeada por el sureste con formaciones del batolito Santa Marta y por el Suroeste con los esquistos de Gaira. Según estudios de la Sociedad Agrológica Colombiana (42) el batolito Santa Marta contiene entre otras rocas: Guarzodioritas grises, biotíticas, hornbléndicas a dioritas hornbléndicas grises. Estas rocas aportan Si, Al, K, Mg y otros. En los esquistos se encuentran micas, anfíbolitas y mármoles.

La acción aluvial ha sido producida por los ríos Gaira y Manzanares, que tienen una cuenca dentro del batolito de 15 Kms² cada uno (1).

3.1.6. Condiciones Climáticas.

3.1.6.1. Sierra Nevada de Santa Marta. El desarrollo altitudinal de la Sierra Nevada de Santa Marta determinan una gran variación de climas y de sus correspondientes formaciones vegetales.

Según el sistema Koppen, en los municipios de Santa Marta y Ciénaga ocurren los siguientes tipos climáticos, partiendo de la Costa hacia la Sierra, o sea en dirección Oeste-Este.

- Bsw-h :** Clima estepario tropical, cálido y con vegetación xerofítica, con período muy seco.
- Am :** Clima húmedo tropical; 8 a 10 meses lluviosos; 2 a 4 meses secos.
- Gw :** Clima de tierras templadas y frías. Temperatura comprendida entre 12 y 18°C y lluvias zenitales (1800-2800 m m).
- Gfn :** Clima húmedo de tierra fría y páramo bajo (2500-3100 m de altitud). Bosque de niebla.
- H-Bn:** Clima de alta montaña tropical (altitud mayor de 3100 m) temperatura inferior a 12°C.
- N :** Clima de nieves perpetuas (altitud mayor de 4.700 m).

En la parte plana, Pozos Colorados, la lluvia promedio registrada de 458 milímetros. La lluvia aumenta de Occidente a Oriente. Hacia el Oriente en las faldas de la Sierra Nevada ocurren varias fajas con precipitaciones progresivas así: una de 500

a 1000 milímetros y otra de 1.000 a 2.000. Luego a la altura aproximada de 1.000 metros (en la vertiente occidental de la Sierra), se inicia la faja más lluviosa de la Sierra Nevada. La precipitación promedio anual registrada en las Nubes es aproximadamente de 3.100 milímetros, variando desde 2.100 y 4.700 milímetros anuales y 30 y 500 milímetros mensuales. La faja más lluviosa llega hasta 2.800 metros de altitud, aproximadamente.

De ahí hacia arriba la precipitación anual disminuye hasta promedios anuales de 500 a 1.000 milímetros.

Desde el punto de vista hidrológico, de rendimiento de agua, la faja más importante es la intermedia comprendida entre 1000 y 2800 metros de altitud. Es absolutamente necesario conservar la cubierta boscosa para proteger los suelos y las aguas.

La vertiente septentrional de la Sierra Nevada, es más húmeda que la Occidental. Al nivel del mar la precipitación es de 2000 milímetros aproximadamente, y aumenta con la altitud.

En la parte plana, el 97% de la lluvia cae en el período mayo-noviembre; el resto del año es muy seco. El mes más lluvioso

es octubre y el más seco marzo. En la Sierra (Estación Las Nubes) el verano es de tres meses (enero-marzo), con una caída promedio de 109 milímetros (3,5% del total). Los otros meses son húmedos; en Julio se presenta una ligera disminución de la lluvia correspondiente a un veranillo. EL mes más lluvioso es octubre, el más seco enero. La temperatura promedio en Santa Marta es de 28°C; la de la zona disminuye en función de altitud hasta las nieves perpetuas.

SIERRA NEVADA : Pisos térmicos (42)

Piso térmico	Temperatura °C	Altitud m.	Distancia aprox. a la costa Km.
Cálido	Mayor de 24	0-900	0-20
Medio	17-24	2.000	20-40
Frío	10-17	3.000	40-47
Páramo Bajo	3-10	4.000	47-50
Páramo Alto	0-3	4.500	50-57
Nieves Perpetuas	Menor de 0	4.500 (+)	60

El rápido aumento de altura da origen a todos los pisos térmicos en un trayecto relativamente corto de 40 a 60 kilómetros.(42)

3.1.6.2. Zona Bananera. Pertenece al grupo del

tropical lluvioso y tipo tropical húmedo y seco.

Al oeste y al pie de la Sierra Nevada de Santa Marta, es decir a sotavento, de los alisios del noreste, se extiende la Zona Bananera del Magdalena. Va aproximadamente desde los $10^{\circ}30'$ hasta los 11° de latitud norte y sobre los $74^{\circ}30'$ de longitud al oeste de Greenwich; en kilómetros, la extensión es de 55 X 20. Las condiciones climáticas presentan características de Am con tendencia a los climas alternativamente húmedos y secos de la fórmula Aw, motivo por el cual se ubican dentro de esta clasificación.

Dos localidades típicas de este paisaje, entre otros, son Aracataca, a 40 m sobre el nivel del mar y Sevilla. (El Prado) estación del ferrocarril que va a Santa Marta. En Aracataca las temperaturas medias mensuales son del orden de $28,2^{\circ}\text{C}$. Las máximas medias pueden descender a $21,4^{\circ}\text{C}$.

Los meses con temperaturas medias más altas suelen ser Julio y Agosto con valores medios que a veces superan los 29°C . Generalmente los meses con temperaturas medias más bajas son los primeros del año, que es cuando la región experimenta la influencia de los alisios del noreste, que en este caso soplan con una compo -

nente desde el noreste. La oscilación media anual de la temperatura es de 18°C. En Sevilla las condiciones de temperatura son similares a las de Aracataca. La media anual es de 28,4°C". La ubicación piedemontaña de la Zona Bananera hace que las isoyetas anuales aumenten de valor en dirección a las faldas y valles occidentales de la Sierra Nevada, de manera que tanto éstos como aquellos reciben un promedio de lluvia mayor que la llanura se extiende hacia el delta del río Magdalena, influida por la sombra seca del relieve samario y de la fórmula Aw y Bs, en general. En el año los registros de vientos de Aracataca señalan ciertas predominancias desde el cuadrante del sur". Los datos de precipitación media anual en Aracataca y Sevilla son los siguientes:

Aracataca: 1.357,3 mm (1931-32; 34-40; 46-48; 50-54; 56-60).

Sevilla : 1.351,3 mm (1909-1951).

"Dentro del mismo paisaje piedemontano están las localidades de Guacamayal (746,3 mm en 1938' 1947) y Orihueca (784,4 mm en 1939-1943)".

"Tanto Aracataca como Sevilla muestran una distribución estacional de las lluvias concentradas en el segundo semestre del año. En la primera de estas localidades, mientras la segunda mitad del

año recibió un 72% de la precipitación, los tres primeros del año tuvieron, a veces, un registro de 0.0 mm.

En Sevilla ocurre otro tanto: el segundo semestre recibió un 68% de la lluvia anual. En ambos lugares los meses con máximas medias fueron mayo y octubre, siguiéndolos junio y noviembre. En Aracataca, mayo ha llegado a recibir 405,4 mm en 1934 y 369,9 mm en 1958. Octubre, el más lluvioso del año de esta región, en 1932 recibió 731,7 mm y 654,0 mm en 1958".

Humedad relativa: 72% en promedio para los meses secos: 83% en la estación de lluvias; después del amanecer es cerca de 100%. En la estación seca se pueden dar valores de 45 a 50%".

"En la climatología de la Zona Bananera del Magdalena un factor muy importante es el viento, que desde marzo hasta noviembre puede manifestarse en forma de vendavales o mejor ventarrones más o menos desastrosos para la industria bananera. En el exámen del papel que el viento juega en esta región de Colombia se ha utilizado el trabajo que López y Howell, citado por Instituto Geográfico Agustín Codazzi (43) escribieron sobre la lucha contra las tormentas de viento en la Zona Bananera y el informe que sobre el mismo asunto

publicaron W.E. Howell y Associates en 1957".

Es costumbre llamar "Huracanes" a estas ventoleras, pero es preciso aclarar que según la escala de Beaufort ese término se aplica a vientos de 120 o más Km² por hora. Dadas las velocidades de las ráfagas más rápidas en el fenómeno de la Zona Bananera, es más acertado hablar de brisas fuertes o ventarrones de acuerdo con la escala citada".

La Sierra Nevada de Santa Marta constituye una formidable barrera en la corriente regular de los alisios del noreste y modifica profundamente el clima de la Zona Bananera. En la ladera de sotavento del macizo samario se desarrolla un área de convergencia y de nacimiento ascendente del aire de modo que en las bajas laderas que miran a la zona se produce gran precipitación.

Durante la estación lluviosa de la región (abril-noviembre), se suelen presentar violentas tormentas frecuentemente acompañadas de vientos destructores (42).

3.1.6.3. Granja Experimental.

Según el sistema de Koppen de clasifica-

ción climática, la clase de clima correspondiente a esta zona sería: "Clima estepárido tropical, cálido y con período muy seco" (43).

La precipitación promedia durante 8 años es de 721 mm., la evapotranspiración potencial calculada llega a los 1.685 mm, y la biotemperatura promedia es de Holdrige 7 nos encontramos con una formación bosque muy seco tropical. La relación de evapotranspiración potencial que se encuentra en este mismo diagrama está entre 2 y 4. La relación evapotranspiración potencial calculada según Holdrige es de 2.19 para esta zona.

Puede considerarse esta zona como representativa de pequeños valles aluviales que durante el día están expuestos a las corrientes de aire frío que se bajan a la Sierra Nevada de Santa Marta.

Los vientos alisios que soplan desde el noreste y el este se dejan sentir desde los comienzos de diciembre hasta fines de marzo. El régimen pluviométrico de la zona registra una baja precipitación para la mayor parte de los años considerados y alternan dos épocas: Una de sequía durante los meses de diciembre, enero, febrero, marzo, abril y otra relativamente lluviosa de mayo a noviembre. Las mayores lluvias han ocurrido en los meses de junio y julio en el pri-

mer semestre y de septiembre a noviembre en el segundo semestre. La precipitación ha fluctuado entre 128,5 mm en el año de 1966 y 234,7 mm en 1971. El promedio durante 8 años es de 721 mm.

El promedio de vaporación mensual para el año de 1971 fue de 118,7 mm. La máxima evaporación tuvo un registro de 250 mm, para el mes de marzo y de 130 para la mínima evaporación durante el mes de octubre. La evaporación media diaria fue de 3,3 mm. durante el año mencionado.

La máxima temperatura que se encontró para ese año fue de 33,8°C. y se registró en el mes de julio. La temperatura mínima fue de 23,9°C entre estas dos temperaturas (1).

3.2. Zona representativa del estudio y métodos analíticos.

3.2.1. Sierra Nevada.

Las muestras se tomaron en las diferentes zonas ecológicas que se dan en la Sierra Nevada de Santa Marta parte noroeste, comprendida desde la Cuchilla de San Lorenzo (2.500 m. s. n. m.) hasta Mamatoco (18 m. s. n. m.) (Ver Fig. 3).

Las áreas se seleccionaron teniendo en cuenta las siguientes formaciones vegetales y previamente estudiados sus características físico-químicas por los señores Angulo, Cayón y Granados (5).

1. Bosque muy húmedo montano bajo (bmh -MB), Cuchilla de San Lorenzo con altura de 2.500 m. s. n. m.
2. Bosque muy húmedo sub-tropical (bmh -ST), Cerro "El Campano", Altura de 2.000 m. s. n. m.
3. Bosque muy húmedo sub-tropical (bmh-ST), "El Campano". Altura de 1.500 m. s. n. m.
4. Bosque seco tropical (bs - T), "Loma la Cabaña". Altura de 1.000 m. s. n. m.
5. Bosque seco tropical (bs -T), "Minca". Altura 500 m. s. n. m. Finalmente en la planicie costanera.
6. Bosque muy seco tropical (bms -T), altura 18 m. s. n. m.

Teniendo en cuenta los perfiles seleccionados por los anteriores investigadores, los cuales establecieron un perfil para cada zona ecológica recolectando muestras hasta de dos metros de profundidad, se analizaron los diferentes horizontes para cada perfil. En total 16 muestras para 6 lugares diferentes.

Se tomaron los datos obtenidos por Angulo, Cayón y Grana-
dos referentes a pH, el cual se determinó en pasta con agua en re-
lación 1:1 (5) ; humedad, en base al suelo seco (5); la textura se
obtuvo mediante el método de Bouyoucos (5); la materia orgánica,
utilizando la determinación del carbón orgánico, método de Walkley-
Black, el cual se multiplicó por el factor 1,724.

En función de las muestras obtenidas se determinó el cobre
y el cobalto, siguiendo la metodología de la digestión completa (fo-
liar o suelo), para la determinación de microelementos por Ulrich,
citado por Santana (26).

Las muestras fueron secadas al aire, maceradas y cernidas
en cedazos de 2 mm. y llevadas al laboratorio para el análisis co-
rrespondiente. El método de la digestión completa se realizó en el
laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica del Magdalena
y la absorción atómica se desarrolló en el espectrofotómetro del De-
partamento de Investigación de la facultad de Química y Farmacia de
la Universidad del Atlántico.

Se establecieron correlaciones entre la distribución de estos
oligoelementos con los contenidos de arcilla, pH y materia orgánica.

3.2.2. Zona Bananera.

En el presente estudio se incluyeron 101 muestras divididas en 12 series de suelos representativos de dicha zona en el cultivo del banano (Ver Fig. 4), distribuidos de la siguiente manera:

<u>Series</u>	<u>Fincas</u>
Los Mangos	Alicia y la Isla
Julia	Santa Marta, Dilia Esther y Catalina
Bonilla	Latal y Sacramento
Ninfa	La Bomba
San Rafael	Agustina
Francia	Santa Rita
Victoria	Santa Inés
Antonia	Pantoja, Teresa, Sara y Lucía
Palermo	El Carmen y Virginia
Sevilla	Sacramento, Concepción y Josefina
Teresita	Olga y Argelia
Mocho	Josefa

Las muestras se tomaron a 20 cm de profundidad y fueron analizadas inicialmente en sus características físico-químicas (pH, arcilla, humedad y materia orgánica), por los señores Raudales, Cuellar y Granados (55), utilizando los mismos métodos empleados por los señores Angulo, Cayón y Granados, antes citados. Los resultados obtenidos fueron confrontados en el presente trabajo contra los análisis de los oligoelementos cobre y cobalto, los cuales fueron determinados siguiendo el método de Ulrich antes mencionado.

3.2.3. Granja Experimental.

Las características físico-químicas de los suelos de la Granja se tomaron de los señores Bequis et al, Acosta et al, Flórez et al (9,1,29).

Las muestras tomadas fueron divididas en 5 series establecidas de acuerdo a la textura de la zona (Ver Fig 5).

En cada serie se realizó un muestreo del suelo a 20 cm y subsuelo a 60 cm. Las series tomadas en los suelos y subsuelos fueron mezcladas y homogenizadas. Las muestras se procesaron siguiendo la metodología descrita anteriormente.

3.3. Condiciones generales de trabajo.

Para cada uno de los elementos a investigar, se prepararon soluciones patrones así como las condiciones establecidas para el manejo del espectrofotometro de absorción atómica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos para los suelos de la Sierra Nevada se presentan en las tablas 1, 2, 3.

En las tablas 1 y 2 podemos observar que:

El primer horizonte es franco, ácido y normal en materia orgánica, presenta ausencia del elemento cobre. El cobalto tuvo un promedio de 0.296 ppm. El horizonte 2 es el más rico en el elemento cobalto, también el que ofrece el pH más elevado de este primer perfil, aunque pobre en materia orgánica.

En este segundo perfil muestra una textura arcillosa, moderadamente ácida y normal en materia orgánica. Al igual que el perfil anterior muestra ausencia de cobre con un contenido promedio de cobalto de 0.35 ppm.

En el tercer perfil se observa que el primer horizonte tiene una textura Franco-Arcillosa, mientras que los restantes horizontes son arcillosos. El horizonte 1, muestra los más altos contenidos de cobre (0.05 ppm) y de cobalto (0.75 ppm) así como normal en materia orgánica. El valor medio del cobre es de 0.0375 ppm y de 0.456

TABLA 1

Resultados obtenidos para los diferentes microelementos
en los suelos de la Sierra Nevada (ppm).

<u>PERFIL 1</u>			
MUESTRA	HORIZONTE	COBRE	COBALTO
1	0 - 10	-	0,27
2	10 - 110	-	0,35
3	110 - X	-	0,27
Valor Medio			0,296

<u>PERFIL 2</u>			
MUESTRA	HORIZONTE	COBRE	COBALTO
1	0 - 79	-	0,35
2	79 - X	-	0,35
Valor Medio			0,35

<u>PERFIL 3</u>			
MUESTRA	HORIZONTE	COBRE	COBALTO
1	0 - 50	0,05	0,75
2	50 - 94	0,025	0,35
3	94 - X	-	0,27
Valor Medio		0,0375	0,456

CONTINUACION TABLA 1

<u>PERFIL 4</u>			
MUESTRA	HORIZONTE	COBRE	COBALTO
1	0 - 45	-	0,07
2	45 - 90	-	0,07
3	90 - X	-	0,20
Valor Medio			0,113

<u>PERFIL 5</u>			
MUESTRA	HORIZONTE	COBRE	COBALTO
1	0 - 22	-	0,07
2	22 - 62	-	0,27
3	62 - X	-	0,05
Valor Medio			0,13

<u>PERFIL 6</u>			
MUESTRA	HORIZONTE	COBRE	COBALTO
1	0 - 35	-	0,05
2	35 - X	-	-
Valor Medio			0,05

TABLA 2

Características de los suelos de la Sierra Nevada.

