

ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS MENORES INTERCAMBIABLES BAJO
CONDICIONES DE CULTIVO, BOSQUE Y PRADERA EN SUELOS DE
LA LLANURA DEL PACIFICO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

Por

LEONARDO AGREDA JOJOA
DIOGENES OTERO CAMPO

Tesis de grado presentada como requisito

parcial para optar al título de

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis

JORGE ORTEGA ENRIQUEZ I.A.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

1.973

A LOS PADRES
A LA ESCUELA
A LOS ALUMNOS
A LOS MAESTROS

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

Art. 10. del Acuerdo No. 324 del 11 de Octubre de 1.966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

A MIS PADRES
A MI ESPOSA
A MIS HIJOS
A MIS HERMANOS
A MIS FAMILIARES
A MIS AMIGOS

DEDICO
LEONARDO AGREDA JOJOA

- A MIS PADRES
- A MIS HERMANOS
- A MIS FAMILIARES
- A NUBIA
- A MIS AMIGOS

DEDICO ESTE LIBRO A MIS PADRES
 FRANCISCO OTERO DE LA BARRANDA
 Y A MIS HERMANOS
 FRANCISCO OTERO DE LA BARRANDA
 Y A MIS FAMILIARES
 FRANCISCO OTERO DE LA BARRANDA
 Y A NUBIA
 Y A MIS AMIGOS
 FRANCISCO OTERO DE LA BARRANDA

DEDICO
 A DIÓGENES OTERO CAMPO
 A LA FACULTAD DE CIENCIAS
 AGRÍCOLAS

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Condiciones generales de la zona.	2
2.2 Geología.	4
2.3 Suelos.	5
2.3.1 Zona de Manglares.	5
2.3.2 Zona Aluvial	5
2.3.3 Zona de Terraza.	5
2.3.4 Zona de Colinas.	6
AGRADECIMIENTOS A: rimentos.	6
2.4.1 Aluminio	8
2.4.2 A JORGE ORTEGA ENRIQUEZ I.A.	9
2.4.3 A FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA	13
2.4.4 A FRANCISCO CITELLY P. I.A., M.Sc.	13
2.4.5 Manganese.	15
2.4.6 Personal del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas.	16
2.4.7	
2.4.8	
III. MATERIALES Y METODOS	18
3.1 Materiales.	18
3.2 Métodos. Todas las personas que en una u otra forma contribuyeron en el desarrollo del presente trabajo.	18
3.2.1 Método de análisis.	18
3.2.1.1 Color del suelo	19
3.2.1.2 Humedad	19
3.2.1.3 Textura	19
3.2.1.4 Reacción del suelo.	19
3.2.1.5 Carbono orgánico.	19
3.2.1.6 Materia orgánica.	19
3.2.1.7 Nitrógeno intercambiable	19
3.2.1.8 Fósforo aprovechable.	20
3.2.2 Determinación de aluminio, cobre, sodio, calcio, hierro, mang.	

CONTENIDO

	Pág.	Pág.
I. INTRODUCCION	1	1
II. REVISION DE LITERATURA	20	2
2.1 Condiciones generales de la zona.	20	2
2.2 Geología.	21	4
2.3 Suelos.	21	5
2.3.1 Zona de Manglares.	30	5
2.3.2 Zona Aluvial	32	5
2.3.3 Zona de Terraza.	34	5
2.3.4 Zona de Colinas.	37	6
2.4 Micronutrientos.	40	6
2.4.1 Aluminio	43	8
2.4.2 Boro	46	9
2.4.3 Cobre.	51	13
2.4.4 Cobalto.	51	13
2.4.5 Hierro	53	14
2.4.6 Manganeso.	53	15
2.4.7 Molibdeno.	59	15
2.4.8 Zinc	59	16
III. MATERIALES Y METODOS	61	18
3.1 Materiales.	61	18
3.2 Métodos	66	18
3.2.1 Métodos para el análisis físico-químico	73	18
3.2.1.1 Color del suelo	73	19
3.2.1.2 Humedad	73	19
3.2.1.3 Textura	73	19
3.2.1.4 Reacción del suelo.	73	19
3.2.1.5 Carbono orgánico.	73	19
3.2.1.6 Materia orgánica.	73	19
3.2.1.7 Nitrógeno intercambiable	73	19
3.2.1.8 Fósforo aprovechable.	73	20
3.2.2 Determinación de aluminio, boro, cobre, cobalto, hierro, man		

	Pág.
ganeso, molibdeno y zinc inter-	
cambiables.	20
3.2.3 Análisis estadístico.	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.	21
4.1 Aluminio	21
4.2 Boro.	30
4.3 Cobre.	32
4.4 Cobalto.	34
4.5 Hierro	37
4.6 Manganeso.	40
4.7 Molibdeno.	43
4.8 Zinc	46
4.9 Análisis estadístico	51
4.9.1 Aluminio.	51
4.9.2 Boro.	53
4.9.3 Cobre.	57
4.9.4 Cobalto	59
4.9.5 Hierro.	59
4.9.6 Manganeso	62
4.9.7 Molibdeno	62
4.9.8 Zinc.	66
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	73
A. CONCLUSIONES.	73
B. RECOMENDACIONES	74
VI. RESUMEN.	75
SUMMARY	77
VII. BIBLIOGRAFIA.	79
APENDICE.	88

Tabla VII. Relaciones estadísticas entre los

TABLAS

	Pág.
Tabla I. Contenido y distribución de cobre, zinc y hierro intercambiables en algunos suelos del mundo	10
Tabla II. Contenido y distribución de aluminio, manganeso y molibdeno intercambiables en algunos suelos del mundo.	11
Tabla III. Algunas características físicas correspondientes a los suelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera	21
Tabla IV. Algunas características químicas de los suelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera	24
Tabla V. Contenido de micronutrientes intercambiables en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera (Resultados en ppm).	49
Tabla VI. Contenido máximo, promedio y mínimo de micronutrientes intercambiables en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera (Resultados en ppm).	50
Tabla VII. Relaciones estadísticas entre los	

ILUSTRACIONES

	Pág.
micronutrientes intercambiables y algunas variables edafológicas, en los suelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera	72
Figura 2. Contenido promedio de aluminio intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera	27
Figura 3. Contenido promedio de boro intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera	29
Figura 4. Contenido promedio de cobre intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera	33
Figura 5. Contenido promedio de cobalto intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera	35
Figura 6. Contenido promedio de níquel intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera	38
Figura 7. Contenido promedio de zinc intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de	

ILUSTRACIONES

	Pág.
Figura 1. Localización de la zona estudiada en el municipio de Tumaco. Lugares de toma de muestras	3
Figura 2. Contenido promedio de aluminio intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera	27
Figura 3. Contenido promedio de boro intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera	29
Figura 4. Contenido promedio de cobre intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera	33
Figura 5. Contenido promedio de cobalto intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.	35
Figura 6. Contenido promedio de hierro intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera	38
Figura 7. Contenido promedio de manganeso intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de	