Localidad	Perfil Horizonte	pH (H ₂ O) 1:1	Arcilla	% M.O.	Humedad	Textura	Cu	ppm. Co
C. de San Lorenzo	P ₁ H ₁	4.70	23.02	4.344	3.54	F	-	0.27
"	P ₁ H ₂	5.20	25.04	2.598	1.28	F Ar A	-	0.35
"	P ₁ H ₃	4.60	36.44	5.140	4.32	F Ar	-	0.27
Cerro El Campano	P ₂ H ₁	5.10	63.68	5.137	4.71	Ar	-	0.35
"	P ₂ H ₂	5.50	65.70	2.413	3.76	Ar	-	0.35
El Campano	P ₃ H ₁	5.10	37.06	5.627	8.78	F Ar	0.0013	0.75
" "	P ₃ H ₂	5.10	51.67	1.068	3.25	Ar	0.0004	0.35
" "	P ₃ H ₃	5.90	57.33	0.8	3.92	Ar	-	0.27
Loma La Cabaña	P ₄ H ₁	5.70	24.73	2.402	3.62	F	-	0.07
"	P ₄ H ₂	6.00	56.06	1.861	3.25	Ar	-	0.07

CONTINUACION TABLA 2

Localidad	Perfil Horizonte	pH (H ₂ O) 1:1	Arcilla	%M. O.	Humedad	Textura	Cu	ppm Co
Loma La Cabaña	P ₄ H ₃	6.80	15.46	0.786	1.31	F	-	0.20
Minca	P ₅ H ₁	5.80	17.67	0.344	0.75	F	-	0.07
"	P ₅ H ₂	6.60	40.58	1.051	2.09	Ar L	-	0.27
"	P ₅ H ₃	6.10	24.53	0.703	2.56	F L	-	0.05
Mamatoco	P ₆ H ₁	7.30	21.74	1.051	1.52	F Ar A	-	0.05
"	P ₆ H ₂	7.40	25.04	1.067	1.52	F	-	-

TABLA 3

Matrices de correlación y Ecuaciones de Regresión Simple entre las variables estudiadas para la Sierra Nevada.

CARACTERISTICAS	r	ECUACIONES
% M. Orgánica- Cobalto total	0.6290139 [*]	$Y = 0.101275 + 0.0628698 X$
% Arcilla - Cobalto total	0.3460543 ^{**}	$Y = 0.10877723 + 0.003769 X$
pH - Cobalto total	-0.5193354 [*]	$Y = 0.948021 - 0.12257668 X$

ppm para el cobalto, siendo este promedio el más alto para todos los perfiles. Es conveniente anotar que fue el único perfil que presentó contenido de cobre.

El perfil 4 muestra el horizonte 2 con una concentración de 0.07 ppm., coincidiendo con el más alto contenido de arcilla y una pobre contenido de materia orgánica. El pH es moderadamente ácido; hubo ausencia de cobre.

En el perfil 5 se observa que el horizonte 2 muestra la más alta concentración de cobalto, ofreciendo también el más alto porcentaje de arcilla aunque pobre en materia orgánica. Con un pH ligeramente ácido. Hubo ausencia de cobre.

El perfil 6 muestra ausencia de cobre así como el nivel más bajo de cobalto de los perfiles estudiados.

Estadísticamente hubo significación (0,6290139) en la relación cobalto-materia orgánica, aumentando esta a medida que el cobalto registraba aumento (Ver tabla 3.)

Se encontró correlación altamente significativa (0,3460543) del

elemento cobalto con la presencia de arcilla. Aumentando el cobalto con el incremento de arcilla (Ver Tabla 3).

En la relación cobalto - pH se encontró significación (-0, 519 3354) disminuyendo el cobalto a medida que aumentaba el pH (Ver Tabla 3). Los pisos altitudinales de la Sierra Nevada son en general deficientes en los elementos cobre y cobalto, con promedio muy inferior a los recopilados por Hodgson (39). Se coincide con las investigaciones realizadas por Woltz, TOth y Bear en donde el cobalto se reduce a medida que aumenta el pH (33).

Es notoria una disminución del elemento cobalto a medida que se desciende en altura, y en profundidad de las muestras.

La formación geológica de la Sierra Nevada, compuesta de rocas granitoide (42), en las cuales la participación del cobre es escasa. Esta ausencia casi total redundando en la no asequibilidad de otros elementos como el zinc, lo cual perjudica el normal crecimiento del cultivo.

Suelos como estos, deficientes en cobalto (menos de 5 ppm), se consideran que suministran cantidades inadecuadas de cobalto al

ganado a través de los pastos.

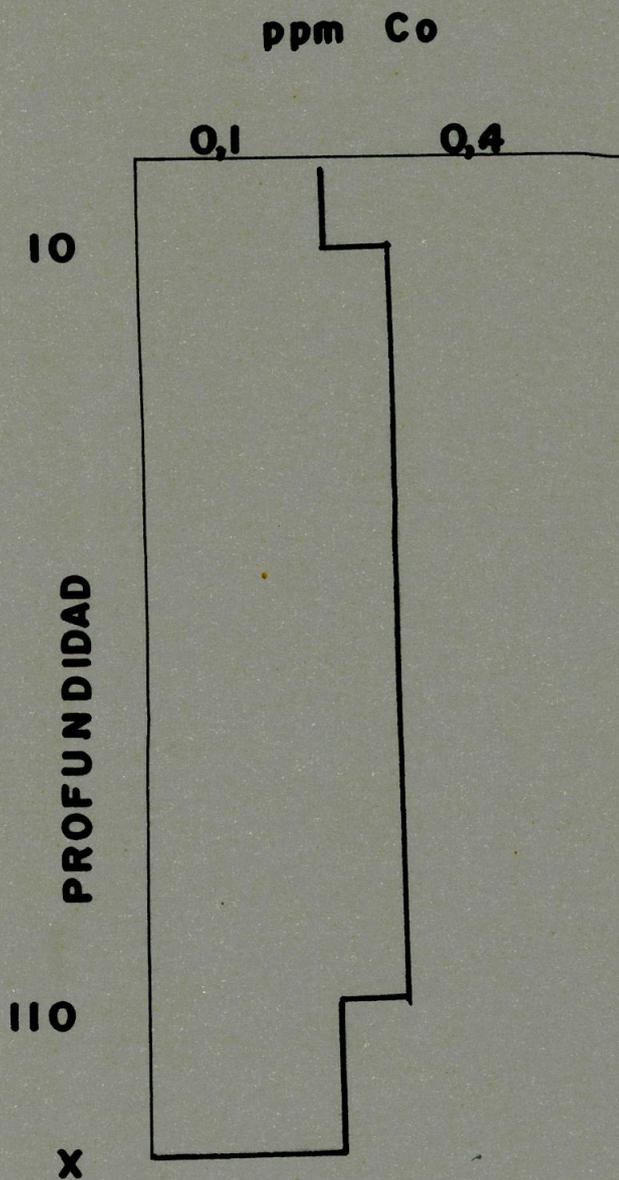
En las figuras de 6 a 11 podemos observar la distribución del elemento cobalto, en relación con la profundidad. (Ver Figs. 6 - 11).

También presentamos a continuación la representación de las ecuaciones de regresión simple para las correlaciones significativa. (Ver Figs. 12-14).

Los resultados encontrados para los suelos de la Zona Bananera se presentan en las tablas 4, 5 y 6.

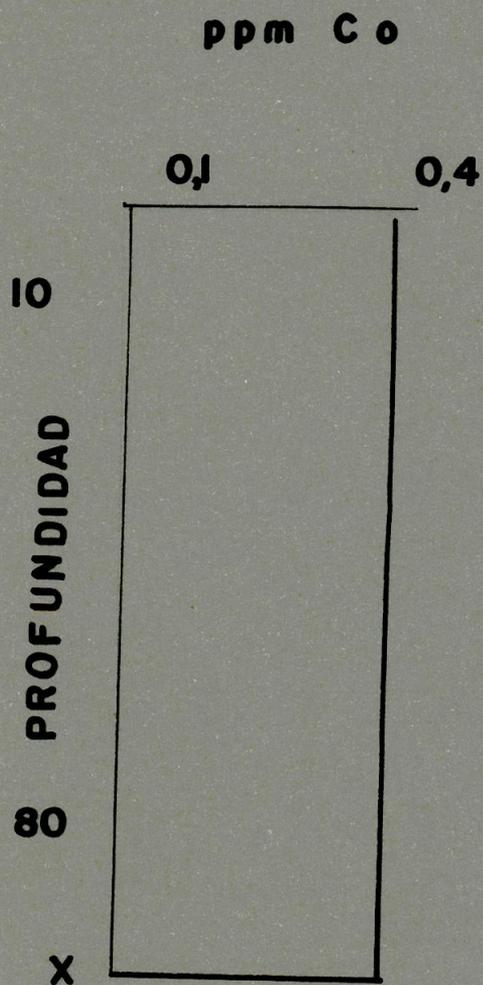
Los resultados indican que el cobre promedio para estos suelos es de 0,3159 ppm, con un máximo de 0,97 ppm y un mínimo de 0,035 ppm. Las concentraciones antes anotadas son muy bajas en comparación con las encontradas por Chamorro et al (23), para los suelos volcánicos de la Sabana de Tuquerres (Nariño) y los encontrados por Rubinstein (58), en Andosoles de Costa Rica.

Se confirma la experiencia realizada por Bradford et al (15), donde afirma que los suelos de aluviones y rocas graníticas