	Pág.
Figura 7. Contenido promedio de molibdeno intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.	41
Figura 8. Contenido promedio de molibdeno intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.	45
Figura 9. Contenido promedio de zinc intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.	47
Figura 10. Relación entre el pH y el aluminio intercambiable en el suelo bajo condiciones de pradera.	52
Figura 11. Relación entre el pH y el aluminio intercambiable en el suelo bajo condiciones de bosque.	54
Figura 12. Relación entre el contenido de arcilla y el boro intercambiable en el suelo bajo condiciones de bosque.	55
Figura 13. Relación entre el contenido de materia orgánica y el boro intercambiable en el subsuelo bajo condiciones de bosque.	56
Figura 14. Relación entre el contenido de arcilla y el cobre intercambiable en el subsuelo bajo condiciones de pradera.	58

	Pág.
Figura 15. Relación entre el contenido de <u>ar</u> cilla y el cobre intercambiable en el subsuelo bajo condiciones de bosque	60
Figura 16. Relación entre el contenido de <u>ma</u> <u>teria orgánica</u> y el <u>hierro inter-</u> <u>cambiable</u> en el subsuelo bajo <u>con</u> diciones de cultivo	61
Figura 17. Relación entre el contenido de <u>ma</u> <u>teria orgánica</u> y el <u>hierro inter-</u> <u>cambiable</u> en el subsuelo bajo <u>con</u> diciones de pradera	63
Figura 18. Relación entre el pH y el <u>hierro</u> <u>intercambiable</u> en el subsuelo ba- jo condiciones de pradera	64
Figura 19. Relación entre el contenido de <u>ar</u> cilla y el <u>manganeso intercambia-</u> <u>ble</u> en el suelo bajo condiciones de cultivo.	65
Figura 20. Relación entre el contenido de <u>ma</u> <u>teria orgánica</u> y el <u>molibdeno in-</u> <u>tercambiable</u> en el subsuelo bajo condiciones de cultivo.	67
Figura 21. Relación entre el pH y el <u>molibde</u> <u>no intercambiable</u> en el subsuelo bajo condiciones de bosque.	68
Figura 22. Relación entre el contenido de <u>ma</u>	

	Pág.
teria orgánica y el zinc intercambiable en el suelo, bajo condiciones de bosque	69
Figura 23. Relación entre el pH y el zinc intercambiable en el suelo bajo condiciones de bosque.	71
Tabla II. Relaciones estadísticas entre los micronutrientes intercambiables y el % de arcilla en los suelos, bajo condiciones de bosque	2
Tabla III. Relaciones estadísticas entre los micronutrientes intercambiables y el % de arcilla en los suelos bajo condiciones de pradera.	3
Tabla IV. Relaciones estadísticas entre los micronutrientes intercambiables y el pH en los suelos bajo condiciones de cultivo.	4
Tabla V. Relaciones estadísticas entre los micronutrientes intercambiables y el pH en los suelos bajo condiciones de bosque	5
Tabla VI. Relaciones estadísticas entre los micronutrientes intercambiables y el pH en los suelos bajo condiciones de pradera.	5
Tabla VII. Relaciones estadísticas entre los micronutrientes intercambiables	

APENDICE

	Pág.
Tabla I. Relaciones estadísticas entre los micronutrientos intercambiables y el % de arcilla en los suelos, bajo condiciones de cultivo. . .	1
Tabla II. Relaciones estadísticas entre los micronutrientos intercambiables y el % de arcilla en los suelos, bajo condiciones de bosque . . .	2
Tabla III. Relaciones estadísticas entre los micronutrientos intercambiables y el % de arcilla en los suelos bajo condiciones de pradera. . .	3
Tabla IV. Relaciones estadísticas entre los micronutrientos intercambiables y el pH en los suelos bajo condiciones de cultivo.	4
Tabla V. Relaciones estadísticas entre los micronutrientos intercambiables y el pH en los suelos bajo condiciones de bosque	5
Tabla VI. Relaciones estadísticas entre los micronutrientos intercambiables y el pH en los suelos bajo condiciones de pradera.	6
Tabla VII. Relaciones estadísticas entre los micronutrientos intercambiables	

	Pág.
y el % de materia orgánica en los suelos bajo condiciones de cultivo.	7
Tabla VIII. Relaciones estadísticas entre los micronutrientos intercambiables y el % de materia orgánica en los suelos bajo condiciones de bosque	8
Tabla IX. Relaciones estadísticas entre los micronutrientos intercambiables y el % de materia orgánica en los suelos bajo condiciones de pradera.	9
Tabla X. Relaciones estadísticas entre los elementos aluminio y hierro intercambiables en los suelos bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.	10

II. REVISIÓN DE LITERATURA
ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS MENORES INTERCAMBIABLES
EN SUELOS DE LA LLANURA DEL PACÍFICO,
DEPARTAMENTO DE NARIÑO (").

La Llanura del Pacífico está situada en el extremo suroccidental de Colombia, en el Departamento de Nariño. Está formada por los valles bajos de los ríos que desembocan en el mar. Ocupa en la costa y llega hasta la curva del nivel de los mil metros sobre la Cordillera Occidental (4).

Por
LEONARDO AGREDA JOJOA
DIOGENES OTERO CAMPO

I. INTRODUCCIÓN
Las coordenadas del centro de la zona de estudio son: 1° 30' de latitud Norte y 79° 40' de longitud Oeste de Greenwich (4) (Fig. 1).

Los micronutrientes son esenciales para lograr una mejor productividad en los distintos cultivos (6). Su estimación cuantitativa en los suelos, es un índice de la capacidad de suministro inmediato.

Se suelen presentar deficiencias de micronutrientes en los suelos donde las prácticas en los cultivos van asociadas con la aplicación intensiva de fertilizantes a base de elementos mayores.

La presente investigación se orientó hacia la obtención de información básica acerca del contenido de las formas intercambiables de los micronutrientes en algunos suelos de la Llanura del Pacífico en el Departamento de Nariño, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.

(") Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Jorge Ortega Enríquez I.A.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Condiciones generales de la zona.

La Llanura del Pacífico está situada en el extremo sur-oeste de Colombia, en el Departamento de Nariño. Está formada por los valles bajos de los ríos que desembocan en el Pacífico. Empieza en la costa y llega hasta la curva de nivel de los mil metros sobre la Cordillera Occidental (4).

Las coordenadas geográficas del centro de la zona de estudio son: $1^{\circ} 30'$ de Latitud Norte y $78^{\circ} 40'$ de Longitud Oeste de Greenwich (4) (Fig. 1).

La zona estudiada se encuentra entre los 25 metros sobre el nivel del mar (Agua Clara), y 250 m.s.n.m. (La Guayacana). La pluviosidad varía entre 4.000 y 8.000 mm/año y su temperatura promedio anual es de 26°C (29).

De acuerdo a Espinal y Montenegro (4), quienes tienen en cuenta el sistema propuesto por Holdridge, la zona en estudio se considera como bos que húmedo tropical (bh-T). Las altas temperaturas junto con la excesiva humedad han favorecido la existencia de gran cantidad de plantas epífitas.

La humedad relativa oscila entre 74,5 y 82 por ciento en las horas de la mañana, y en la noche puede llegar al 100 por ciento, según datos de la Estación Meteorológica del Mira (29).

La nubosidad es del orden de 4-5 horas día (43). Prevalecen los vientos de escasa velocidad

en dirección Noreste y Sureste (55).

2.2 Geología.

Anderson, citado por Gutiérrez (32) y Angulo et al (4) puntualizan que la historia geológica de la región estudiada está afectada por una intensa invasión marina que había comenzado en los finales del Oligoceno y continuó durante todo el Mioceno, inundando una gran parte de la región Occidental de Colombia.

Posiblemente, la zona se formó a fines del Mioceno (Terciario), durante un período de mucha actividad volcánica. Los ríos de la región empezaron luego a erodar la formación y, aparentemente, la erosión fué más intensa cerca al mar donde todavía se encuentran las pendientes más fuertes (4).

En el Mioceno, los sedimentos derivados de la Cordillera de los Andes y de la Cordillera de la Costa, se depositaron en la gran depresión denominada Geosinclinal de Bolívar. El fin del Mioceno fué caracterizado por una completa remoción de los mares, producida por intensa erosión, principalmente en la Cordillera de la Costa (22, 31).

Ya muy avanzada la erosión se hundió la región a un nivel inferior al mar en el Plioceno (Terciario), o en el principio del Pleistoceno (Cuaternario) y las desembocaduras de los ríos se convirtieron en bahías del mar. En ésta época, la zona fué cubierta con depósitos de cenizas volcánicas que forman ahora la superficie de la mayoría de las colinas y han formado los suelos rojos arcillosos ácidos (Latosoles rojos) (29). Durante el Pleistoceno, se elevó gran

parte de la plataforma continental hasta el nivel del mar o un poco encima, formándose el terreno que ahora se conoce como la terraza. El Holoceno es el período en el cual se formaron los aluviones de los ríos y la zona de los manglares (4).

2.3 Suelos.

Goosen et al (29) agrupan los suelos de la región del Río Mira en cuatro zonas: Manglares, Aluvial, Terraza y Colinas.

Según Angulo et al (4), las cantidades de nitrógeno total obtenido en esta región, son más elevadas de lo previsto para regiones de clima húmedo tropical, debido a la abundancia de nitrógeno orgánico. El contenido de fósforo total se aproxima a niveles promedios aceptables; mientras que el potasio total presenta concentraciones bajas.

Angulo y Martínez (5) afirman que debido a la presencia de capas subyacentes impermeables y nivel freático alto, estos suelos presentan un drenaje que va de lento a demasiado lento, lo cual influye directa y negativamente en la adecuada explotación de los mismos. La mayoría de los suelos de esta región son de textura liviana y media.

La mayor acumulación de materia orgánica en los primeros horizontes, determina un mayor porcentaje de porosidad (5).

2.3.1 Zona de Manglares.

Los manglares son de origen marino, constituidos por la deposición de materiales devueltos

por el mar; éstos materiales previamente han sido transportados por los ríos de la región. El relieve plano, la proximidad al Océano y la escasa altitud favorecen la inundación de los suelos durante la marea alta (29).

2.3.2 Zona Aluvial.

La zona aluvial comprende el terreno formado por las deposiciones recientes de los ríos, principalmente del Mira. Esta zona consta de una plana aluvial, un delta y una área de transición, gradual de por medio (29).

2.3.3 Zona de Terraza.

Esta terraza se formó como una planicie de sedimentos volcánicos. El relieve es relativamente plano con ligeras ondulaciones. Se encuentran también algunas depresiones conocidas en la región con el nombre de Guandal (29).

2.3.4 Zona de Colinas.

La zona de colinas es una formación del Terciario. La configuración actual del terreno es el resultado de la severa erosión durante largo tiempo. El relieve de las colinas es ondulado y quebrado con pendientes entre el 12 y el 50% (29).

2.4 Micronutrientes.

Los elementos traza son nutrientes insustituibles y esenciales para lograr un desarrollo y una elevada productividad en los distintos cultivos (6).

De acuerdo a Millar y Turk citados por De Santana (20) puntualizan que las funciones que ejercen los micronutrientes en las plantas son de naturaleza estructural y fisiológica, así:

- A. Constituyentes de los tejidos vegetales;
- B. Reguladores de los procesos de acidez de las plantas;
- C. Catalizadores o estimuladores de los procesos metabólicos;
- D. Participantes en los procesos de oxidación;
- E. Influyentes en los procesos de ósmosis;
- F. Crean un ambiente favorable al desarrollo del sistema radical;
- G. Interfieren en la absorción de otros elementos por la planta.

Las interacciones verificadas entre los micronutrientes son de máxima importancia en el aprovechamiento de los mismos por las plantas (20).

Según Mellich y Drake (40), las interacciones más frecuentes entre los micronutrientes y entre éstos y los macronutrientes son:

- A. El cobre neutraliza la toxicidad del zinc y del molibdeno, regula la absorción de hierro

y manganeso por las plantas, estimula los procesos de nitrificación por los microorganismos y aumenta el contenido de nitrógeno en las plantas;

B. El hierro deprime la absorción del manganeso por las plantas;

C. Un exceso de manganeso aumenta la absorción del hierro;

D. Los fosfatos favorecen la absorción del hierro y manganeso y deprimen la absorción del zinc;

E. Los sulfatos disminuyen la absorción del molibdeno por las plantas.

2.4.1 Aluminio.

El estudio del aluminio se ha incrementado actualmente debido a la definitiva influencia que ejerce en las propiedades físico-químicas y fertilidad de los suelos (56). Las investigaciones en cuanto a su efecto fisiológico en las plantas son muy escasas, los resultados obtenidos demuestran que éste elemento es poco móvil y tiene mucha afinidad por la pectina, razón por la cual se acumula en las paredes celulares. Debido a su escasa movilidad las raíces contienen entre 80 y 90 por ciento del aluminio existente en las plantas (35).

Según Bear (9), las fuentes de aluminio en el suelo son los aluminosilicatos de origen primario y secundario. Entre los minerales primarios que contienen dicho elemento se encuentran feldespa-

tos, piroxenos, anfíboles y micas; entre los secundarios se encuentran las arcillas y óxidos de aluminio hidratados.

La acidez de los suelos está relacionada con la actividad del aluminio de cambio a través de las reacciones de intercambio o hidrólisis que se resumen de la siguiente manera:

Cuando el aluminio es desplazado de las arcillas mediante reacciones de intercambio, se hidroliza en la solución del suelo produciendo hidrógeno.



El aluminio es reabsorbido saliendo nuevamente a la posición de intercambio y así sucesivamente (60).

El aluminio es uno de los elementos más abundantes en los suelos ácidos como en muchos de la zona intertropical húmeda. Este elemento en concentraciones apreciables puede ser tóxico para muchas plantas mientras que en otras, principalmente acidófitas su presencia parece tener un efecto estimulante (2).