DISTRIBUCION DEL ELEMENTO COBALTO EN RELACION
CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PERFIL I
2.500 nm

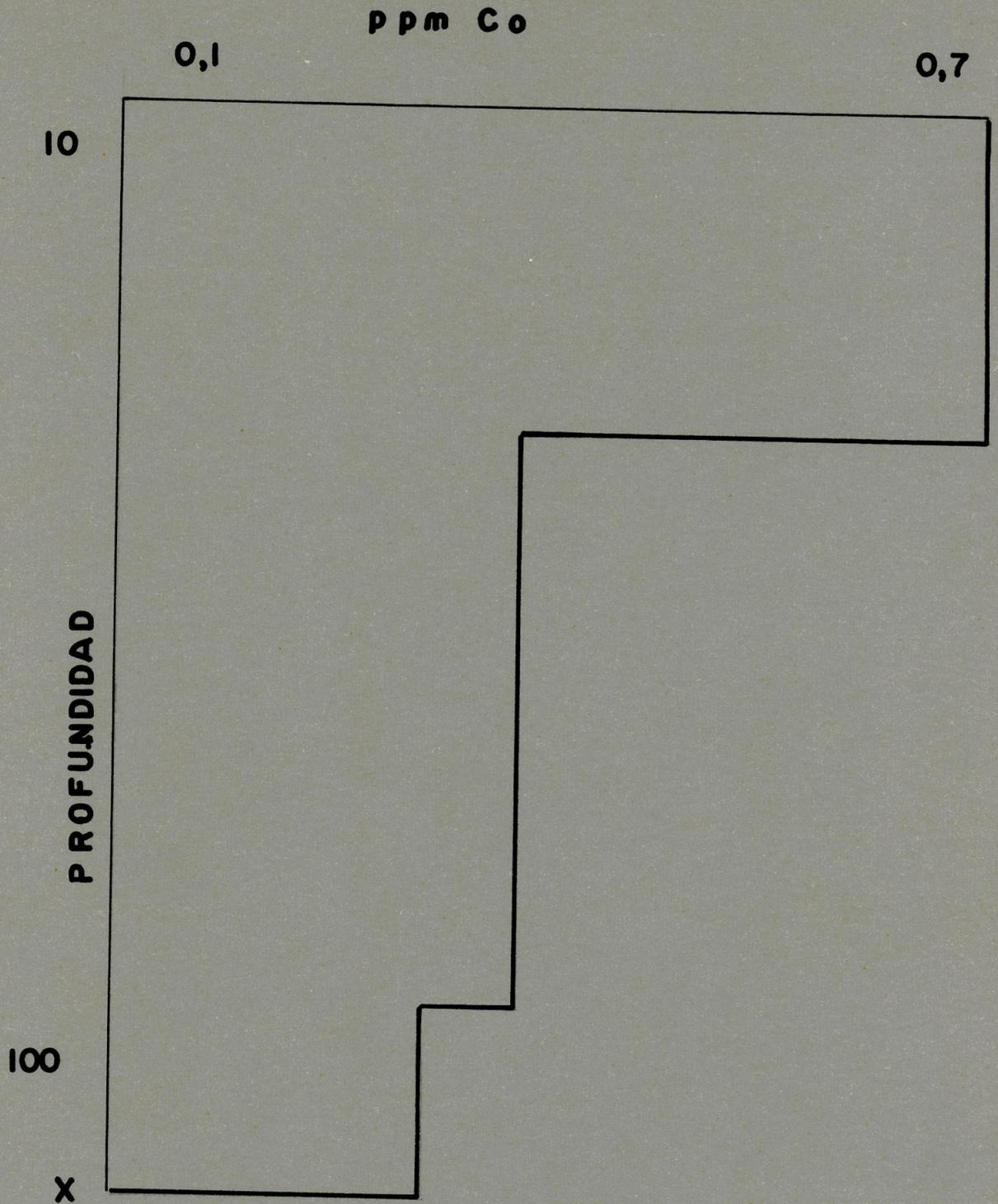
FIG
6



DISTRIBUCION DEL ELEMENTO COBALTO EN RELACION
CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PERFIL 2

2.000 m nm

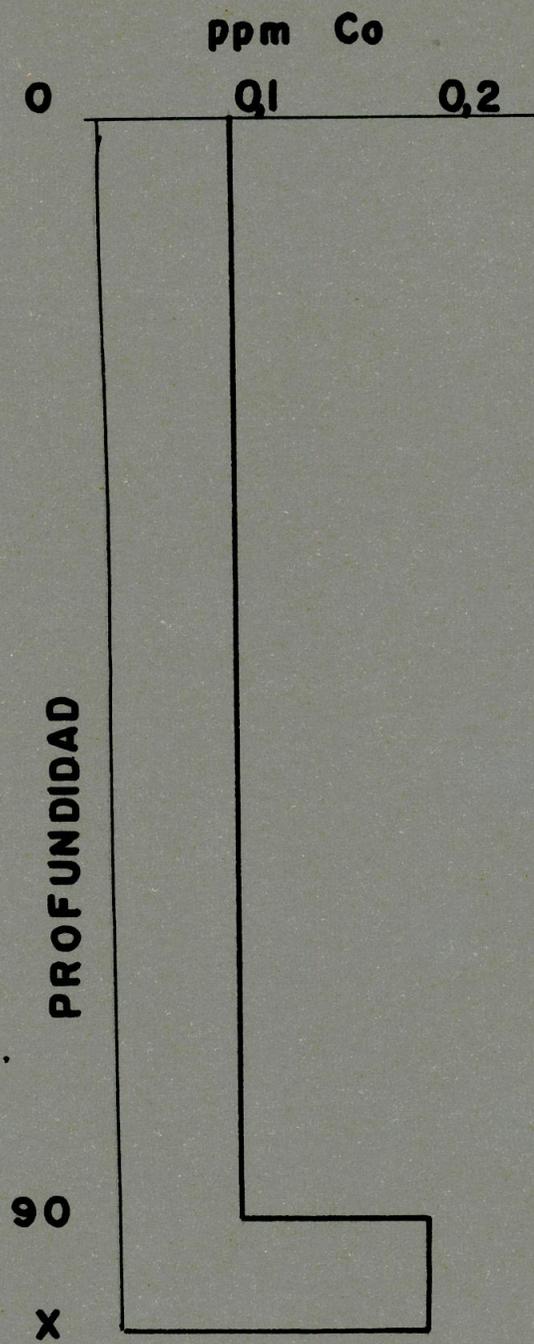
FIG
7



DISTRIBUCION DEL ELEMENTO COBALTO EN RELACION
CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PERFIL 3

1.500m nm

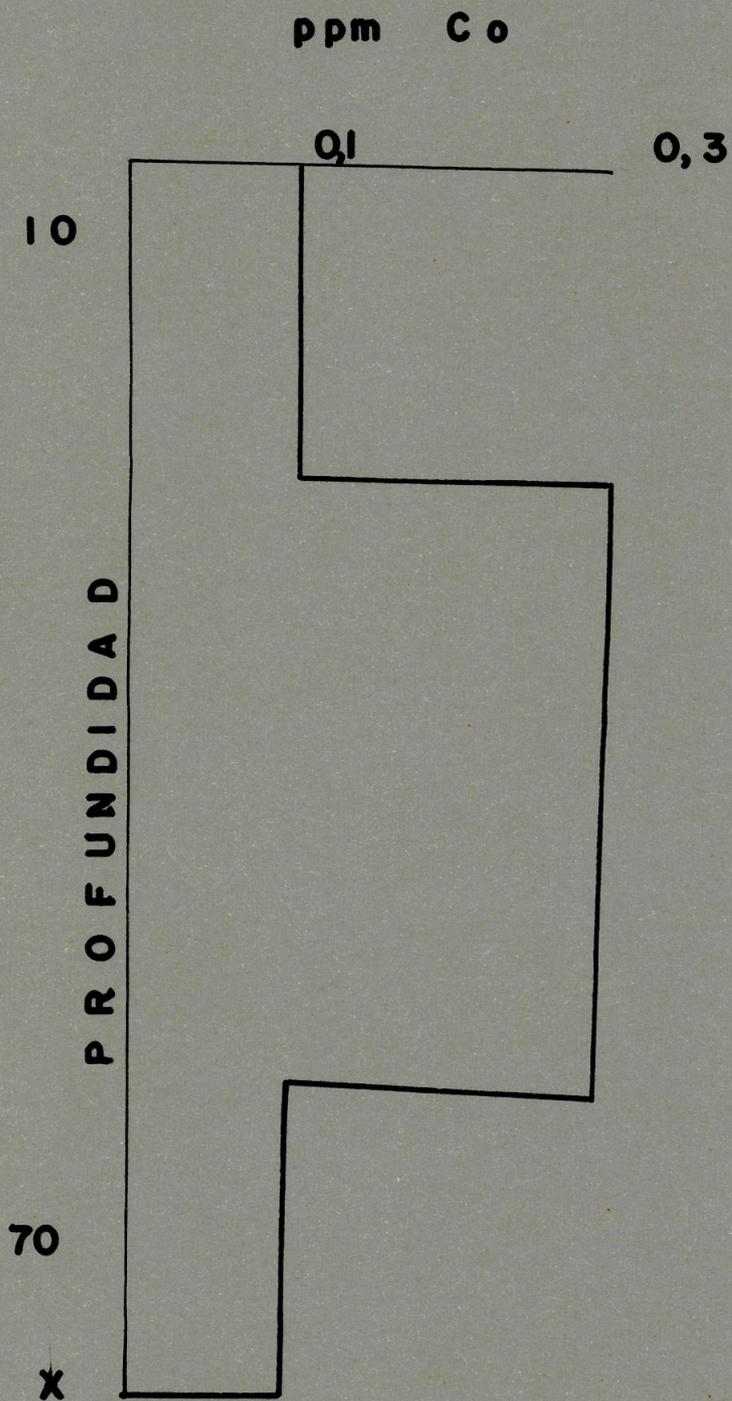
FIG
8



DISTRIBUCION DEL ELEMENTO COBALTO EN RELACION CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PERFIL 4

1000 msnm

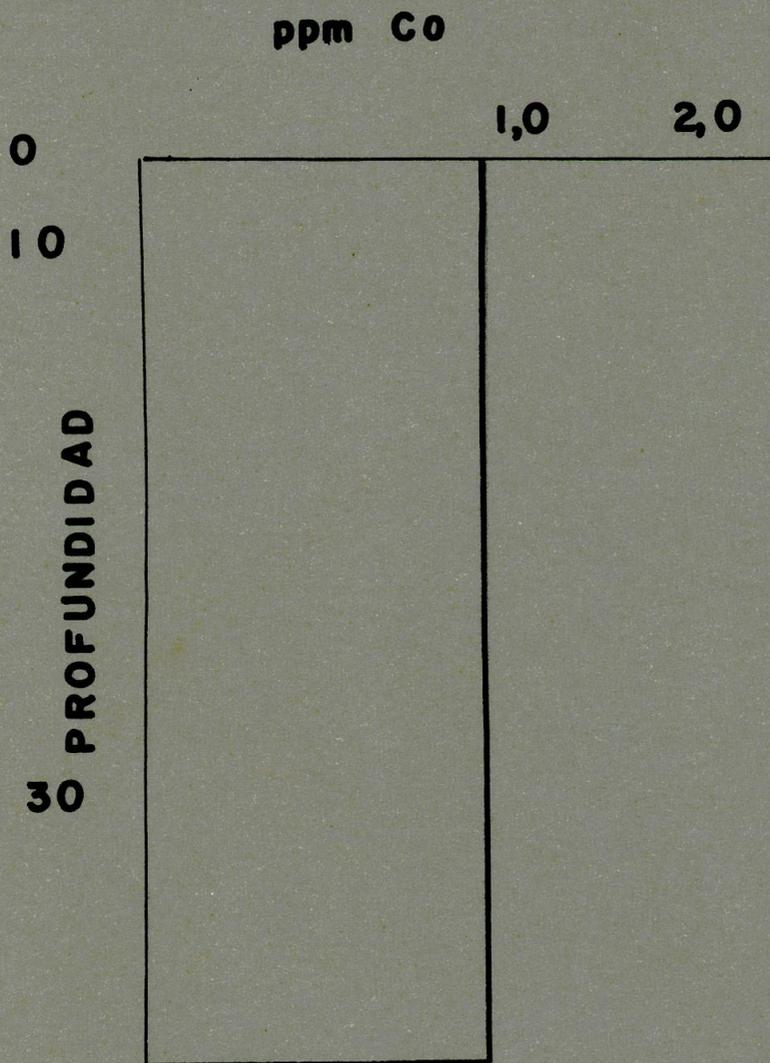
FIG
9



DISTRIBUCION DEL ELEMENTO COBALTO EN RELACION
CON LA PROFUNDIDAD PARA EL PERFIL 5

500 ms.nm

FIG
10



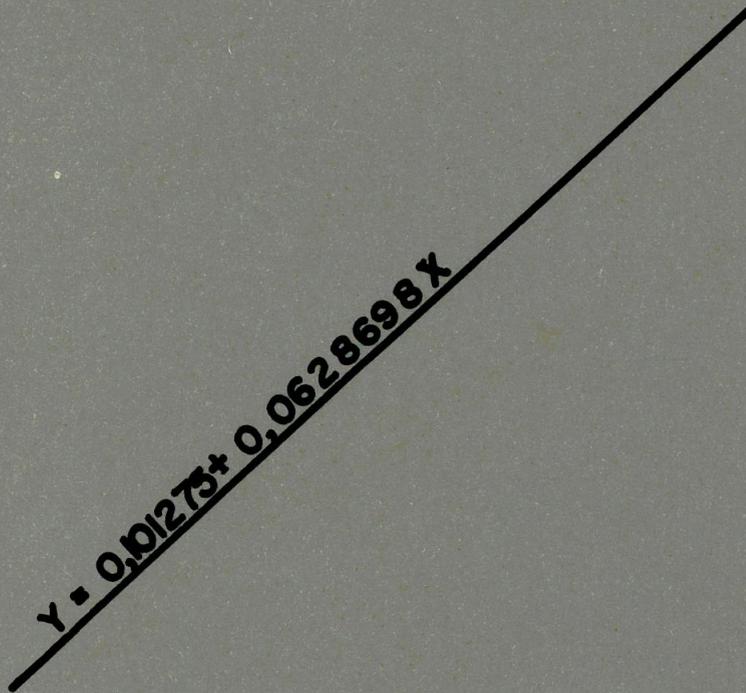
DISTRIBUCION DEL ELEMENTO COBALTO EN RELACION
CO LA PROFUNDIDAD PARA EL PERFIL 6

18 m. n.m

FIG

11

0,8



0

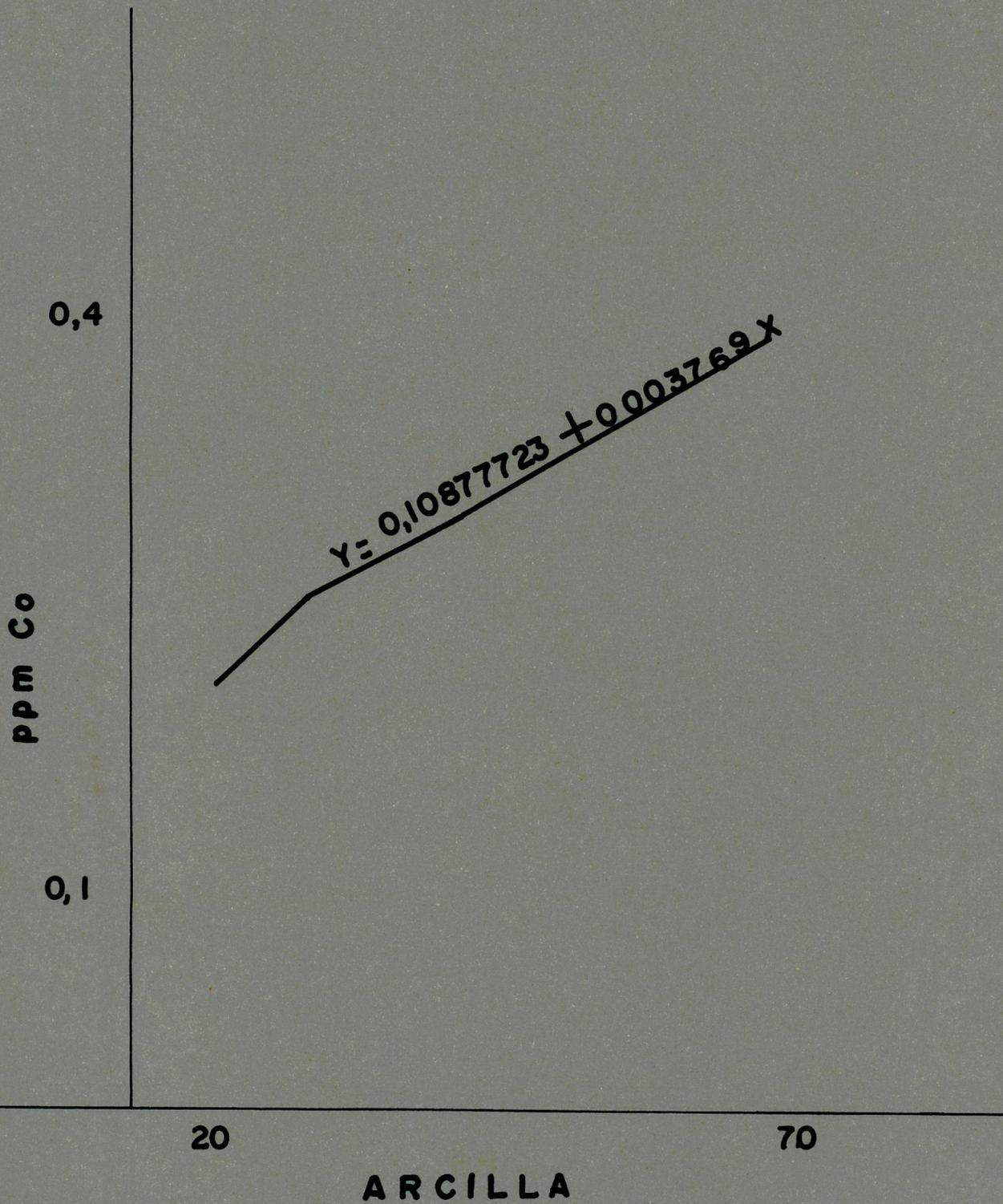
60

MATERIA ORGANICA

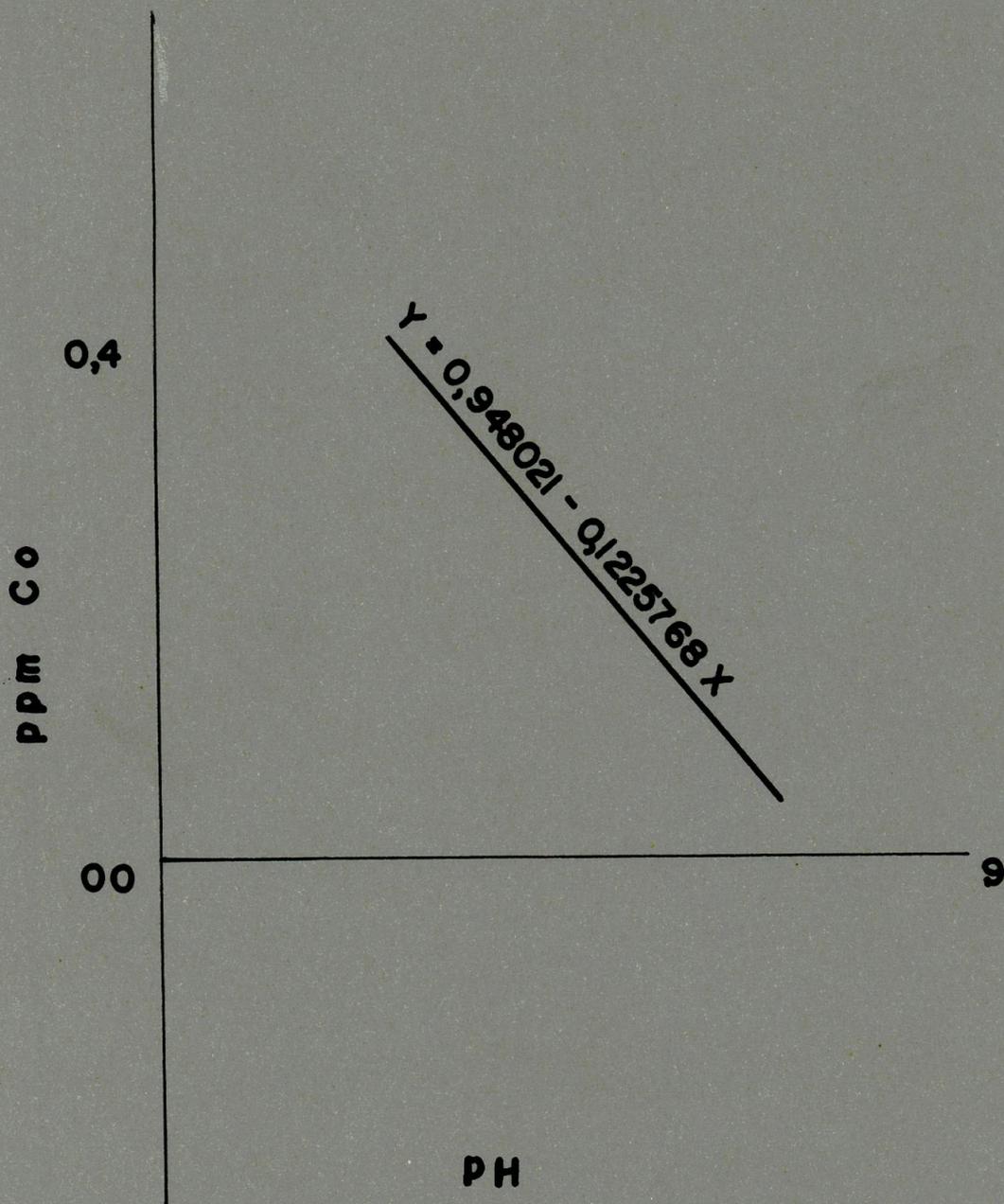
REPRESENTACION DE LA ECUACION DE REGRESION SIMPLE
PARA EL ELEMENTO COBALTO - MATERIA ORGANICA
(SIERRA NEVADA)

FIG

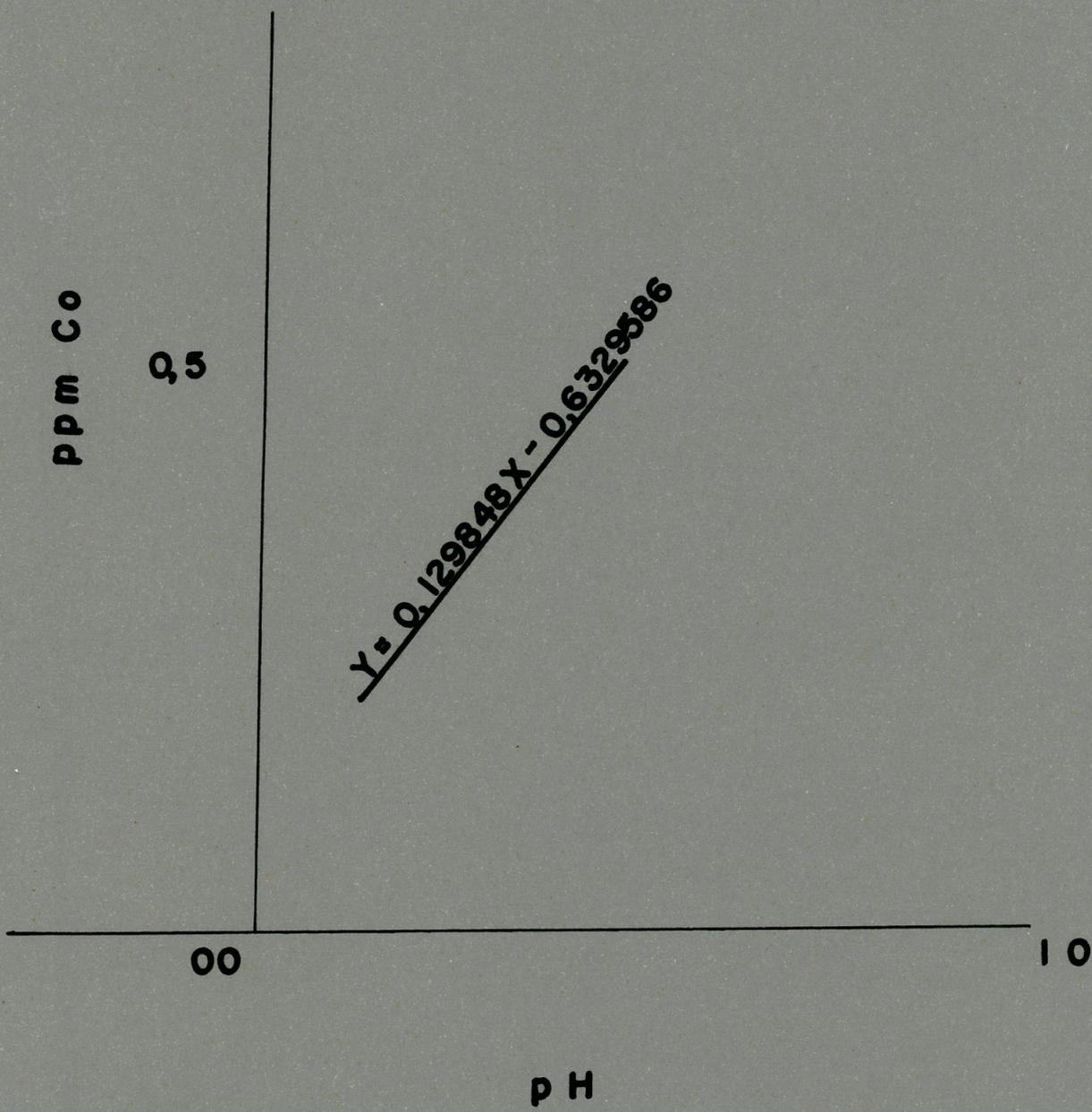
12



REPRESENTACION DE LA ECUACION DE REGRESION SIMPLE
PARA EL ELEMENTO COBALTO-ARCILLA
(SIERRA NEVADA)



REPRESENTACION DE LA ECUACION DE REGRESION SIMPLE
PARA EL ELEMENTO COBALTO pH
(SIERRA NEVADA)



PRESENTACION DE LA ECUACION DE REGRESION
SIMPLE PARA EL ELEMENTO COBALTO- pH
(ZONA BANANERA)

TABLA 4

Resultados obtenidos para los diferentes oligoelementos
en los suelos de la Zona Bananera (ppm).

Serie	LOCALIDAD Finca	COBRE TOTAL ppm	COBALTO TOTAL ppm
Los Mangos	Alicia	0.70	0.03
"	"	0.30	-
"	"	0.325	0.26
"	"	0.95	0.285
"	"	0.25	0.35
"	"	-	-
"	La Isla	0.10	0.07
"	"	0.15	0.27
"	"	0.25	0.27
"	"	0.35	0.07
Julia	Sta. Mta.	0.60	0.05
"	"	0.15	0.07
"	"	0.15	0.47
"	"	0.20	0.27
"	"	-	0.27
"	"	0.125	0.20

CONTINUACION TABLA 4

LOCALIDAD		COBRE TOTAL	COBALTO TOTAL
Serie	Finca	ppm	ppm
Julia	Dilia Esther	0.37	0.07
"	"	0.35	0.20
"	"	0.05	0.07
	Catalina	0.25	0.07
"	"	0.20	0.07
Bonilla	Latal	0.40	0.27
"	"	0.275	0.07
"	"	0.60	0.20
"	"	0.125	0.27
"	"	0.25	0.35
"	Sacramento	0.275	0.47
Ninfa	La Bomba	0.10	0.35
"	"	0.29	0.51
"	"	0.10	0.20
"	"	-	0.07
San Rafael	Agustina	0.25	0.20
"	"	0.05	0.51
"	"	-	0.75

CONTINUACION TABLA 4

LOCALIDAD		COBRE TOTAL	COBALTO TOTAL
Serie	Finca	ppm	ppm
San Rafael	Agustina	0.035	0.20
"	"	0.29	1.10
"	"	0.10	0.07
"	"	0.275	0.35
"	"	-	0.20
"	"	0.275	0.27
"	"	0.10	0.27
"	"	0.29	0.35
"	"	0.29	0.47
"	"	-	0.27
"	"	0.29	0.20
Francia	Santa Rita	0.10	0.20
"	"	0.15	0.27
"	"	0.25	0.27
"	"	0.10	0.20
"	"	0.25	0.27
"	"	-	0.20

CONTINUACION TABLA 4

Serie	LOCALIDAD	COBRE TOTAL	COBALTO TOTAL
	Finca	ppm	ppm
Francia	Santa Rita	0.10	0.20
"	"	0.035	-
"	"	0.28	0.27
Victoria	Santa Inés	0.08	0.07
"	"	-	0.20
"	"	-	0.20
"	"	0.35	0.05
"	"	0.29	-
"	"	0.55	0.35
"	"	0.525	0.20
Antonia	Pantoja	0.28	0.35
"	"	0.25	0.47
"	"	0.20	0.35
"	"	-	0.51
"	"	0.38	0.35
"	"	0.25	0.35
"	Teresa	0.10	0.73
"	"	0.70	0.51

CONTINUACION TABLA 4

Serie	LOCALIDAD Finca	COBRE TOTAL PPM	COBALTO TOTAL PPM
Antonia	Teresa	0.675	0.20
"	"	0.15	-
"	"	0.625	0.27
"	"	0.15	-
"	Sara	0.74	0.47
"	"	0.28	0.07
"	Lucia	0.54	0.20
Palermo	El Carmen	0.10	0.27
"	"	0.29	0.20
"	"	0.95	0.27
"	"	0.08	0.35
"	"	0.56	0.07
"	"	0.29	0.07
"	Virginia	0.525	0.07
"	"	0.65	0.20
Sevilla	Sacramento	0.35	0.20
"	"	0.125	0.27
"	"	0.35	0.47

CONTINUACION TABLA 4

LOCALIDAD		COBRE TOTAL	COBALTO TOTAL
Serie	Finca	ppm	ppm
Sevilla	Concepción	0.28	0.27
"	"	-	-
"	Josefina	-	0.07
Teresita	Olga	0.25	0.27
"	"	0.20	0.07
"	"	0.38	0.20
"	Argelia	0.675	0.35
"	"	-	0.27
"	"	-	-
"	"	0.97	0.27
"	"	0.275	0.51
"	"	-	0.51
"	"	0.42	0.27
Mocho	Josefa	0.37	0.27
"	"	0.08	0.27
"	"	0.25	0.47
Máximo		0.97	1.10
Promedio		0.3159	0.267421
Mínimo		0.035	0.03

T A B L A 5

Características de los suelos de la
Zona Bananera

Serie	pH (H ₂ O) 1:1	Arcilla	% M.O.	Humedad	Textura	ppm Cu	ppm Co
Los Mangos	6.00	36.92	3.23	3.17	F Ar	0.70	0.03
"	6.25	40.42	2.21	3.77	F Ar	0.30	-
"	6.60	24.42	4.32	2.02	F Ar	0.325	0.26
"	7.00	32.92	2.65	3.53	F	0.95	0.285
"	6.80	42.92	2.71	3.77	F Ar L	0.25	0.35
"	6.95	34.42	1.95	2.06	F Ar	-	-
"	6.95	16.17	2.72	1.93	F	0.10	0.07
"	6.45	23.67	3.49	2.33	F	0.15	0.27
"	6.55	20.43	2.83	2.50	F L	0.25	0.27
"	7.20	43.50	2.85	2.62	F Ar L	0.35	0.07
Julia	7.75	34.67	2.01	1.92	F Ar L	0.60	0.05

CONTINUACION TABLA 5

Serie	pH(H ₂ O) 1:1	Arcilla	% M.O.	Humedad	Textura	ppm Cu	ppm Co
Julia	6.65	25.04	2.88	2.71	F Ar L	0.15	0.07
"	7.35	27.17	2.52	2.62	F Ar L	0.15	0.47
"	6.65	26.42	2.88	3.47	F Ar L	0.20	0.27
"	6.45	28.92	1.59	2.13	F Ar	-	0.27
"	7.10	28.92	1.94	3.54	F Ar L	0.125	0.20
"	7.70	41.25	2.06	4.07	F L	0.37	0.07
"	7.30	39.67	2.81	5.14	F L	0.35	0.20
"	7.50	32.17	1.87	4.04	F L	0.05	0.07
"	8.00	40.04	3.77	4.89	F L	0.25	0.07
"	6.60	25.04	2.49	3.83	F Ar L	0.20	0.07
Bonilla	6.65	22.54	1.21	3.21	F	0.40	0.27
"	6.80	17.54	1.22	2.50	F L	0.275	0.07

CONTINUACION TABLA 5

Serie	pH (H ₂ O) 1:1	Arcilla	% M. O.	Humedad	Textura	ppm Cu	ppm Co
Bonilla	6.30	30.42	1.06	3.56	F L	0.60	0.20
"	6.60	22.92	1.36	2.50	F L	0.125	0.27
"	6.30	19.67	0.53	2.41	F	0.25	0.35
"	6.55	22.54	1.07	2.04	F L	0.275	0.47
Ninfa	6.50	20.79	2.07	1.58	F	0.10	0.35
"	6.65	22.92	1.60	1.58	F	0.29	0.51
"	7.50	20.45	1.60	2.50	F	0.10	0.20
"	7.10	27.17	1.91	3.44	F	-	0.07
San Rafael	6.95	20.42	2.55	2.85	F L	0.25	0.20
"	7.40	29.67	2.42	3.23	F L	0.05	0.51
"	6.60	17.17	1.02	2.04	F	-	0.75
"	6.85	37.54	2.99	5.38	F Ar L	0.035	0.20

CONTINUACION TABLA 5

Serie	pH (H ₂ O)	Arcilla	% M. O.	Humedad	Textura	ppm Cu	ppm Co
San Rafael	6.95	22.92	1.88	3.21	Ar L	0.29	1.10
"	6.95	47.92	2.14	3.92	F	0.10	0.07
"	6.95	20.04	2.57	0.67	F Ar L	0.275	0.35
"	6.90	57.92	4.13	3.44	Ar L	-	0.20
"	6.85	25.42	2.96	2.04	F Ar	0.275	0.27
"	7.10	37.17	1.72	3.21	F	0.10	0.27
"	7.00	39.67	2.24	3.44	F Ar L	0.29	0.35
"	7.15	27.17	0.87	2.27	F Ar L	0.29	0.47
"	6.50	47.17	3.82	2.97	F	-	0.27
"	6.90	39.67	3.80	3.68	Ar L	0.29	0.20
Francia	8.10	27.54	2.05	2.27	F Ar L	0.10	0.20
"	6.50	27.54	2.57	5.43	F	0.15	0.27
"	6.50	30.04	1.60	2.73	F Ar L	0.25	0.27

CONTINUACION TABLA 5

Serie	pH (H ₂ O)	Arcilla	% M.O	Humedad	Textura	ppm Cu	ppm Co
Francia	7.50	27.17	2.16	2.27	F L	0.10	0.20
"	6.60	32.92	2.40	2.27	F Ar	0.25	0.27
"	6.60	32.17	2.38	4.69	F	-	0.20
"	7.35	20.04	2.88	2.50	F L	0.10	0.20
"	6.50	34.67	2.35	2.27	F L	0.035	-
"	6.15	25.04	2.22	2.50	F L	0.28	0.27
Victoria	6.90	17.17	1.60	2.04	F	0.08	0.07
"	6.90	19.29	2.05	4.16	F	-	0.20
"	6.70	17.17	2.48	3.34	F A	-	0.20
"	6.40	14.29	1.59	2.04	F	0.35	0.05
"	6.80	17.54	2.20	5.43	F A	0.29	-
"	6.75	14.67	2.42	4.77	F A	0.55	0.35

CONTINUACION TABLA 5

Serie	pH(H ₂ O) l:l	Arcilla	% M.O.	Humedad	Textura	ppm Cu	ppm Co
Victoria	6.75	12.92	1.58	2.27	F	0.525	0.20
Antonia	6.45	22.52	2.64	2.50	F	0.28	0.35
"	8.45	20.04	2.47	5.38	F L	0.25	0.47
"	8.45	22.17	2.52	2.73	F L	0.20	0.35
"	8.10	34.67	3.03	4.16	F Ar L	-	0.51
"	6.35	32.54	2.56	3.92	F Ar L	0.38	0.35
"	8.45	19.67	1.97	1.80	F L	0.25	0.35
"	8.30	22.17	4.01	4.96	F L	0.10	0.73
"	6.40	17.17	1.84	1.80	F Ar L	0.70	0.51
"	7.40	32.54	2.18	5.63	F	0.675	0.20
"	6.55	32.92	2.64	5.21	F Ar	0.15	-
"	6.65	20.04	2.53	2.04	F	0.625	0.27

CONTINUACION TABLA 5

Serie	pH (H ₂ O) 1:1	Arcilla	% M.O.	Humedad	Textura	ppm Cu	ppm Co
Antonia	6.10	15.42	2.18	7.14	F L	0.15	-
"	8.40	29.67	3.73	4.16	F L	0.74	0.47
"	6.05	24.67	2.52	11.11	F	0.28	0.07
"	6.90	17.17	2.72	2.27	F Ar L	0.54	0.20
Palermo	6.95	32.17	4.93	4.87	F L	0.10	0.27
"	6.35	25.04	2.49	5.43	F Ar L	0.29	0.20
"	6.55	24.67	2.04	5.01	F Ar L	0.95	0.27
"	6.75	20.42	2.33	2.97	F L	0.08	0.35
"	6.50	22.54	2.61	3.68	F L	0.56	0.07
"	6.50	32.92	2.70	3.92	F L	0.29	0.07
"	6.20	30.04	2.12	4.79	F L	0.525	0.07

CONTINUACION TABLA 5

Serie	pH (H ₂ O) 1:1	Arcilla	% M. O.	Humedad	Textura	ppm Cu	ppm Co
Palermo	6.35	24.67	2.36	2.71	F L	0.65	0.20
Sevilla	6.90	17.92	2.09	1.58	F L	0.35	0.20
"	6.95	21.17	2.38	2.97	F L	0.125	0.27
"	6.70	15.79	1.61	2.50	F L	0.35	0.47
"	6.90	12.92	1.82	3.44	F L	0.28	0.27
"	-	-	-	-	-	-	-
"	6.60	17.17	1.34	2.04	F	-	0.07
"	6.90	24.29	2.17	2.50	F	0.25	0.27
Teresita	6.75	19.67	3.02	2.97	F Ar L	0.20	0.07
"	6.55	17.54	0.78	1.80	F Ar L	0.38	0.20
"	6.90	35.04	2.56	4.40	F	0.675	0.35
"	8.50	23.92	1.74	5.65	F	-	0.27

CONTINUACION TABLA 5

Serie	pH(H ₂ O) 1:1	Arcilla	% M. O.	Humedad	Textura	ppm Cu	ppm Cu
Teresita	-	-	-	-	-	-	-
"	7.00	23.92	3.19	5.18	F Ar L	0.97	0.27
"	7.25	32.17	2.35	3.68	F A	0.275	0.51
"	6.90	14.67	2.55	2.04	F	-	0.51
"	6.60	24.67	1.63	4.69	F	0.42	0.27
Mocho	7.20	18.92	0.98	1.58	F	0.37	0.27
"	6.70	16.42	2.32	2.50	F Ar	0.08	0.27
"	6.85	33.92	2.39	3.92	F	0.25	0.47

T A B L A 6

Matrices de correlación y ecuaciones de regresión simple
entre las variables estudiadas para la Zona Bananera.

Características	r	Ecuaciones
% M.Orgánica - Cobre total	- 0.0105764	Y = 0.31639 - 0.0027427 X
% Arcilla - " "	0.0081767	Y = 0.3042973 + 0.0002176 X
pH - " "	0.1111217	Y = 0.6098512 - 0.0426072 X
% M.Orgánica - " "	- 0.0082875	Y = 0.2716817 - 0.0018275 X
% Arcilla - " "	- 0.1036598	Y = 0.3228207 - 0.0021027 X
pH - " "	0.4195515 **	Y = 0.129848 X - 0.6329586

son usualmente escasos en cobre.

Estadísticamente no hubo correlación entre la presencia de materia orgánica, arcillas, y pH con el elemento cobre.

Sin embargo se nota una ligera tendencia a aumentar el cobre con el aumento del porcentaje de arcillas, así como la disminución del elemento con el aumento del pH. La presencia del cobre en esta zona se debería a que las plantas cultivadas han sido esparjadas continuamente con fungicidas a base de cobre.

Los contenidos de cobalto, para los suelos estudiados, tuvieron un promedio de 0.26742 ppm, con un máximo de 1.10 ppm. y un mínimo de 0.03 ppm.

Las concentraciones anteriores son muy inferiores a los resultados recopilados por Mitchell (51), para el contenido normal del elemento cobalto en el suelo. Los resultados son similares a los reportados por Bergh citado por Swaine (61), en análisis químicos utilizando solución concentrada de ácido nítrico y HClO_4 del 60% .

En los análisis estadísticos tampoco se encontró relación entre el contenido de materia orgánica y arcillas con el cobalto total.

Hubo correlación altamente significativa (0,4195515) entre el pH y el contenido de cobalto, aumentando el elemento con el incremento del pH. A continuación presentamos la representación de la ecuación de regresión simple, para la correlación significativa (Ver Fig. 15).