En las Tablas I y II, se presenta el contenido y distribución de aluminio intercambiable, lo mismo que de otros micronutrientes en suelos de varias regiones del mundo.

2.4.2 Boro.

Entre algunas de las funciones del bo

TABLA I
 CONTENIDO Y DISTRIBUCION DE COBRE, ZINC Y HIERRO INTERCAMBIABLES
 EN ALGUNOS SUELOS DEL MUNDO (Resultados en ppm).

SUELOS	Profundidad (cms)	COBRE	ZINC	HIERRO	REFERENCIA
Suelos arenosos de Israel	0 - 30	2.1	4.3	---	Ravikovit ch (44)
	30 - 60	1.9	3.3	---	
	60 - 90	1.3	3.3	---	
Suelos aluviales de Israel	0 - 30	5.5	8.6	---	Ravikovit ch (44)
	30 - 60	5.2	5.5	---	
	60 - 90	4.2	5.3	---	
Suelos andosoles de Costa Rica.	0 - 30	17.4	7.2	---	Rubistein (48)
	30 - 60	19.9	4.9	---	
	60 - 90	26.3	3.8	---	
Suelos forestales de Escocia.	6 - 20	0.4	---	10.0	Swaine y Mitchel (53)
	33 - 48	0.1	---	5.0	
	60 - 76	0.1	---	5.0	
	90 - 106	0.2	---	5.0	
Suelos ácidos de España.	0 - 10	---	---	4.3	Sánchez y Dios (50)
	10 - 25	---	---	0.8	
	25 - 54	---	---	0.7	
	54 - 90	---	---	4.0	
Suelos de Bahía, Brasil	---	---	---	TRAZA	---
Suelos de Bahía, Brasil	---	0.5	0.1	28.6	De Sanatana (20)
Suelos de la Sabana de Tiquerres, Colombia	---	0.53	0.96	140.6	Chamorro (18)
Suelos del Valle del Patía, Colombia	---	---	0.21	---	Astaiza (7)

TABLA II

CONTENIDO Y DISTRIBUCION DE ALUMINIO, BORO, COBALTO, MANGANESO Y MOLIBDENO INTERCAMBIABLES EN ALGUNOS SUELOS DEL MUNDO (Resultados en ppm).

SUELOS	Profundidad (cms)	Al	B	Co	Mn	Mo	REFERENCIA
Suelos forestales de Escocia	6 - 20	---	---	---	87.0	0.01	Swaine y Mitchel (53)
	33 - 48	---	---	---	15.0	0.10	
	60 - 76	---	---	---	6.0	0.07	
	90 - 106	---	---	---	13.0	0.05	
Suelos Latosoles de Costa Rica	0 - 20	---	---	---	3.8	---	Retana. (47)
Suelo aluvial de Costa Rica	0 - 20	---	---	---	10.0	---	Retana. (47)
Suelo ácido de Kéntuky	0 - 20	---	---	---	2.8	---	Sherman (51)
Suelos de Bahía, Brasil	---	---	---	---	89.7	---	De Santana (20)
Suelos volcánicos de Nariño, Colombia.	---	---	---	---	16.4	---	Castro (16)
Suelos de la Sabana de Mquerres, Nariño	---	84.0	0.78	0.87	0.52	---	Chamorro (18)
Suelos del Valle del Patía, Colombia.	---	14.5	1.08	0.38	---	---	Astaiza (7)

ro en la vida de las plantas merecen destacarse: síntesis de proteína, reproducción celular y activador enzimático (6).

El boro además interviene en la división celular, enzimas de fosforización y síntesis de glutamina (26). Actúa también en la germinación del polen, y en la formación de raíces, flores y frutos (36).

Este elemento, igual que el calcio, es importante para la formación de nuevas paredes celulares, razón por la cual una deficiencia afecta las yemas. Es muy inmóvil y una vez acumulado en los órganos, como hojas viejas, no se traslada más; por tal razón una provisión constante es esencial para asegurar un crecimiento normal (2).

Una deficiencia de boro hace disminuir la proporción de agua absorbida por la planta y el desplazamiento de los azúcares en la misma (14).

De los elementos esenciales para la planta, el boro es el que requiere en menos cantidad. La cantidad de boro soluble en agua en los suelos, parece estar más influenciada por el pH que por otro factor cualquiera; sin embargo el contenido de materia orgánica, el contenido de coloides, edad del suelo y sistemas de irrigación empleados merecen tenerse en cuenta (35).

Según Buckman y Brady (14), éste elemento se encuentra en la naturaleza formando borosilicatos y boratos.

2.4.3 Cobre.

El papel del cobre en la fisiología de la planta es el de actuar en la síntesis de clorofila, como activador enzimático, regulador del crecimiento y en la producción de semillas (6).

Okuntsov, citado por Blasco (11) señala que el cobre tiene como función especial retardar la descomposición de la clorofila, además parece ser necesario en la nutrición animal por cuanto interviene en los procesos de oxidación y en la transferencia de energía (28).

Según Bear, citado por Chamorro y Echeverría (18), la mayor parte de las plantas contienen menos de 10 ppm de cobre, calculados sobre la materia seca, y normalmente muestra efectos tóxicos cuando se halla en una proporción de 30 ppm.

La deficiencia de cobre afecta el crecimiento joven (die-back) y a veces causa una clorosis en las hojas. Es muy común en suelos de alto contenido de materia orgánica, como en suelos pantanosos (2).

2.4.4 Cobalto.

Se ha demostrado que el cobalto es un elemento indispensable en el crecimiento de los animales, y esencial en los vegetales en lo relacionado con la síntesis de cobalamina (12).

Según Gros, citado por Chamorro y Echeverría (18), el cobalto hace posible la síntesis de

la hemoglobina de la sangre; por ésta razón, los animales encuentran en sus forrajes éste elemento en pequeñas cantidades, para evitar riesgo de enfermedades.

Los requerimientos de cobalto en la nutrición animal son del orden de 0.08 a 1.0 ppm (1, 42).

2.4.5 Hierro.

Tiene que ver en la vida de las plantas en lo relacionado con la síntesis de la clorofila, reproducción celular y como regulador del sistema respiratorio (6).

De suma importancia es el estado de valencia del hierro en la planta. Fisiológicamente activo es solamente en forma ferrosa. Así un análisis cuantitativo del hierro total en un tejido vegetal es de poco valor para determinar una deficiencia. Puede haber acumulación de hierro, pero en forma férrica y a pesar de esto existir una fuerte deficiencia de hierro (2).

El hierro se presenta en el suelo en las formas iónicas ferrosa Fe^{++} y férrica Fe^{+++} , siendo más soluble la primera, forma que predomina en los suelos de pH más bajos. A medida que el pH del suelo aumenta, el hierro se precipita insolubilizándose, ocasionando algunas deficiencias en las plantas (11).

En suelos tropicales los óxidos de hierro y sus hidratos: hematita, limonita, goetita,

etc. constituyen una gran mayoría de los perfiles, interviniendo directamente en la brillantez y coloración de los mismos (11).

2.4.6 Manganeso.

Entre las más importantes funciones fisiológicas del manganeso en la vida de las plantas podemos concretar las siguientes: síntesis de clorofila, síntesis de carbohidratos, síntesis de vitaminas, metabolismo del nitrógeno, activador enzimático y regulador del crecimiento (6).

Este elemento muestra un antagonismo fuerte con el hierro, a veces un exceso de manganeso puede provocar una deficiencia de hierro (2).

Constituye el 0.09 por ciento de la corteza terrestre (27). Las cantidades totales más generalizadas se hallan comprendidas entre 0.005 a 0.05 por ciento, con un promedio cercano al 0.1 por ciento en suelos agrícolas, presentándose en formas de Mn^{++} , Mn^{+++} y Mn^{++++} (11).

2.4.7 Molibdeno.

El molibdeno es importante en la vida de las plantas en lo concerniente a fijación y metabolismo del nitrógeno, además desempeña un gran papel en la reproducción (6).

La distribución del molibdeno en el perfil del suelo está asociada con la presencia y distribución de óxidos hidratados de hierro, de manganeso y materia orgánica (3).

El contenido de molibdeno en los suelos es de 2 ppm con un rango de 0.4 a 3.0 ppm para la mayor parte de los suelos agrícolas (3).

Entre las formas que puede presentar el molibdeno en el suelo la más importante es como ión MoO_4^{++} que es como lo absorbe la planta (3).

Según Jonnes, citado por De Santana (20), el molibdeno es fuertemente absorbido por los óxidos hidratados de hierro y en menor grado por los óxidos de aluminio, halloisita, nontronita y caolinita.

2.4.8 Zinc.

El zinc influye en la vida de los vegetales como: activador enzimático, en la síntesis de proteínas, producción de semillas y síntesis de hormonas (6).

Blasco (11) anota que el zinc es más necesario para las plantas que crecen en regiones de mayor brillo solar; de allí que en éstas zonas sea donde se presentan mayores posibilidades de deficiencia de este elemento.

En la corteza terrestre se encuentra alrededor de 80 ppm. Su contenido en los suelos es de 40 ppm aproximadamente con un rango para la mayoría de los suelos agrícolas entre 10 y 200 ppm (53).

En horizontes donde abunda la materia orgánica se presentan los mayores contenidos de zinc

(11). Este elemento es muy poco móvil en el perfil del suelo. Su movimiento varía con la textura del mismo, disminuyendo de suelos arenosos a suelos francos (8).

Para la realización de la presente investigación se utilizaron muestras provenientes de la llanura del Pacífico en el Departamento de Narino, en el trayecto comprendido entre la Guayacona y Agua Clara.

Se tomaron muestras de los dos primeros horizontes en seis perfiles diferentes, en suelos bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera, en las regiones de: La Guayacona, Llorente, Tangareal, Imbili, Palmer del Río y El Tigre.

Las diferentes muestras representativas se obtuvieron mediante catocs con barreno o descubriendo los perfiles a pala, y se llevaron al laboratorio en bolsas de polietileno, se secaron al aire y se pasaron a través de un tamis de 2 mm., guardándose luego en frascos de vidrio.

3.2 Métodos.

Los análisis físico-químicos generales, lo mismo que las determinaciones de las formas intercambiables de los micronutrientes estudiados, se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Narino.

3.2.1 Métodos para el análisis físico-químico.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales.

Para la realización de la presente investigación se utilizaron muestras provenientes de la Llanura del Pacífico en el Departamento de Nariño, en el trayecto comprendido entre la Guayacana y Agua Clara.

Se tomaron muestras de los dos primeros horizontes en seis perfiles diferentes, en suelos bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera, en las regiones de: La Guayacana, Llorente, Tangareal, Imbilí, Palmar del Río y El Tigre.

Las diferentes muestras representativas se obtuvieron mediante cateos con barreno o descubriendo los perfiles a pala, y se llevaron al laboratorio en bolsas de polietileno, se secaron al aire y se pasaron a través de un tamíz de 2 mm., guardándose luego en frascos de vidrio.

3.2 Métodos.

Los análisis físico-químicos generales, lo mismo que las determinaciones de las formas intercambiables de los micronutrientes estudiados, se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

3.2.1 Métodos para el análisis físico-químico.

3.2.1.1 Color del suelo.

Mediante la utilización de las tablas de colores Munsell (41).

3.2.1.2 Humedad.

Se calculó el porcentaje de agua retenida en el suelo, expresado en base seca, desecando la muestra en la estufa a 105°C . por un lapso de 24 horas (52).

3.2.1.3 Textura.

Se determinó por el método de Bouyoucos (13).

3.2.1.4 Reacción del suelo.

Se determinó mediante el potenciómetro tipo Beckman H-2 en una mezcla suelo-agua 1:2 (35).

3.2.1.5 Carbono Orgánico.

Se determinó por el método de Walkley-Black (59).

3.2.1.6 Materia Orgánica.

Se calculó multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por el factor 1.724 (35).

3.2.1.7 Hidrógeno intercambiable.

IV. Se determinó por el método semi-
microkjeldahl (10).

3.2.1.8 Fósforo aprovechable.

Se determinó utilizando el método
Bray II descrito por Saiz del Río y Bornemisza (49).

3.2.1.9 Determinación del aluminio, boro, cobre, cobalto, hierro, manganeso, molibdeno y zinc intercambiables.

Para la determinación de boro, co-
bre, cobalto, hierro, manganeso y zinc intercambiables,
se siguieron los métodos de Chang y Jackson con las
modificaciones propuestas por Yang, citados por Cham-
orro y Echeverría (18).

El molibdeno intercambiable se de-
terminó por el método descrito por Saiz del Río y Bor-
nemisza (49).

El aluminio intercambiable según
el método basado en la determinación colorimétrica con
aluminón (49).

3.2.3 Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico se u-
tilizaron criterios de regresión, correlación y porcen-
taje de asociación; efectuados en una calculadora eléc-
trica "Olympia".

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se discuten los resultados obtenidos de las formas intercambiables de ocho elementos menores, lo mismo que las correlaciones obtenidas entre éstos con algunas características físico-químicas de los suelos de la Llanura del Pacífico.

Los resultados se presentan en las Tablas III a VI y I a X del Apéndice. En las Figuras 2 a 9 se observan los contenidos promedios de los elementos estudiados, para suelos y subsuelos bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.

4.1 Aluminio.

El aluminio de cambio bajo condiciones de cultivo en los suelos estudiados presentó un promedio de 47,644 ppm., con un máximo de 81,357 y un mínimo de 7,177 ppm.; en los subsuelos bajo la misma condición el promedio fué de 62,015 ppm., con un máximo de 88,364 y un mínimo de 7,695 ppm.

El promedio de aluminio de cambio bajo condiciones de bosque fué de 56,098 ppm., con un máximo de 97,018 y un mínimo de 22,285 ppm., en los suelos y en los subsuelos un promedio de 43,652 ppm., con un máximo de 82,865 y un mínimo de 11,703 ppm.