Los resultados determinados para los suelos de la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena, se presenta en la tabla 7 y 8.

Podemos observar en los resultados la total ausencia del elemento cobre. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por Bradford, Arkley, Pratt, y Bair (15), en estudios de los suelos de California, donde dicen que hay que tener en cuenta el origen inicial de los suelos.

Los suelos formados de aluviones y rocas graníticas usualmente son escasos en cobre de donde se desprende que este elemen-

T A B L A 7

Resultados obtenidos para ~~los~~ ^{el} diferentes microelementos
 en los suelos de la Granja de la Universidad Tecnológica
 del Magdalena (ppm).

Serie	Cobre Total	Cobalto total
1	—	0.07
2	—	0.07
3	—	—
4	—	—
5	—	0.03
Valor Medio		0.0566

T A B L A 8

Características de los suelos de la Granja Experimental

Serie	pH (H ₂ O) 1:1	Arcilla	% M.O.	Humedad	Textura	ppm Cu	ppm Co
S ₁	3.4	27.6	2.1	2.01	F A ,	-	0.07
S ₂	7.6	31.6	2.2	2.55	F Ar A	-	0.07
S ₃	7.6	28.0	2.6	3.04	F	-	-
S ₄	7.1	42.0	2.5	3.00	F Ar	-	-
S ₅	8.9	23.0	1.2	1.80	F Ar	-	0.03

to no haya sido detectado en los suelos de la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

El contenido más alto para el cobalto fue de 0.07 con un mínimo de 0.03 y un promedio de 0.0566 ppm.

Resultados muy semejantes a los obtenidos por Swaine (61) mediante análisis espectroquímico extraído con NH_4Ac , IN y pH de 8.5 para los suelos del noreste de Scotland.

Se puede observar en la Tabla 8, que el cobalto es muy escaso en la Granja Experimental, por lo tanto es de esperarse que esta ausencia perjudique a las plantas y animales.

V. CONCLUSIONES

Sierra Nevada.

1. Los horizontes más ricos en arcilla contienen también mayor proporción de cobalto.
2. En algunos perfiles se observa que las zonas más ricas en materia orgánica contienen mayor cantidad de cobalto.
3. El cobalto disminuye a medida que aumentaba el pH.
4. En varios perfiles se observa una disminución en la concentración de cobalto a medida que se desciende en altura y profundidad.
5. Estos suelos se consideran deficientes en cobalto, por lo que se presume proveen de una cantidad inadecuada de este elemento al ganado.
6. Las cuarcitas (areniscas metamorfoscadas) son pobres en elementos menores fácilmente aprovechables debido a que la arenisca original contiene muy poco de estos elementos y porque el cuarzo es tan resistente a la intemperización que cualquier elemento menor que se hubiese incorporado a la roca durante el metamorfismo, es liberado muy lentamente.
7. También presentan estos suelos una casi total ausencia de cobre, indicando un déficit de este nutrimento en los suelos.

Zona Bananera.

1. Las concentraciones de cobre y cobalto son muy bajas, por lo que se presume repercute en el nutrimento de las plantas, y en el suministro de niveles adecuados de estos elementos al ganado.
2. Los suelos formados de aluviones y rocas graníticas usualmente son escasos en ~~cobre y~~ cobalto.
3. En las series se observó aumento del contenido de cobalto con el incremento del pH.
4. Zonas que han sido cultivadas con plantas asperjadas continuamente con fungicidas a base de cobre muestra presencia de este elemento.

Granja Experimental.

1. La total ausencia del cobre en los suelos de la Granja, incide directamente sobre las plantas y posiblemente a las ganaderías próximas.
2. En los suelos se presentaron trazas en su concentración de cobalto, por lo tanto podría esperarse deficiencias en los requerimientos del ganado.

VI. RESUMEN

La Sierra Nevada de Santa Marta localizada entre los $11^{\circ} 15' 18''$ y los $11^{\circ} 01' 42''$ de latitud norte y entre $1^{\circ} 08' 42''$ y $0^{\circ} 09' 50''$ longitud oeste de Bogotá. Presenta altitudes entre 2.500 m. s. n. m. y los 18 m. s. n. m., con temperatura y precipitación que oscila entre 12 a 24°C . y desde 500 a 4.000 mm/año respectivamente.

La Zona Bananera se encuentra entre 2 y 80 m. s. n. m. Cartográficamente está aproximadamente desde los $10^{\circ}30'$ hasta 11° de latitud norte y sobre los $74^{\circ}30'$ de longitud al oeste de Greenwich. Tiene la Zona $27,8^{\circ}\text{C}$. de temperatura media anual y 1.535,3 mm/año de precipitación.

La Granja Experimental situada entre $11^{\circ}15' 18''$ y $11^{\circ}11'$ de latitud norte y $74^{\circ} 13' 45''$ y los $74^{\circ}07'$ de longitud oeste, a 16 m. s. n. m. con una temperatura media anual de $28,6^{\circ}\text{C}$ y 721 mm/año de precipitación.

En el presente trabajo se determinaron los contenidos totales de cobre y cobalto. Igualmente se relacionaron los conte-

nidos con la materia orgánica, arcilla y pH.

Las muestras se determinaron siguiendo la metodología de la digestión completa (foliar y/o suelo) para la determinación de microelementos por Ulrich, citado por De Santana (26).

Los resultados indican que para la Sierra Nevada el cobalto total promedio fue aproximadamente de 0,24933 ppm y ausencia casi total de cobre.

Hubo significación (0,6290139) en la relación cobalto materia orgánica. Igualmente para el cobalto-arcilla (0,5193354). Se encontró alta significación (0,3460543) entre el cobalto y la arcilla.

Para la Zona Bananera los promedios aproximados de cobalto y cobre totales fueron de 0,267421 y 0,31591 ppm respectivamente.

Estadísticamente hubo relación altamente significativa (0,4195515) entre el pH y el contenido de cobalto.

En la Granja Experimental mostró total ausencia de cobre y un promedio de cobalto aproximado de 0,0566 ppm.

En general los suelos estudiados se consideran deficientes en cobre y cobalto incidiendo notoriamente en el rendimiento de las plantas y el ganado respectivamente.

S U M M A R Y

The present research work includes soil Nutrient Studies, Located in the "Sierra Nevada de Santa Marta", "Zona Bananera" and "Granja Experimental de la Universidad Tecnológica del Magdalena". These are sites Located Within the Limits of the Departamento del Magdalena, Colombia.

The "Sierra Nevada de Santa Marta" is located between $11^{\circ} 15' 18''$ and $11^{\circ} 01' 05''$ Northern Latitud and between $1^{\circ} 08' 42''$ and $0^{\circ} 09' 50''$ Bogotá's Western Longitude.

The altitude covered by this study fluctuates between 2.500 meters over the sea level (m.o.s.l.) and 19 (m.o.s.l.); Having a temperature Which fluctuates between 12 and 24° centigrades and an annual precipitation between, 500 and 4.000 millimetres respectively.

The "Zona Bananera" is found between 2.80 (m.o.s.l.), and Cartographically from approximately the $10^{\circ} 30'$ to 11° Northern Latitude and on $74^{\circ} 30'$ Greenwich Western Longitude. The average annual temperature of the zone is 27.8° C, and 1535,3 millimeters of annual precipitation.

The "Granje Experimental de la Universidad", is located between $11^{\circ}15' 18''$ and $11^{\circ}11'$ Northern Latitude; and between $74^{\circ}13' 45''$ and $74^{\circ}07'$ Western Longitude. The altitude over the sea level is of 16 meters. The average annual temperature is 28.6°C and the annual precipitation is 721 millimeters.

The present research work includes total copper and cobalt content on soil samples. Of the studied area. Likewise, these contents were correlated with organic matter, clay and pH.

The soil samples were determined following the method of complete digestion (Soil or foliage), and for microelements through Ulrich, mentioned by "De Santana" (26).

The results indicate that for the "Sierra Nevada", the approximated average cobalt content was 0.24933 ppm and an almost total lack of copper. The correlation between organic matter and cobalt it was found a significant figure of 0.6290139, Like wise for such correlation found a highly significant figure of correlation (- 0.3460543) Between the cobalt and the clay in the "Zona Bananera". The approximated averages of cobalt and the

total copper content was found to be from 0,267421 and 0,31591 ppm respectively.

It was found a highly Statistieally and significant correlation of 0,4195515 between the pH and the cobalt content.

In the "Granje Experimental" it showed a total lack of copper and an aproximately average cobalt content of 0,0566 ppm.

The soils studied were generally considered copper and cobalt deficient, which causes an incidente of lower yields in plant erops and cattle respectively.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ACOSTA TORRES, R.A., CISNEROS CUMLIDO, G. y REYES DE ACOSTA N.O. "Caracterización de los suelos de la Universidad del Magdalena". Santa Marta, Universidad Tecnológica del Magdalena, (Tesis), 1972: 69 p.
2. ALBA, J. DE "Alimentación del ganado en América Latina" Pren - Hed., México. 1968 : 336 p.
3. ALLISON, R.V. y GADDUM, L.W. "The trace element content of some important soil- a comparison" Soil sci, Soc. Florida, Proc, 2, 68-91 1940.
4. ANDERSON, J. E. "Studies on the oxidation of ammonia to hidroxilamine by the Nitrosomonas" Biochemical Journal 95: 688-698 1965.
5. ANGULO, W.O. y CAYON P.A. "Relación entre algunas características y pisos altitudinales de los suelos de la Sierra Nevadade Santa Marta, parte noroeste y su planicie costanera". Santa Marta, Universidad Tecnológica del Magdalena, (Tesis) 1974: 111 p.

6. ANONIMO. "Boletín de guanos y fertilizantes de México".
México, 12 (54) : 23-32 1968.
7. BARROS, M.P. y BLASCO, M "Cobalto, cobre y molibdeno
totales en los suelos volcánicos del Altiplano de Pasto"
Nariño, Revista de Ciencias Agrícola (Colombia) 3 (1):
23-29. 1971.
8. BEAR, F.E., y KITCHEN, H.B. ed. "Minor Elements: evi-
dence on fuctions deficiencies and excerses: a sympo-
sium". Soil Sci ; 60, 1-189 1945.
9. BEQUIS DE LA ROSA, H. RINCON, L.J. DIAZ R.A. "Co-
rrelación entre análisis de suelos y plantas en la Zona
Bananera, Santa Marta, Universidad Tecnológica del
Magdalena, (Tesis, 1973: 81 p.
10. BERGER, K.C. "Micronutrient deficiencies in the United
States. "Journal of agricultural and food Chemistry 10
(3) : 178 - 181. 1962.
11. BERGESEN, F. "Biochemical partrways in legume root no-
dule nitrogen fixation. "Bacteriol Rev. 24: 246-250. 1960.
12. BLASCO, M. "Curso de suelos". Palmira, Facultad de Agro-
nomía (en mimeógrafo), 1963: 427 p.

13. **BLASCO, M.** "Studies on some aspects of nitrogen on the soils of Colombia" p.H. D. Thesis University of London, 1966: 311 p.
14. _____ y **BOHORQUEZ, M.** "Estudio sobre la composición química del ramio. " (Bohemeria Nivea, Caud.) Agr. Trop. (Colombia) 23 : 813-818. 1967.
15. **BRADFORD, G.R., ARKLEY, R.J. PRATT, P.F. BAIR, F. L.,** "Total content of nine mineral elements in fifty selected benchmark soil profiles of California. "Hilgardia 38 (14) : 541-556. 1967.
16. **BROGAN, J.C., G.A. FLEMING And J.E. BYRNE** (An Foras Taluntais, Johnstown Castle Res. Cent., Wedford, Irel) Molybdenum and copper in Irish pasture soils. "Ir. J. Agric. Res. 12 (1): 71-81. Illus 1973.
17. **BUCKMAN y BRADY.** "Naturaleza y propiedades de los suelos" Mantener y Simon S.A. España 1970 pp 590.
18. **BUTLER, J.R.** "Trace -element distribution in some Lancashire soils" Journal of Soil Science 5 (1) : 156-166. 1954.
19. **CABRALES M., L.A. et al** "Levantamiento semidetallado de

- la región de Gaira, Mamatoco, Bonda (Municipio de Santa Marta) Santa Marta, Universidad Tecnológica del Magdalena, (Tesis) 1968 : 100 p.
20. CABRERA SOLANO, A. et al "Levantamiento detallado de los suelos de la Granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena, para fines experimentales" Santa Marta, Universidad Tecnológica del Magdalena, (Tesis) 1968: 100 p.
21. CARTER, R. "Micronutrients and crop production in Georgia" Georgia, Agric. Exp. Sta. Bull. 126: 7-12, 1964.
22. CHAMBERLAIN, G. "Trace elements in some east African soils and plants". African Agricultural Journal 25: 121-125 (Res. en Soils and Fertilizers, 23: 41 1960).
23. CHAMORRO, M.B. ECHEVERRIA, P.C. GUERRERO, R.R., GAMBOA, J.J. "Aluminio, Boro, Cobre Cobalto, Hierro, Manganeso y Zinc disponible en suelos volcánicos de la sabana de Túquerres "Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) 4 (1): 23-39. 1972.
24. COLLINGS, G. "Comercial Fertilizers. Their Sources and use". 5 th. ed New York. McGraw, Hill, 1955: 617 p.

25. DELECOUR, F. "Distribution des oligo-elements cuivre, zinc et molybdene dans les solis forestiers de L'Ardenne Belge. I. Formes totales". *Pedologie* 18 (1): 43-62, 1968.
26. DE SANTANA, CH. "Formas totales y disponibles de zinc, cobre, manganeso, hierro y molybdene en suelos de la región cacaotera de Bahía", Brasil, Tesis de grado de Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica. ICA-OEA. 1971 : 86 p.
27. DRAKE, M. "Chemistry of the soil. Soil Chemistry and Plant Nutrition", Soc. Ed. New York. Reihold Pub. 1965; 424 p.
28. FASBENDER, H.W. "Química de suelos". Turrialba (Costa Rica) ICA, 1969; 266 p.
29. FLORES ROVIRA, C.A. et al. "Caracterización del Potasio en los suelos de la Granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena". Santa Marta, Universidad Tecnológica del Magdalena, (Tesis), 1974: 64 p.
30. FLEMING, G.A. WALS, T. RYAN, P. "Some factors influencing the content and perfile distribution of trace elements in Irish

- soils. " In International Congress of Soil Science 9 th. Adelaide, Australia, August 6-16, 1968. Transactions, Sidney, Halstead Press, 1968. v. 2, p. 341-350.
31. FREAY, DONALD Ph D. "Tratado de Química Agrícola Ed. Salvat S.A. Barcelona 1956 693 p.
32. GALLEGO, R. y E. FERNANDEZ'. "Oligoelementos en distintos tipos de suelos del norte de España. Anales Edafol. Agrobiol., 23 : 637 -654 1964.
33. GALLEGO, R y E. FERNANDEZ. "Oligoelementos en los suelos de las Vegas Altas del Guadiana." Anales Edafol. Agrobiol., 22 : 307-322. 1963.
34. GALLEGO, R. y T. JOLIN. "Relaciones entre la composición de los suelos y su contenido en molibdeno". Anales Edafol. Agrobiol. 17 : 785-832. 1958.
35. GILBERT, F. "Copper in nutrition". Advances in Agronomy, 4: 156-187. 1952.
36. GONZALEZ, F. A. y GARCIA M. "Geoquímica de cobalto en los suelos de Andalucía occidental, I Contenido de cobalto total". Anales de Edafología y Agrobiología 18: 143-162, 1959.

37. GONZALEZ, C., et al.. "Composición Botánica, características generales y proporción de hierro, manganeso, cobre y cobalto en hierba y suelos de pradera de la Providencia de Pontevedra, en relación con ciertas enfermedades del ganado." Anales de Edafología y Agrobiología. 18: 173, 241. 1959.
38. CROSS, A. "Abonos, guía práctica de la fertilización" 4a. Ed. Trad. R. Olaguiaga Soriano, Madrid, Mundi, Prensa 1967; 545 p.
39. HODGSON, J.F. "Micronutrients in soils" Advances in Agronomy 15: 119-159. 1963.
40. Influencia del cobalto sobre el consumo de forrajes por los bovinos". Turrialba (Turrialba) 1 (5): 245-246. jul, 1951.
41. INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI", "Atlas Básico de Colombia". Bogotá 1970 106 p.
42. INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI". Estudio general de suelos, para fines agrícolas, del sector quebrado de los municipios de Santa Marta y Ciénaga (Departamento del Magdalena)". Bogotá 5 (8) 117 p. 1969.

43. INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI", "Monografía del Departamento del Magdalena". Santa Marta 1973.
44. JACKSON, M.L. "Análisis químico de suelos." 2a. ed, trad. J. Beltrán Barcelona, Omega. 1970 662 p.
45. JUNCA, C. "Determinación de cobalto, cobre y molibdeno en algunos suelos del clima medio en el Departamento de Nariño". Tesis de grado de Ingeniero Agrónomo. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola, Universidad de Nariño, 1970 93 p.
46. KOSS RUBINSTEIN, JAIME. "Determinación de cobre y zinc en suelos y plantas de café por Espectrofotometría de absorción atómica". Universidad de Costa Rica (Facultad de Ciencias y Letras, departamento de Química) 1968 (Tesis).
47. LORA, S.R. "Suelos y enfermedades en el cultivo de arroz" revista de orientación agropecuaria (Colombia) 97-98 sep -oct. 1974: 79-92 p.
48. MAURY, P.B. "Determinación de molibdeno, cobre y cobalto, en algunos suelos del Altiplano de Pasto, Nariño Colombia", (Tesis) Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de

- Nariño, 1959. 106 p.
49. MENESES, M. J. V. "Determinación del boro, cobalto, cobre y Molibdeno en suelos del Valle de Sibundoy, Intendencia Nacional de Putumayo" (Tesis) Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño 1970 74 p.
50. MILLAR, C. E. "Soil Fertility, New York, Willey, 1955, 436 p.
51. MITCHEL, R. L. "Trace elements in soils. " In Bear F. E. ed. Chemistry of the soil 2a. ed. New York, Reinold, 1964. p 320-368.
52. _____ "Los microelementos y la encaladura. "Revista de Potasa 34: 1-6. 1966.
53. PAOLI, A. y LAURATI, M. "Consideraciones sobre la importancia de los oligoelementos en el suelo. " INTA. Boletín 177. pp 6-14. 1962.
54. PARKER, M. B. "Micronutrientns and crop production in Georgia. Molybdenum, " Georgia Agri. Exp. Sta. Bull, No 126. 1964. p 42-52.
55. RAUDALES, P. P. y CUELLAR, D. R. "Fijación del fósforo en suelos de la Zona Bananera (Magdalena), "Santa Marta, Universidad Tecnológica del Magdalena, (Tesis) 1974. 41 p.

56. RAVIKOVITCH, S. MARGOLIN, M. y NAVROT, J. "Microelements in soils of Israel." Soil Science 92 (2): 85-89 1961.
57. RENTHER, W. y SMITH, P.F. "Effects of high copper content of sandy soil on growth of citrus seedlings". Soil Science 75, 219, 1953.
58. RUBINSTEIN, J.K. "Determinación de cobre y zinc en suelos y plantas de café por espectrofotometría de absorción atómica. (Tesis) Lic. en Química, Universidad de Costa Rica, San José. 1968. 61 p.
59. RUSSELL, E.J. "Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas." 3a. ed. Madrid Aguilar: 1964 p. 64-69.
60. SPENCER, W.F. y CIESEKING, J.E. "Cobalto adsorption and release in cation exchange systems". Soil Sci. Soc. Am. Proc. 78: 267-276. 1954.
61. SWAINE, D.J. "The trace-element content of soil". Commonwealth Bureau of Soil Sci. Technical Communication No 48. 1955. 510 p.
62. THEUSCHER, H. y ADLER, R. "El suelo y su fertilidad". México, Cía. Editorial Continental, 1965 510 p.

63. THOMPSON, L.N. "Soil and soil fertility" Sec. Ed. New York. Mc Graw-Hill, 1957. 451 p.
64. TISDALE, L.S. y NELSON, W. L. "Soil fertility and fertilizers Sec. Ed. New York. McMillan. 1966 964 p.
65. VERGINIA, K.V. Methods for determination of some trace-elements and iron in soil. In Academy of Science of the USSR, V. Dokuchaev institute of soil Science, ed. Agrochemical methods in study of soils. Trad. del Russo. 4th ed. Washington, D.C. Indian National Scientific document action centre, 1969 pp 559-591.
66. VINAGRADOV, A.P. "The geochemistry of rare and dispersed Chemical elements in soils". Sec. Ed. New York. Bureau, Inc. 1959. 209 p.
67. VILLOTA, N.J. "Determinación de boro, cobalto y molibdeno en el suelo del Valle de Sibundoy, Putumayo. (Tesis) Ing. agrónomo. ITA, Universidad de Nariño, Pasto 1970. 74 p.
68. YOUNG, R.A. "Some factors affecting the solubility of cobalt. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 13 : 122-126 1949.
69. ZBORISHICHUK, YU. N. and N.G. ZYRIN. "Average B. Mn.

Co, Cu, Zn, Mo and I content in the soils of the European USSR" Soviet soil Sci WASHINGTON 6
(2) : 209-215 Marabr., 1974.

A P E N D I C E

DESCRIPCION DEL PERFIL

PERFIL: No. 1

FECHA: Junio 19, 1973.

AUTORES: Orlando Angulo, Alberto Cayón
y Manuel Granados (5)

UBICACION: En la Cuchilla de San Lorenzo.

LATITUD: 2.500 m. s. n. m.

PRECIPITACION: 2.000 - 4.000 m. m. / anuales,
Alta.

NOMBRE DEL SUELO: Residual.

CLASIFICACION: Esquistos Anfibólicos, edad del
Metamorfismo, 49.1 millones
de años 6, 4. Formado en el Mio-
ceno inferior, correspondiente a
la era terciaria.

FORMA DEL TERRENO: El sitio se encuentra en una posi-
ción fisiográfica de Pendiente.
Tierra alta, montañosa, Lomas,
con suelos derivados en el lugar
o desintegración de la roca madre
Subyacente.

PENDIENTE DONDE ESTA UBICADO EL PERFIL: Pendiente del
75% muy colgada
Clase VI

VEGETACION O USO DE LA TIERRA

BOSQUE ABIERTO:

NOMBRE VULGAR:

NOMBRE TECNICO

Mora

Rubus glaucus

Helechos

Polipodium sp

CLIMA FRIO: Con temperatura promedio de 14- 15°C.

INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

MATERIAL DEL PARTIDO: Rocas Granfíticas, Roca Sedimentaria,
a. Filita
b. Cuarcita.

DRENAJE EXTERNO O ESCURRIMIENTO: Rápido. Clase VI

CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUELO: Perfil.

Húmedo en su totalidad

PROFUNDIDAD DE LA CAPA FREATICA: No hay

AFLORAMIENTO DE PIEDRAS Y ROCAS:

Abundante, excepto en el último horizonte, Fragmento que van desde grava hasta

	pedregón. Muy pedregoso. Clase IV
EVIDENCIA DE EROSION:	Si, Erosión Hídrica, Carcava.
INFLUENCIA HUMANA:	Ninguna.

BREVE DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

Este perfil presenta como característica esencial la presencia de Material Parental no consolidado en todos los horizontes del perfil.

DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES

0.00 - 0.10 m. Textura, Franco; color en húmedo, gris muy oscuro (10 YR 3/1); no presenta manchas de color; estructura bloque sin-angular, de grado moderado y clase fina; consistencia en mojado, ligeramente pegajoso, ligeramente plástico; consistencia en húmedo, suelta, no presenta cutanes; poros, muchos, de diámetro fino, continuos, expeditivos, interciliares; contenido de fragmentos rocosos, y minerales, muy pocos, grava, forma angular, no alterados; contenido de raíces, muy abundantes, diámetro fino; anchura del límite, gradual; Topo-

graffa del límite, ondulada presencia de Organismos, Regular, micro-organismos; pH en pasta con H₂O 4,7 fuertemente ácido pH en pasta con Cacl 4,5.

0.10. - 1.10 m. Textura, Franco Arcillo: Arenoso; color en húmedo, pardo oliva claro (2, 5Y 5/6); presenta precipitaciones del Horizonte Ao (10 YR 3/1). muy frecuente, con la misma textura, además manchas amarillo oliva (2, 5Y 6/6); estructura, Granular, de grado débil y clase fina; consistencia en mojado no pegajoso, no plástico. Consistencia en húmedo, suelta; cutanes continuos, espesos, material arcilloso, con materia orgánica sin sedimentación; poros, muchos de diámetro fino, continuos, exped, interciliares; contenido de fragmentos rocosos y minerales, frecuentes piedras y pedregón forma plana, meteorizadas, contenido de raíces, abundantes, diámetro mediano, anchura de límite, brusco, Topograffa, plana; presencia de organismos, regular micro-organismos pH en pasta moderadamente con ácido; con H₂O = 5,2 pH en pasta con Cacl. = 4,45.

1.10 - x m.

Textura, Franco Arcillo, color en húmedo, negro (10 YR 2/1); sin manchas, Estructura, bloque subangular, de grado moderado y clase fina consistencia en mojado, pegajoso, plástico, consistencia en húmedo, fiables, no presenta cutanes, poros frecuentes, de diámetro fino, continuos, exped, interciliares, no presenta fragmentos rocosos y minerales, contenido de raíces, abundantes de diámetro mediano; presencia de organismos, abundantes, macroorganismos; pH en pasta con H_2O = 4,6 fuertemente ácido; pH en pasta con $CaCl$ = 4, 15.

DESCRIPCION DEL PERFIL

PERFIL : No. 2.

FECHA: Julio 11, 1973

AUTORES: Orlando Angulo, Alberto Cayón y
Manuel Granados.

UBICACION: Cerro "El Campano"

ALTITUD: 2,000 m. s. n. m.

PRECIPITACION: 2,000 - 4,000 m. m. / anuales.

NOMBRE DEL SUELO: Residual

CLASIFICACION: Esquistos de Gaira, Esquistos Mi-
sáceos, Amfibólicos y mármoles,
Edad del metamorfismo, aproxima-
damente 50 millones de años = 8.
Determinado mediante el método
Potasio - Argón.

FORMA DEL TERRENO: El sitio se encuentra en una posi-
ción fisiográfica de pendiente, tie-
rra alta; montañas, lomas, con
suelos derivados en el lugar por la
descomposición o desintegración de
la roca madre subyacente.

PENDIENTE DONDE ESTA UBICADO EL PERFIL: Pendiente de 60%

Clase VI

VEGETACION O USO DE LA TIERRA

BOSQUE ABIERTO:

NOMBRE VULGAR:

NOMBRE TECNICO:

Helechos

Polipodium sp

Mora

Rubus glaucus

Discoria

Dioscoria sp

Geonoma

Geonoma sp

Miconea

Miconea

Pilia

Pilia

Genaphalium

Genaphalium

CLIMA: Frio, 16°C.

INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

MATERIAL DE PARTIDA: Rocas granfíticas, rocas sedimentarias.

a. Filita.

b. Cuarcita.

DRENAJE : Clase IV.

CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUELO: Perfil húmedo en su totalidad.

PROFUNDIDAD DE LA CAPA FREÁTICA: No hay.

AFLORAMIENTO DE PIEDRAS Y ROCAS: Grava.

EVIDENCIA DE EROSION: Si; Erosión Hídrica, laminar.

INFLUENCIA HUMANA: No.

BREVE DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PERFIL:

Este perfil presente como características esenciales un alto % de humedad en todo el perfil y abundante materia orgánica en descomposición en la superficie.

DESCRIPCIÓN DE LOS HORIZONTES

0.00 - 0,79 m. Textura, Arcilloso, color en húmedo, pardo oscuro (7,5 YR 5/6); no presenta manchas de color; Estructura, Prismática, de grado débil y clase muy fina, consistencia en mojado, pegajoso, ligeramente plástico, consistencia en húmedo, friable, no presenta cutanes, poros, muchos de diámetro mediano, continuos, Expd., tubular e Interciliares, no presenta contenido de fragmentos rocosos y minerales; contenido de raíces, comunes, de diámetro fino, anchura del límite, Neto, Topografía del límite ondulado; no presenta organismos, pH en

pasta con $H_2O = 5,1$ moderadamente; pH en pasta con $CaCl = 4,20$ ácido.

0,79 - x m.

Textura, color en húmedo, amarillo rojizo, (7,5 YR 6/8) presenta muy pocas manchas de color, mediano; estructura, bloque sub-angular, grado moderado y clase muy fina; consistencia en mojado, pegajoso, plástico, consistencia en húmedo, friable; no presenta cutanes; poros, rocas, de diámetro fino, continuos, exped. interciliares, contenido, de fragmentos rocosos y minerales, poco, piedra, de forma angular, meteorizada; contenido de raices, pocas, de diámetro; fino presencia de macroorganismos pH en pasta con $H_2O = 5,5$ moderadamente ácido pH en pasta con $CaCl = 4,40$.

DESCRIPCION DEL PERFIL

PERFIL : No. 3,

FECHA: Julio 25, 1973.

AUTORES: Orlando Angulo, Alberto Cayón
y Manuel Granados.

UBICACION: El Campano

ALTITUD: 1,500 m. s. n. m.

PRECIPITACION: 2,000 - 4,000 m. m. / anuales.

NOMBRE DEL SUELO: Residual - Primario

CLASIFICACION:

Rocas híbridas, en contacto con el Batolito de Santa Marta, Guarzodioritas biotíticos granito masvíticos, Horbléndicas grises de grano grueso. Edad del metamorfismo 50 millones de años ± 3. Formado en el Micoeno, correspondiente a la Edad terciaria.

FORMA DEL TERRENO:

El sitio se encuentra en una posición fisiográfica de pendiente, de tierra alta, montañas, lomas, con suelos derivados en el lugar por la descomposición de desintegración de la roca madre subyacente. Pendiente convexa.

PENDIENTE DONDE ESTA UBICADO EL PERFIL: Pendiente mayor

55% Clase VI.

Muy colgada.

VEGETACION Y USO DE LA TIERRA

BOSQUE ABIERTO:

NOMBRE VULGAR:

NOMBRE TECNICO

Helechos

Polipodium sp

Pasto jaragua

Salanum vestissimum

Guara

Phytolacca rivinades

Melinis miniflora

Café

Coffea arábica

CLIMA: Temperatura de 21°C. en la mañana.

INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

MATERIAL DE PARTIDA: Material residual derivado de rocas graníticas
Clase IV.

CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUELO: Perfil, húmedo en su totalidad.

PROFUNDIDAD DE LA CAPA FREÁTICA: No hay

AFLORAMIENTO DE PIEDRA Y ROCAS: En la superficie no hay.
En el perfil frecuentes en el primero horizonte y

abundante en el segundo,
fragmentos que van desde
pedregón hasta piedra.

EVIDENCIA DE EROSION: Si, Erosión Hídrica en surcos.

INFLUENCIA HUMANA: No.

BREVE DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

Este perfil presenta como características esenciales la presencia de material residual derivada de rocas graníticas. Y la presencia regular de raíces en todo el perfil, desde finas hasta gruesas.

DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES

0,00 - 50 m. Textura, franco arcilloso; color en húmedo, pardo grisáceo muy oscuro, bloque sub-angular, de grado moderado, y clase fina, consistencia en mojado, pegajoso, plástico, consistencia en húmedo, friable, no presenta cutanes; poros, manchas, de diámetro fino continuos, exped, vesicular, no presenta fragmentos rocosos, y minerales; contenido de raíces gruesas, anchura del límite, gradual topografía del límite, ondulada; no presenta organismo; pH pasta con H₂O, 5,1 moderadamente ácido pH en pasta con Cacl, 4,9.

0.50 - 0.94 m.

Textura, Arcilloso, color en húmedo pardo amarillento (10 YR 5/6): manchas de color, muchas, de color gris, pardusco oscuro (10 YR 3/2) congresiones del horizonte No.1, grande estructura, bloque sub-angular de grado moderado y clase fina; consistencia en mojado, pegajoso, plástico; consistencia en húmedo friable, no presenta cutanes; poros, muchos de diámetro fino, continuos, exped, interciliares; contenido de fragmentos rocosos y minerales, frecuentes, piedra, de forma angular, fuertemente meteorizadas, contenido de raíces, abundante, de diámetro mediano, anchura del límite, difuso; Topografía del límite, ondulado; presencia de organismos. muda de gusanos pH en pasta con $H_2O = 5.1$, moderadamente ácido; pH en pasta con $CaCl = 4,5$.

0.94 - x m.

Textura, arcillos, color en húmedo amarillo marrón (10 YR 5/8): no presenta manchas de color; estructura, bloque sub-angular, de grado moderado, clase fina, consistencia en moja-

do; pegajoso, plástico, consistencia en húmedo, friable, no presenta cutanes poros, muchos de diámetro fino, continuos, exped, interciliares, contenido de fragmentos rocosos y minerales, abundante, pedregón de forma angular, meteorizadas; contenido de raíces, comunes de diámetro fino presencia de organismos, poca, macro-organismos, pH en pasta con Cacl = 3,16

OBSERVACIONES:

Se presentaron precipitaciones de módulos compuestos de la Capa No. 1 sobre la Capa No. 2.

DESCRIPCION DEL PERFIL

PERFIL :	No. 4.
FECHA :	Julio 25, 1973.
AUTORES:	Orlando Angulo, Alberto Cayón y Manuel Granados.
UBICACION:	Loma "La Cabaña"
ALTITUD:	1.000 m. s. n. m.
PRECIPITACION:	1.000 - 2.100 m. m.
NOMBRE DEL SUELO:	Primario
CLASIFICACION:	Rocas híbrida, en contacto con ba- tolito de Santa Marta. Cuarzodioritas biotíticas, granito moscovítico. Horbléndicas grises de grano grueso. Edad del metamor- fismo 50 millones de años <i>f</i> . For- mando en el miócenó: correspondien- te a la Era Terciaria.
FORMA DEL TERRENO:	El sitio se encuentra en una posición fisiográfica de pendiente, de tierra al- ta, montañas, lomas, con suelos deri- vados en el lugar por la descomposi- ción o desintegración de la roca ma-

dre subyacente. Pendiente convexa.