Bajo pradera el promedio de aluminio de cambio fué de 59,313 ppm., con un máximo de 102,751 y un mínimo de 8,397 ppm., en los suelos y en los subsuelos un promedio de 54,739 ppm., con un máximo de 105,087 y un mínimo de 1,519 ppm.

TABLA III

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS ESTUDIADOS,
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO, BOSQUE Y PRADERA.

CARACTERISTICAS	HZ	GUAYACANA				LLORENTE				
		Cultivo	Bosque	Pradera	Cultivo	Bosque	Pradera	Cultivo	Bosque	Pradera
Profundidad en cms.	A	0 - 5	0 - 7	0 - 5	0 - 5	0 - 5	0 - 5	0 - 5	0 - 5	0 - 5
	B	5 - 40	7 - 60	5 - 50	5 - 45	5 - 40	5 - 45	5 - 40	5 - 45	5 - 45
Humedad %	A	11,59	13,32	12,11	9,36	10,53	10,62	10,53	10,62	10,62
	B	8,77	11,35	13,62	9,30	8,69	8,55	8,69	8,55	8,55
Color en seco	A	10YR-3/2	10YR-3/3	10YR-3/3	10YR-4/3	10YR-4/3	10YR-4/3	10YR-4/3	10YR-4/3	10YR-4/3
	B	10YR-5/4	10YR-5/4	10YR-5/4	10YR-7/4	10YR-7/4	10YR-7/4	10YR-7/4	10YR-7/4	10YR-7/4
Color en húmedo	A	10YR-2/2	10YR-2/2	10YR-2/2	10YR-3/2	10YR-3/2	10YR-3/2	10YR-3/2	10YR-3/2	10YR-3/2
	B	2,5YR-4/4	2,5YR-4/4	2,5Y-4/4	10YR-5/4	10YR-5/4	10YR-5/4	10YR-5/4	10YR-5/4	10YR-5/4
Arenas %	A	75,47	73,47	79,47	69,47	69,47	75,47	69,47	75,47	75,47
	B	55,47	61,47	75,47	55,47	55,47	47,47	55,47	47,47	47,47
Arcilla %	A	4,53	3,52	4,53	4,53	2,53	3,53	2,53	3,53	3,53
	B	6,53	6,53	4,53	18,53	8,53	22,53	8,53	22,53	22,53
Limos %	A	20,00	23,00	16,00	26,00	28,00	21,00	28,00	21,00	21,00
	B	38,00	32,00	20,00	26,00	36,00	30,00	36,00	30,00	30,00
Textura	A	A - F [†]	A - F	A - F	F - A	F - A	A - F	F - A	A - F	A - F
	B	F - A	F - A	A - F	F - A	F - A	F - A	F - A	F - A	F - A

† F = Franco; A = Arenoso; Ar = Arcilloso.

TABLA III

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS ESTUDIADOS,
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO, BOSQUE Y PRADERA

(Continuación)

CARACTERISTICAS	HZ	TANGAREAL			EL TIGRE		
		Cultivo	Bosque	Pradera	Cultivo	Bosque	Pradera
Profundidad en cms.	A	0 - 7	0 - 7	0 - 7	0 - 20	0 - 20	0 - 20
	B	7 - 80	7 - 80	7 - 80	20 - X	20 - X	20 - X
Humedad %	A	6,72	10,44	4,13	12,33	12,02	10,72
	B	5,10	6,06	6,72	11,57	12,53	11,11
Color en seco	A	10YR-5/2	10YR-5/2	10YR-5/2	10YR-3/4	10YR-3/4	10YR-3/4
	B	10YR-7/2	10YR-7/2	10YR-7/2	10YR-3/3	10YR-3/3	10YR-3/3
Color en húmedo	A	5YR-2/2	5YR-2/2	5YR-2/2	5YR-2/2	5YR-2/2	5YR-2/2
	B	2,5YR-5/2	2,5YR-5/2	2,5YR-5/2	10YR-2/2	10YR-2/2	10YR-2/2
Arenas %	A	73,47	57,47	39,47	67,47	73,47	67,47
	B	71,47	51,47	27,47	65,47	69,47	71,47
Arcilla %	A	2,53	6,53	24,53	4,12	4,12	4,53
	B	0,53	14,53	27,53	5,12	5,12	5,53
Limos %	A	24,00	36,00	36,00	28,41	22,41	28,00
	B	18,00	34,00	45,00	29,41	25,41	23,00
Textura	A	A - F ⁺	F - A	F	F - A ⁺	A - F	F - A
	B	A - F	F - A	F - Ar	F - A	F - A	F - A

⁺F = Franco; A = Arenoso; Ar = Arcilloso.

TABLA III

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS ESTUDIADOS,
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO, BOSQUE Y PRADERA.
(Continuación)

CARACTERISTICAS	HZ	IMBILI			PALMAR DEL RIO		
		Cultivo	Bosque	Pradera	Cultivo	Pradera	Pradera
Profundidad en cms.	A	0 - 25	0 - 15	0 - 20	0 - 5	0 - 4	
	B	25 - X	15 - X	20 - X	5 - 30	4 - X	
Humedad %	A	2,85	3,86	3,22	5,76	5,90	
	B	1,20	1,22	1,29	3,90	3,37	
Color en seco	A	2,5YR-5/4	2,5YR-5/4	2,5YR-5/4	10YR-5/4	10YR-5/4	
	B	5Y-5/3	5Y-5/3	5Y-5/3	10YR-5/6	10YR-5/6	
Color en húmedo	A	10YR-3/4	10YR-3/4	10YR-3/4	10YR-3/4	10YR-3/4	
	B	2,5Y-3/2	2,5Y-3/2	2,5YR-3/2	7,5YR-4/4	7,5YR-4/4	
Arenas %	A	45,47	41,47	43,47	59,47	61,47	
	B	83,47	79,47	88,47	35,47	31,47	
Arcillas %	A	7,12	7,12	7,12	13,04	14,64	
	B	3,12	4,12	1,12	38,04	41,04	
Limos %	A	47,41	51,41	49,41	27,49	24,49	
	B	13,41	16,41	10,41	26,49	27,49	
Textura	A	F	F - L	F	F - A	F - A	
	B	A - F	A - F	A	F - Ar	F - Ar	

+ F = Franco; A = Arenoso; Ar = Arcilloso.

TABLA IV

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS,
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO, BOSQUE Y PRADERA.

(Continuación)

L u g a r	Condición	H ₂ O	pH Agua: suelo (2:1)	C % Orgánico M.O.	% Intercambiable	N ppm.	P Aprovechable Bray II ppm.
EL TIGRE	Cultivo	A	4,50	21,05	36,29	32,71	2,01
		B	4,30	15,32	26,41	12,50	0,54
	Bosque	A	4,05	22,42	38,66	12,55	1,29
		B	4,85	18,46	31,84	15,12	0,55
	Pradera	A	4,20	18,55	31,99	14,88	1,95
		B	3,80	18,10	31,21	24,89	1,60
IMBILI	Cultivo	A	6,55	2,63	4,54	4,61	20,75
		B	6,65	0,35	0,60	27,21	69,95
	Bosque	A	6,40	1,45	2,50	2,33	10,65
		B	6,80	0,11	0,20	2,27	34,45
	Pradera	A	6,30	3,00	5,17	4,63	8,58
		B	6,35	0,35	0,60	6,81	10,01
PALMAR DEL RIO	Cultivo	A	5,00	4,55	7,85	30,69	0,66
		B	5,00	1,33	2,29	11,64	0,83
	Bosque	A	4,90	5,30	9,13	23,72	0,55
		B	5,10	1,56	2,69	18,53	0,36

		ppm.
1-CULTIVO	suelo	47,64
	subsuelo	62,01
2-BOSQUE	suelo	56,09
	subsuelo	43,65
3-PRADERA	suelo	59,31
	subsuelo	54,73

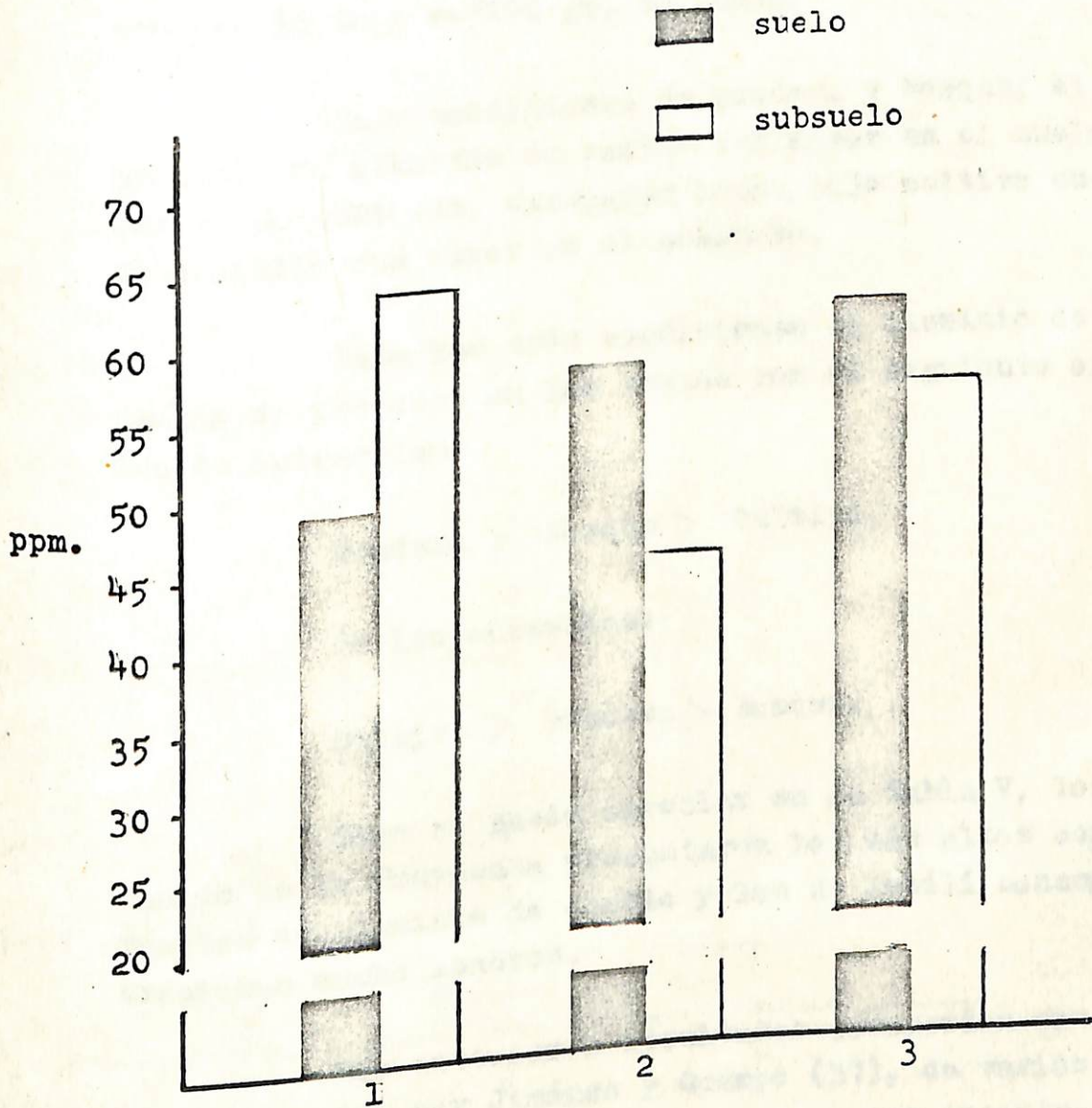


Figura 2

Contenido promedio de aluminio intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.

A la vista de los resultados obtenidos se puede concluir que los suelos de la Llanura del Pacífico presentan cantidades relativamente bajas de aluminio intercambiable; bajo las tres condiciones estudiadas el aluminio intercambiable no llega a la concentración de 1 me/100 gr. de suelo.

Bajo condiciones de pradera y bosque, el promedio de aluminio de cambio fué mayor en el suelo que en el subsuelo, excepción hecha bajo cultivo cuyo promedio fué mayor en el subsuelo.

Bajo las tres condiciones el aluminio de cambio se presentó en los suelos con el siguiente orden de intensidad:

Pradera > Bosque > Cultivo.

En los subsuelos:

Cultivo > Pradera > Bosque.

Como se puede apreciar en la Tabla V, los suelos de la Guayacana presentaron los más altos contenidos de aluminio de cambio y los de Imbilí concentraciones mucho menores.

Los anteriores resultados concuerdan con los reportados por Jiménez y Ocampo (37), en varios suelos del Departamento de Nariño, y a los encontrados por Chamorro y Echeverría (18), en los suelos de la Sabana de Túquerres. Los suelos de la Llanura del Pacífico al igual que los del área Andina fría del Departamento de Nariño no se hallan afectados por problemas de toxicidad por aluminio.

		ppm.
1- CULTIVO	suelo	0.059
	subsuelo	0.080
2- BOSQUE	suelo	0.051
	subsuelo	0.063
3- PRADERA	suelo	0.062
	subsuelo	0.066