PENDIENTE DONDE ESTA UBICADO EL PERFIL: Pendiente mayor del 55%
Clase VI,

VEGETACION Y USO DE LA TIERRA:	CAFETAL
<u>NOMBRE VULGAR:</u>	<u>NOMBRE TECNICO:</u>
Café	<u>Coffea Arábica</u>
Escobilla	<u>Sida Phomhifolia</u>
Guámo	<u>Inga edulia</u>
Plátano	<u>Musa Sepientum</u>
CLIMA:	Temperatura de 23°C. en la mañana.

INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

MATERIAL DE PARTIDA:	Material residual, derivado de rocas graníticas.
DRENAJE:	Clase VI
CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUELO:	Perfil, húmedo en su totalidad
PROFUNDIDAD DE LA CAPA FREÁTICA:	No hay
AFLORAMIENTO DE ROCAS Y PIEDRAS:	No presenta en la superficie, y poca en el horizonte No. 1 y frecuente en el

	No. 2 van desde grava hasta piedra.
EVIDENCIA DE EROSION:	Si, Hídrica, laminar,
INFLUENCIA HUMANA:	Si.

BREVE DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

Este perfil presenta como características esenciales:

Está ubicada en la zona de café, y ser el primero del estudio con influencia humana; presenta manchas de color en todos los horizontes, estructura de tipo, bloque en todo el perfil, color desde amarillo, a pardo grisáceo y abundante contenido de raíces.

DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES

0.00 - 0.45 m. Textura, Franco, color en húmedo, pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2); no presenta manchas de color; estructura, bloque sub-angular, de grado débil, y clase fina; consistencia en mojado, pegajoso, plástico, consistencia en húmedo, friable; no presenta cutanes; poros, muchos de diámetro mediano, continuos, exped, interciliares; contenido de raíces, abundantes, finas; anchura de límite, difuso, topografía del límite, ondulado; presencia de organismos, pocos, macro-organis-

mo, pH en pasta con $H_2O = 5,7$ ligeramente ácido, pH en pasta con Cacl = 4,95.

0,45 - 0,90 m. Textura, Arcilloso; color en húmedo, pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2); manchas de color blanco (5 Y 8/2,) destacados, frecuentes, medianas; estructura bloque sub-angular, de grado débil y clase fina; consistencia en mojado, pegajoso, plástico; consistencia en húmedo, friable, poros, frecuentes, de diámetro fino, continuos, exped, interciliares, de diámetro contenido de fragmentos y minerales, muy poco, piedra forma redonda, no alterada; contenido de límite gradual Topograffa ondulada; no presenta organismo, pH en pasta con $H_2O = 60$ moderadamente ácido, pH en pasta con Cacl = 5,1.

0,90 - x m. Textura, Franco, color en húmedo, amarillo (2,5 Y 7/6); manchas de color, blanco (5 Y 8/2), pardo oscuro, (7,5 YR 5/6) : muchos, grandes, difusas, estructura, bloqueo, sub-angular, de grado débil y clase mediana consistencia en húmedo, muy friable, no presenta cutanes, poros pocos de diámetro

muy finos continuos exped, interciliares, contenido de fragmentos rocosos y minerales, frecuentes, grava, meteorizadas: organismos
pH en pasta con H_2O , = 6,8 ligeramente ácido
pH en pasta con Cacl. = 5,35

OBSERVACIONES:

El perfil en estudio, en la capa No. 3 presenta pequeños diques de cuarzo, muy meteorizadas y con una distancia entre si de 25 centímetros, perfil de topografía irregular.

DESCRIPCION DEL PERFIL**PERFIL:No. 5**

FECHA: Agosto 20, 1974

AUTORES: Orlando Angulo, Alberto Cayón
y Manuel Granados.

UBICACION: Minca

ALTITUD: 500 m. s. n. m.

PRECIPITACION: 1.000 - 2.100 m. m. / anuales

NOMBRE DEL SUELO: Secundario

CLASIFICACION: Batolito de Santa Marta, cuarzodio-
rita Edad del metamorfismo, 50
millones de años, I 3, formando en
el mioceno; correspondiente a la
Era terciaria.

FORMA DEL TERRENO: EL sitio se encuentra en una posi-
ción fisiográfica de pendiente de tie-
rra alta, lomas, con suelos deriva-
dos en el lugar por la descomposi-
ción o desintegración de la roca ma-
dre subyacente, pendiente convexa.

PENDIENTE DONDE ESTA UBICADO EL PERFIL: Pendiente mayor
del 50 %.
Clase VI

VEGETACION Y USO DE LA TIERRA: Cultivos varios y Ganadería.

NOMBRE VULGAR:

NOMBRE TECNICO :

Helechos

Polipodium sp

Altamisas

Franseriaartemisoides.

Tarulla

Eichornia crassepaes.

CLIMA: Templado, 24°C

INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

MATERIA DE PARTIDA: Cuarzodiorita, raíces de bordes rocas híbridas, granito moscavitico, cuarzo monzonita.

DRENAJE: Clase VI

CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUELO: Perfil, húmedo en su totalidad.

PROFUNDIDAD DE LA CAPA FREÁTICA: No hay

AFLORAMIENTO DE ROCAS Y PIEDRAS: No presenta en la superficie; abundante, en todo el perfil, grava.

EVIDENCIA DE EROSION: Si, Hídrica, surcos, corcavas.

INFLUENCIA HUMANA: Si.

BREVE DESCRIPCION GENERAL DEL PERFIL

Este perfil presenta como características esenciales el estar

situado en una zona en donde los estragos de la erosión son terribles, de tal forma presenta su material consolidado casi superficialmente Perfil de capa reciente.

DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES

- 0.00 - 0.22 m. Textura, Franco; color en húmedo marrón amarillento claro (2,5 Y6/4) manchas de color, amarillo marrón (10 YR 6/6); y gris muy oscuro (10 YR 3,1); estructura, bloque sub-angular, de grado débil y clase media; consistencia en mojado, no pegajoso, no plástico; consistencia en húmedo, friable; no presenta cutanes; poros; frecuentes de diámetros, finos, continuos, exped, interciliares; contenido de fragmentos rocosos y minerales, abundante grava, de forma angular, meteorizada; contenido de raíces muy poco de diámetro fijo, anchura del límite, brusco, topografía, suave, pH en pasta con H₂O = 5,8. ligeramente ácido, pH en pasta con Cacl. = 5,7.
- 0.22 - 0,62 m. Textura, arcillo limos : color en húmedo, gris muy oscuro (10 YR 3/1); no presenta

manchas de color Estructura, bloque sub-angul-
lar, de grado fuerte y clase media; consisten-
cia en mojado, ligeramente pegajoso, plástico,
consistencia en húmedo friable no presenta cu-
tanes; poros, abundantes de diámetro fino, con-
tinuos, exped, interciliares; contenido de frag-
mentos rocosos y minerales, abundante, grava
de forma angular, meteorizada; no presenta raí-
ces; anchura del límite; difuso; Tipografía on-
dulada, pH pasta con H₂O = 6,6 ligeramente
ácido; pH en pasta con Cacl = 5, 5.

0,62 - sm.

Textura, Francolimoso; color en húmedo marrón
aceitunado claro (25 Y 5/4), no presenta manchas
de color; Estructura, bloque angular, de grado mo-
derado y clase gruesa; consistencia en húmedo;
firme, no presenta cutanes; poros, pocos de diá-
metro muy fino continuos exped; interciliares,
contenido de fragmento rocoso y minerales, abun-
dantes; grava, de forma angular, meteorizada, no
presenta raíces y organismos; pH en pasta con
Cacl. = 5,35.

OBSERVACIONES:

La zona en donde se hizo el perfil, presenta erosión de grado superior, observándose grandes corcavas y fuerte arrastre del suelo, además la vegetación en su mayoría está representada por helechos.

DESCRIPCION DEL PERFIL

PERFIL : No. 6

FECHA: Octubre 10 de 1973

AUTORES: Orlando Angulo, Alberto Cayón
y Manuel Granados.

UBICACION: Mamatoco.

ALTITUD: 18 m. s. n. m.

PRECIPITACION: 500 - 1.000 m. m. / anuales.

NOMBRE DEL SUELO: Secundario.

CLASIFICACION: Depósito Aluviales Recientes, del
Cuaternario.

FORMA DEL TERRENO: El sitio se encuentra en una posición
finográfica. Plana.

PENDIENTE DONDE ESTA UBICADO EL PERFIL: 1/2 - 2% a nivel,
con pendiente li-
gera.

VEGETACION Y USO DE LA TIERRA: Pastos cultivos varios, fa-
miliares.

NOMBRE VULGAR: Pasto elefante

Trupillo

Coco

NOMBRE TECNICO: Panicum movimuan
Prosopis juliflora
Cocus nucifera

CLIMA: Cálido. Temperatura 27°C. en la mañana.

INFORMACION GENERAL ACERCA DEL SUELO

DRENAJE:

CONDICIONES DE HUMEDAD DEL SUELO: Perfil húmedo en su totalidad.

PROFUNDIDAD DE LA CAPA FREÁTICA : No hay

AFLORAMIENTO DE PIEDRAS Y ROCAS: No hay

EVIDENCIA DE EROSION: Sí, hídrica, laminar

INFLUENCIA HUMANA: Si hay.

BREVE DESCRIPCION DEL PERFIL

Este perfil presenta como característica esencial: ser un suelo de relleno, no están muy diferenciado la capa, no hay material parental consolidado.

DESCRIPCION DE LOS HORIZONTES

0.00 - 0.35 m. Textura, Franco arcillo-arenoso; color en húmedo gris marrón muy oscuro (10 YR_{3/2}); no presenta manchas de color; estructura, bloque subangular de grado moderado y clase mediana; consistencia en mojado, ligeramente pegajoso, ligeramente arcilloso, consistencia en húmedo, friable, no presenta cutanes; poros, frecuente de diá-

metro fino continuos de fragmentos rocosos y minerales; muy pocos grava, de forma sub-angular, meteorizado; contenido de raíces muy abundantes, de diámetro grande, anchura del límite gradual, Topografía, plana, no presenta organismos; pH en pasta con H₂O básico, pH Cacl = 6,75.

0. 35 - xm.

Textura, Franco; color en húmedo, marrón claro (10 YR 3/3) ; manchas de color, blanco (2,5 Y 8/2); pequeña , estructura, bloque sub-angular, de grado moderado y clase mediana; consistencia en mojado; ligeramente pegajoso, ligeramente plástico, consistencia en húmedo friable no presenta cutanes; poros muchos, muy finos, exped, continuos, interciliares contenido de fragmentos rocosos y minerales muy pocos, grava, de forma sub-angular meteorizada, contenido de raíces, muy abundante de diámetro, no presenta organismos, pH con H₂O = 7,4 básicos; pH en pasta con Cacl = 6,75.

OBSERVACIONES:

El perfil se hizo a 10 metros de un camino de herradura; la vegetación es muy abundante, hay un cultivo de pasto cerca, a 150 metros de distancia, bastante plaga, sobre todo mari-
posa.

**CARACTERISTICAS DE LAS PRINCIPALES SERIES
ESTUDIADAS.**

PARA LA ZONA BANANERA

SERIE: PALERMO (PR)

Presentan estos suelos un relieve plano con pendiente de U - 1%. Se caracteriza por tener textura moderada, finas en las capas superiores que descansan sobre textura mediana, suelos profundos estructuras en bloques sub-angulares, moderada y media, color pardo grisáceo sobre pardo amarillento, con moteado gris oscuro drenaje natural va de imperfecto a moderadamente bien drenado.

Poseen una fertilidad baja, mediana capacidad de cambio, alto contenido de gases totales, muy pobre en fósforo disponible.

SERIE : BONILLA (BN)

Esta serie se encuentra en suelo de relieve plano cuya pendiente vale 0-1%. Se caracteriza por tener dentro del todo el perfil, arenas medias y finas, con profundidad efectiva. Color pardo amarillento sobre pardo grisáceo bien drenado. Tiene una fertilidad baja, mediana capacidad de cambio, alto contenido de bases totales y muy

alta saturación en base, muy pobre en fósforo disponible.

SERIE: SAN RAFAEL (SR)

Suelos de relieve plano con pendiente de 0-1%. Presentan estos suelos texturas finas en las cpas superiores, que descansan sobre texturas gruesas, Poseen bastante profundidad, estructuras en bloques sub-angulares, débiles y finas, colores pardos oscuros y pardo; drenaje natural imperfecto a moderadamente bien drenado. La fertilidad es moderada, mediana capacidad de cambio; alto contenido de bases totales y muy alta saturación y regular en fósforo disponible.

SERIE: TERESITA (TR)

Incluye esta serie suelos de relieves planos con pendientes de 0 - 1%. Posee texturas medias en las capas superiores y finas en las inferiores. Profundidad efectiva profunda, bloque sub-angulares, colores pardo y pardo oscuro sobre pardo grisáceo oscuro; drenaje natural va de imperfecto a moderadamente bien drenado. Su fertilidad es moderada alta, capacidad de cambio, muy alto el contenido de bases totales, regular en fósforo disponible.

SERIE: SEVILLA (SL)

Suelos de relieve plano, con pendiente de 0=1%. Las capas superiores son exturas moderadamente gruesas, medias y gruesas dentro de todo el perfil; posee una efectividad que va de profunda a moderadamente, estructura en bloques sub-angulares débiles y medios; colores pardo oscuro en las capas superiores y pardo oliva en las capas inferiores y con drenaje natural bueno la fertilidad es moderada, capacidad de cambio bajo, regular en contenido de bases totales y regular en fósforo disponible.

SERIE: NINFA (NF)

Los suelos que forman esta serie son de relieves planos con pendientes 0 = 1%. Esta serie posee generalmente dentro de todo su perfil textura moderadamente gruesas y medias a diferentes profundidades; profundidad efectiva, profunda y moderadamente profunda, estructura de bloques sub-angulares débiles y medias finas en las capas superiores y aun estructuras en las inferiores en su parte mayor. Los colores de las capas superiores son pardo amarillento oscuro, pardo oscuro y en las inferiores pardo grisáceo; drenaje natural de bien o moderadamente bien drenados. Fertilidad moderada mediana capacidad de cambio, alto en bases totales y muy alto en saturación de base y de regular alto en fósforo disponible.

SERIE: FRANCIA (FR)

Estos suelos en su totalidad son de relieve planos, pendiente 0=1%; las capas superiores de perfil presentan texturas gruesas y medias, en las inferiores arenas gruesas, presentan eventualmente algunas variaciones sobre todo en límites con otras series; en ocasiones presentan texturas media a manera de capas de unos 20 cms de espesor. Así como también puede presentarse gravilla y cascajo a todo lo largo del perfil, por presentar capas contrastantes en los 25-50 y 90 cms. Estos suelos son muy superficiales y moderadamente profundo, posee bloques angulares débiles y medios, los colores de las capas superiores son pardo oscuro y pardo grisáceo y en las inferiores gris oliva, drenaje natural bueno; fertilidad moderada con mediana fertilidad de cambio, altas en bases totales y regulares en fósforos disponibles.

SERIE: UNIVERSIDAD

LOCALIZACION: En los terrenos dedicados hoy en día al cultivo.

ALTURA: 16 mts. sobre el nivel del mar.

TEXTURA: Mediana.

PROF. EFECTIVA: Profunda.

NIVEL FREÁTICO: Profunda.

INUNDABILIDAD: No hay



DRENAJE: El externo es moderado, el interno rápido y el natural moderado.

RELIEVE: Son tierra planas en pendientes de 1- 3%

EROSION: Eólica

USO ACTUAL Granja

MATERIAL PARENTAL: Derivados de aluviones.

PROCESO PEDOGENETICO: Calcimorfico.

CARACTERISTICA DEL PERFIL

- 0.00 -0.58 Franco, arcilloso arenoso (F Ar A); color en seco gris marrón claro (10 YR 6/2); y en húmedo gris marrón oscuro (10 YR 4/2); estructura, se presenta en bloque sub-angular; con límite suave; consistencia en seco muy dura, en húmedo firme y en mojado ligeramente pegajoso y plástico; permeabilidad moderada; retención de humedad regular, no hay presencia de raicillas ni de macroorganismos; reacción al Hcl. escasa y moderada al agua oxigenada; se notan pequeños concreciones de cuarzo con pH 8.10; el grado de humedad es seco.
- 0.58 - 0.88 Es la segunda capa, que presenta límite suave; gra-

do de humedad seco; color en seco marrón muy pálido (10 YR/3); y en mojado marrón amarillento oscuro (10 YR/4); franco arenoso (Fa); estructura en bloque sub-angular, consistencia en seco duro, en húmedo dura y en mojado friable; formaciones especiales de cuarzo y hierro; permeabilidad rápida, retención de humedad mala; no hay macroorganismo ni arcillas, reacción al Hcl fuerte y el agua oxigenada moderada; presenta un pH de 8,60.

0.88 - 1.08 m.

Es la capa tercera, límite del horizonte suave; grado de humedad seco; color en seco marrón muy pálido (10 YR/3); en húmedo gris claro, (10 YR 7/1); textura arenosa gruesa (A); estructura granular, consistencia en seco suave, en húmedo suelta y en mojado suelta; formaciones especiales de mica y cuarzo, permeabilidad rápida retención de humedad muy mala; no presenta microorganismos ni raicillas; reacción del Hcl y al agua oxigenada no hay; presenta un pH de 8,35.

TABLA 1
CORRELACION SIERRA NEVADA

Perf. Hori zonte	Y Co ppm	X ₁ (%) M. O	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
P ₁ H ₁	0,27	4,344	23,02	4,70
P ₁ H ₂	0,35	2,598	25,04	5,20
P ₁ H ₃	0,27	5,140	36,44	4,60
P ₂ H ₁	0,35	5,137	63,68	5,10
P ₂ H ₂	0,35	2,413	65,10	5,50
P ₃ H ₁	0,75	5,627	37,06	5,10
P ₃ H ₂	0,35	1,068	51,67	5,10
P ₃ H ₃	0,27	0,8	57,33	5,90
P ₄ H ₁	0,07	2,402	24,73	5,70
P ₄ H ₂	0,07	1,861	56,06	6,00
P ₄ H ₃	0,20	0,786	15,36	6,80
P ₅ H ₁	0,07	0,344	17,67	5,80
P ₅ H ₂	0,27	1,051	40,58	6,60
P ₅ H ₃	0,05	0,703	24,53	6,10
P ₆ H ₁	0,05	1,051	21,14	7,30
P ₆ H ₂	—	1,067	25,04	7,40

TABLA 2

CORRELACION ZONA BANANERA

Muestra	Y (ppm) Cu	X ₁ (%) M. O	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
1	0,70	3,23	36,92	6,00
2	0,30	2,21	40,42	6,25
3	0,325	4,32	24,42	6,60
4	0,95	2,65	32,92	7,00
5	0,25	2,71	42,92	6,80
6	—	1,95	34,42	6,95
7	0,100	2,72	16,17	6,95
8	0,150	3,49	23,67	6,45
9	0,250	2,83	20,43	6,55
10	0,350	2,85	43,50	7,20
11	0,600	2,01	34,67	7,75
12	0,150	2,88	25,04	6,65
13	0,150	2,52	27,17	7,35
14	0,200	2,88	26,42	6,65
15	—	1,59	28,92	6,45
16	0,125	1,94	28,92	7,10
17	0,370	2,06	41,25	7,70

CONTINUACION.... TABLA 2

Muestras	Yppm Cu	X ₁ (%) M. O	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
18	0,350	2,81	36,67	7,30
19	0,050	1,87	32,17	7,50
20	0,250	3,77	40,04	8,00
21	0,200	2,49	25,04	6,60
22	0,400	1,21	22,54	6,65
23	0,275	1,22	17,54	6,80
24	0,600	1,06	30,42	6,30
25	0,125	1,36	22,92	6,60
26	0,250	0,53	19,67	6,30
27	0,275	1,07	22,54	6,55
28	0,100	2,07	20,79	6,50
29	0,290	1,60	22,92	6,65
30	0,100	1,60	20,45	7,50
31	—	1,91	27,17	7,10
32	0,250	2,55	20,42	6,95
33	0,050	2,42	29,67	7,40
34	—	1,02	17,17	6,60
35	0,035	2,99	37,54	6,65

CONTINUACION.... TABLA 2

Muestra	Y (ppm) Cu	X ₁ (%) M. 0	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
36	0,290	1,88	22,92	6,95
37	0,100	2,14	47,92	6,95
38	0,275	2,57	20,04	6,95
39	—	4,13	57,92	6,90
40	0,275	2,96	25,42	6,85
41	0,100	1,72	37,17	7,10
42	0,290	2,24	39,67	7,00
43	0,290	0,87	27,17	7,15
44	—	3,82	47,17	6,50
45	0,290	3,80	39,67	6,90
46	0,100	2,05	27,54	8,10
47	0,150	2,57	27,54	6,50
48	0,250	1,60	30,04	6,50
49	0,100	2,16	27,17	7,50
50	0,250	2,40	32,92	6,60
51	—	2,38	32,17	6,60
52	0,100	2,88	20,04	7,35
53	0,035	2,35	34,67	6,50

CONTINUACION.....TABLA 2

Muestra	Y (ppm) Cu	Y ₁ (%) M. 0	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
54	0,280	2,22	25,04	6,15
55	0,080	1,60	17,17	6,90
56	—	2,05	19,29	6,90
57	—	2,48	17,17	6,70
58	0,350	1,59	14,29	6,40
59	0,290	2,20	17,54	6,88
60	0,550	2,41	14,67	6,75
61	0,525	1,58	12,92	6,75
62	0,280	2,64	22,52	8,45
63	0,250	2,47	20,04	8,10
64	0,200	2,52	22,17	6,35
65	—	3,03	34,67	8,45
66	0,380	2,56	32,54	8,30
67	0,250	1,97	19,67	6,40
68	0,100	4,01	22,17	7,40
69	0,700	1,84	17,17	6,55
70	0,675	2,18	32,54	6,65
71	0,150	2,64	32,92	6,10

CONTINUACION.....TABLA 2

Muestra	Y (ppm) Cu	Y ₁ (%) M. O	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
72	0,625	2,53	20,04	8,40
73	0,150	2,18	15,42	6,05
74	0,740	3,73	29,67	6,90
75	0,280	2,52	24,67	6,95
76	0,540	2,72	17,17	6,35
77	0,100	4,93	32,17	6,55
78	0,290	2,49	25,04	6,75
79	0,950	2,04	24,67	6,50
80	0,080	2,33	20,04	6,50
81	0,560	2,61	22,54	6,20
82	0,290	2,70	32,92	6,35
83	0,525	2,12	30,04	6,90
84	0,650	2,36	24,67	6,95
85	0,350	2,09	17,92	6,70
86	0,125	2,38	21,17	6,90
87	0,350	1,61	25,79	7,30
88	0,270	1,82	12,92	6,60
89	—	—	—	—

CONTINUACION TABLA 2

Muestra	Y(ppm) Cu	Y ₁ (%) M. O	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
90	—	1,34	17,17	6,90
91	0,250	2,17	24,29	6,75
92	0,200	3,02	19,67	6,55
93	0,380	0,78	17,54	6,90
94	0,675	2,56	35,04	8,50
95	—	1,74	23,92	7,75
96	—	—	—	—
97	0,970	3,19	23,92	7,00
98	0,275	2,35	32,17	7,27
99	—	2,55	14,67	6,90
100	0,420	1,63	24,67	6,60
101	0,370	0,98	18,92	7,20
102	0,080	2,32	16,42	6,70
103	0,250	2,39	33,92	6,85

TABLA 3
CORRELACION ZONA BANANERA

Muestra	Y (ppm) Co	X ₁ (%) M. O	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
1	0,03	3,23	36,92	6,00
2	—	2,21	40,42	6,25
3	0,26	4,32	24,42	6,60
4	0,285	2,65	32,92	7,00
5	0,35	2,71	42,92	0,80
6	—	1,95	34,42	0,95
7	0,07	2,72	16,17	6,95
8	0,27	3,49	23,67	6,47
9	0,27	2,83	20,43	6,55
10	0,07	2,85	43,50	7,20
11	0,05	2,01	34,67	7,75
12	0,07	2,88	25,04	6,65
13	0,47	2,52	27,17	7,35
14	0,27	2,88	26,42	6,65
15	0,27	1,59	28,92	6,45
16	0,20	1,94	28,92	7,10
17	0,07	2,06	41,25	7,70

CONTINUACION.....TABLA 3

Muestra	Y (ppm) Co	X ₁ (%) M.O	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
18	0,20	2,81	39,67	7,30
19	0,07	1,87	32,17	7,50
20	0,07	3,77	40,04	8,00
21	0,07	2,49	25,04	6,60
22	0,27	1,21	22,54	6,65
23	0,07	1,22	17,54	6,80
24	0,20	1,06	30,42	6,30
25	0,27	1,36	22,92	6,60
26	0,35	0,53	19,67	6,30
27	0,47	1,07	22,54	6,55
28	0,35	2,07	20,79	6,50
29	0,51	1,60	22,92	6,65
30	0,20	1,60	20,45	7,50
31	0,07	1,91	27,17	7,10
32	0,20	2,55	20,42	6,95
33	0,51	2,42	29,67	7,40
34	0,75	1,01	17,17	6,60
35	0,20	2,99	37,54	6,65

CONTINUACION.....TABLA 3

Muestra	Y(ppm) Co	X ₁ (%) M. O	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
36	1,10	1,88	22,92	6,95
37	0,07	2,14	47,92	6,95
38	0,35	2,57	20,04	6,95
39	0,20	4,13	57,92	6,90
40	0,27	2,96	25,42	0,85
41	0,27	1,72	37,17	7,10
42	0,35	2,24	39,67	7,00
43	0,47	0,87	27,17	7,25
44	0,27	3,82	47,17	6,50
45	0,20	3,80	39,67	8,10
46	0,20	2,05	27,54	6,50
47	0,27	2,57	27,54	6,50
48	0,27	1,60	30,04	7,50
49	0,20	2,16	27,17	6,60
50	0,27	2,40	32,29	6,60
51	0,20	2,38	32,17	7,35
52	0,20	2,88	20,04	6,60
53	—	2,35	34,67	6,15
54	0,27	2,22	25,04	6,90

CONTINUACION.....TABLA 3

Muestra	Y (ppm) Co	X ₁ (%) M. O	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
55	0,07	1,60	17,17	6,80
56	0,20	2,05	19,29	6,70
57	0,20	2,48	17,17	6,40
58	0,05	1,59	14,29	6,80
59	—	2,20	17,54	6,75
60	0,35	2,41	14,67	6,65
61	0,20	1,58	12,92	6,45
62	0,35	2,64	22,52	8,45
63	0,47	2,47	20,04	8,45
64	0,35	2,52	22,17	8,10
65	0,51	3,03	34,67	6,35
66	0,35	2,56	32,54	8,45
67	0,35	1,97	19,67	8,30
68	0,73	4,01	22,17	6,40
69	0,51	1,84	17,17	7,40
70	0,20	2,18	32,54	6,55
71	—	2,64	32,92	6,65
72	0,27	2,53	20,04	6,10

CONTINUACION.... TABLA 3

Muestra	Y (ppm) Co	X ₁ (%) M. O	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
73	—	2,18	15,42	8,40
74	0,47	3,73	29,67	6,05
75	0,07	2,52	24,67	6,90
76	0,20	2,72	17,17	6,95
77	0,27	4,93	32,17	6,35
78	0,20	2,49	25,04	6,55
79	0,27	2,04	24,67	6,75
80	0,35	2,33	20,42	6,50
81	0,07	2,61	22,54	6,50
82	0,07	2,70	32,92	6,20
83	0,07	2,12	30,04	6,35
84	0,20	2,36	24,67	6,90
85	0,20	2,09	17,92	6,95
86	0,27	2,38	21,17	6,70
87	0,47	1,61	15,79	6,90
88	0,27	1,82	12,92	7,30
89	—	—	—	—
90	0,07	1,34	17,17	6,60
91	0,27	2,17	24,29	6,90

CONTINUACION... TABLA 3

Muestra	Y (ppm) Co	X ₁ (%) M. O	X ₂ (%) Arcilla	X ₃ pH
92	0,07	3,02	19,67	6,75
93	0,20	0,78	17,54	6,55
94	0,35	2,56	35,04	6,90
95	0,27	1,74	23,92	8,50
96	—	—	—	7,75
97	0,27	3,19	23,92	7,00
98	0,51	2,35	32,17	7,25
99	0,51	2,55	14,67	6,90
100	0,27	1,63	24,67	6,60
101	0,27	0,98	18,92	7,20
102	0,27	2,32	16,42	6,70
103	0,47	2,34	33,92	6,85

CALCULOS DE LAS CORRELACIONES

$$r = \frac{ExY - \frac{Ex \cdot EY}{n}}{\sqrt{\left[\frac{Ex^2}{n} - \frac{(EX)^2}{n} \right] \left[\frac{EY^2}{n} - \frac{(EY)^2}{n} \right]}}$$

r = Coeficiente de Correlación

Ex = Sumatoria de X

EY = Sumatoria de Y

N = Número de suelos estudiados.

Sierra Nevada

Correlación entre Cobalto*(y) y Materia Orgánica (x)

$$Ex = 35,325$$

$$Ey = 3,74$$

$$Exy = 11,77$$

$$Ex^2 = 130,37$$

$$Ey^2 = 1,40$$

$$n = 15$$

$$r = 0,639$$

Correlación entre cobalto*(y) y Arcilla (x)

$$Ex = 559,41$$

$$Ey = 3,74$$

$$Exy = 154,45$$

$$Ex^2 = 24,835,71$$

$$E y^2 = 1,40$$

$$n = 15$$

$$r = 0,35$$

Correlación entre Cobalto* y PH (x)

$$E x = 85,5$$

$$E y = 3,74$$

$$E x y = 20,28$$

$$E x^2 = 495,81$$

$$E y^2 = 1,40$$

$$n = 15$$

$$r = -0,52$$

* Cobalto total.

ZONA BANANERA

Correlación Cu^{**} (y) y Materia Orgánica (x)

$$E_x = 205,09$$

$$E_y = 27,28$$

$$E_{xy} = 63,42$$

$$E_x^2 = 536,97$$

$$E_y^2 = 12,40$$

$$n = 88 \quad r = 0,01$$

Correlación Cu^{**} (y) y Arcilla (%)

$$E_x = 2306,25$$

$$E_y = 27,28$$

$$E_{xy} = 716,15$$

$$E_x^2 = 66,013$$

$$E_y^2 = 12,40$$

$$n = 88 \quad r = 0,008$$

Correlación Cu^{**} (y) y PH (x)

$$E_x = 607,10$$

$$E_y = 27,28$$

$$E_{xy} = 187,06$$

$$E_x^2 = 4,215,15$$

$$E_y^2 = 12,40$$

$$n = 88$$

Correlación $Co^*(y)$ y M.O. (x)

$$Ex = 221,49$$

$$Ey = 25,40$$

$$Exy = 59,12$$

$$Ex^2 = 575,95$$

$$Ey^2 = 9,69$$

$$n = 95$$

$$r = -0,008$$

Correlación $Co^*(y)$ y Arcilla (x)

$$Ex = 2,502,96$$

$$Ey = 25,40$$

$$Exy = 654,54$$

$$Ex^2 = 72,983,81$$

$$Ey^2 = 9,69$$

$$n = 95$$

$$r = -0,10$$

Correlación $Co^*(y)$ y pH (x)

$$Ex = 658,74$$

$$Ey = 25,40$$

$$Exy = 180,09$$

$$Ex^2 = 4,598,007$$

$$Ey^2 = 9,69$$

$$n = 95$$

$$r = 0,4195515$$

CALCULO DE LAS REGRESIONES

$$(y - \bar{y}) = b(x - \bar{x})$$

$$b = \frac{E_{xy} - \frac{E_x E_y}{n}}{E_x^2 - \frac{(E_x)^2}{n}}$$

\bar{y} = Sumatoria promedio de y

b = Incremento del elemento (y) cuando aumenta la variable (x)

\bar{x} = Sumatoria promedio de X

Sierra Nevada

Regresión entre Cobalto total (y) y Materia Orgánica (x)

$$\bar{y} = 0,25$$

$$\bar{x} = 2,35$$

$$b = 0,06$$

$$Y = 0,101275 + 0,06286 \text{ } 98X$$

Regresión entre Cobalto* (y) y arcilla (x)

$$\bar{y} = 0,25$$

$$\bar{x} = 37,29$$

$$b = 0,004$$

$$Y = 0,10877723 + 0,003769 X$$

Regresión entre Cobalto* (y) y pH (x)

$$\bar{y} = 0,25$$

$$\bar{x} = 5,70$$

$$b = 0,12$$

$$Y = 0,948021 - 0,12257668 X$$

ZONA BANANERA

Regresión entre Cobre^{**} (y) y Materia Orgánica (x)

$$\bar{y} = 0,31$$

$$\bar{x} = 2,33$$

$$b = -0,003$$

$$Y = 0,31639 - 0,0027427X$$

Regresión entre Cobre (y) y Arcilla (x)^{**}

$$\bar{y} = 0,31$$

$$\bar{x} = 26,2$$

$$b = 0,0002$$

$$Y = 0,3042973 + 0,0002176 X$$

Regresión entre Cobre (y) y pH (x)^{**}

$$\bar{y} = 0,31$$

$$\bar{x} = 6,90$$

$$b = 0,04$$

$$Y = 0,6098512 - 0,0426072X$$

Regresión entre Cobalto (y) y Materia Orgánica (x)^{*}

$$\bar{y} = 0,27$$

$$\bar{x} = 2,33$$

$$b = -0,002$$

$$Y = 0,271687 - 0,0018275 X$$

Regresión entre Cobalto^{*} (y) y Arcilla (x)

$$\bar{y} = 0,27$$

$$\bar{x} = 26,35$$

$$b = 0,002$$

$$Y = 0,3228207 - 0,0021027 X$$

Regresión entre Cobalto* (y) y pH (x)

$$\bar{y} = 0,27$$

$$\bar{x} = 6,93$$

$$b = 0,13$$

$$Y = 0,129848X - 0,6329586$$

* Cobalto total

** Cobre total