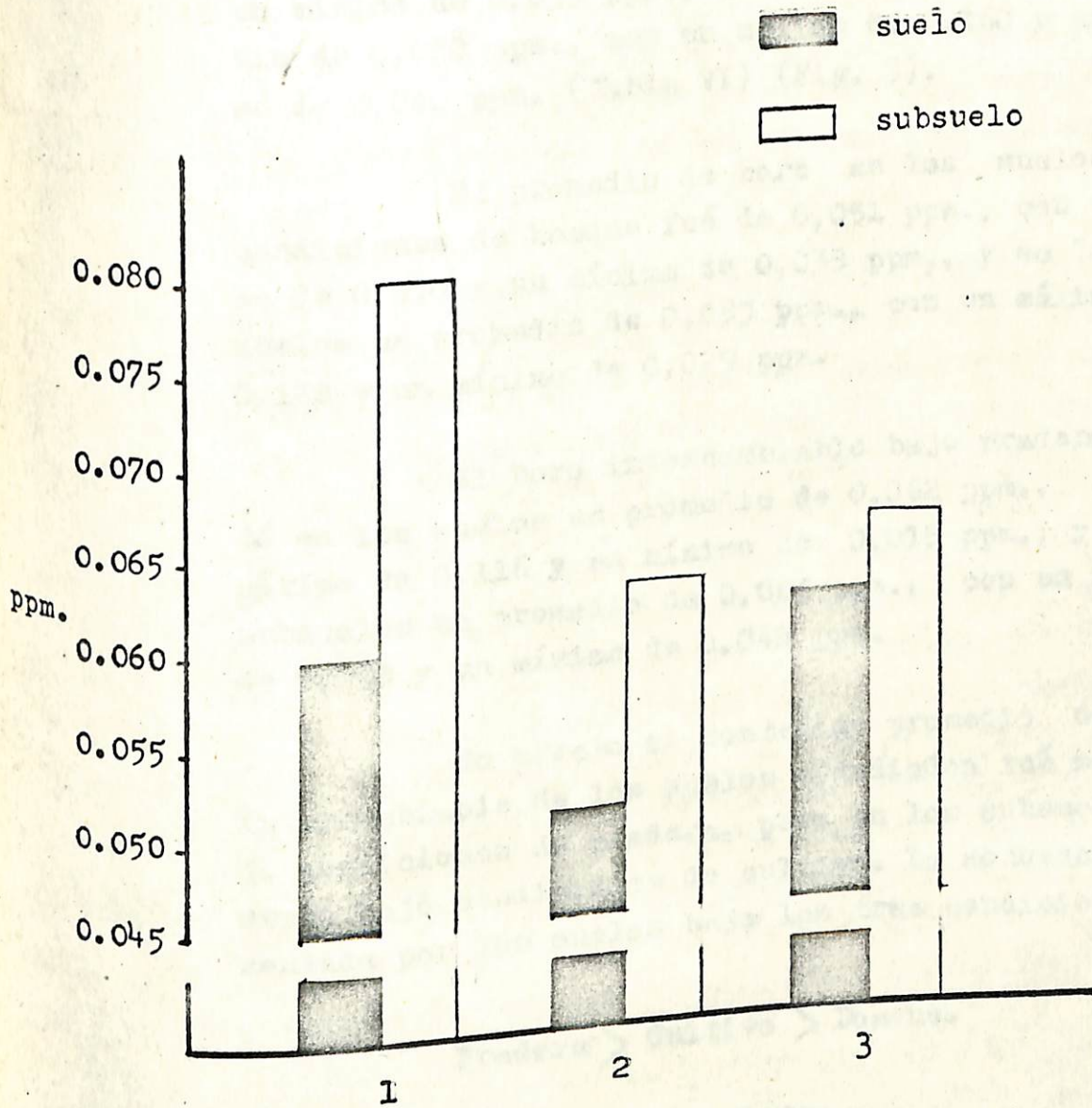


Figura 3
Contenido promedio de boro intercambiable en los
suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones
de cultivo, bosque y pradera.

4.2 Boro.

El contenido promedio de boro intercambiable en los suelos estudiados, bajo condiciones de cultivo fué de 0,059 ppm., con un máximo de 0,122 y un mínimo de 0,035 ppm.; en los subsuelos un promedio de 0,080 ppm., con un máximo de 0,160 y un mínimo de 0,040 ppm. (Tabla VI) (Fig. 3).

El promedio de boro en los suelos bajo condiciones de bosque fué de 0,051 ppm., con un máximo de 0,070 y un mínimo de 0,039 ppm., y en los subsuelos un promedio de 0,063 ppm., con un máximo de 0,122 y un mínimo de 0,029 ppm.

El boro intercambiable bajo pradera presentó en los suelos un promedio de 0,062 ppm., con un máximo de 0,116 y un mínimo de 0,015 ppm.; y en los subsuelos un promedio de 0,066 ppm., con un máximo de 0,098 y un mínimo de 0,048 ppm.

En efecto el contenido promedio de boro intercambiable de los suelos estudiados fué mayor, bajo condiciones de pradera, pero en los subsuelos, aumentó bajo condiciones de cultivo. La secuencia presentada por los suelos bajo las tres condiciones fué:

Pradera > Cultivo > Bosque.

Y en los subsuelos:

Cultivo > Pradera > Bosque.

En general el contenido de boro intercambia-

biable fué mayor en el subsuelo que en el suelo. Lo anterior posiblemente se justifica en el sentido de que el boro es entre los elementos menores el más móvil, escapándose con facilidad a horizontes inferiores (11).

El suelo de la Guayacana presentó los más bajos contenidos de boro intercambiable siendo los suelos de El Tigre los que presentaron los mayores contenidos en éste elemento.

Los resultados del boro intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados son muy inferiores a los promedios encontrados por Chamorro y Echeverría (18), en la Sabana de Túquerres (0,78 ppm) en los suelos y (0,81 ppm) en los subsuelos, y a los reportados por Astaiza (7), en el Valle del Patía (1,33 ppm) en el suelo y (1,08 ppm) en el subsuelo. De acuerdo al criterio establecido por Reisenauer (45), los niveles de boro intercambiable encontrados serían inadecuados para el desarrollo normal de la mayoría de los cultivos. Sin embargo vale la pena considerar que los requerimientos de boro según los conceptos de Malvolta et al (39), varían grandemente con la especie cultivada. Así según Braford (15), cuando en el suelo se presenta un contenido de boro intercambiable menor de 0,5 ppm. la alfalfa puede sufrir por deficiencia de éste elemento.

En suelos de Tangareal los cultivos de palma africana presentan síntomas de deficiencias de boro⁺, lo cual corrobora aún más los bajos contenidos

+ Información personal, I.C.A. Programa de Oleaginosas. Tangareal.

de éste elemento en los suelos estudiados.

4.3 Cobre.

Los resultados obtenidos indican que el cobre intercambiable tiene un contenido promedio en los suelos bajo cultivo de 5,957 ppm., con un máximo de 10,183 y un mínimo de 4,363 ppm., en los subsuelos un promedio de 5,781 ppm., con un máximo de 9,246 y un mínimo de 4,026 ppm.

7.50- Bajo condiciones de bosque el promedio de cobre intercambiable en los suelos fué de 4,809 ppm., con un máximo de 6,516 y un mínimo de 3,500 ppm.; en los subsuelos un promedio de 6,894 ppm., con un máximo de 16,790 y un mínimo de 4,361 ppm.

6.00- El promedio de cobre intercambiable en los suelos bajo condiciones de pradera fué de 5,915 ppm. con un máximo de 10,930 y un mínimo de 4,425 ppm.; en los subsuelos un promedio de 7,151 ppm. con un máximo de 12,674 y un mínimo de 3,750 ppm.

4.50- En efecto el promedio de cobre intercambiable en el suelo fué similar bajo condiciones de cultivo y pradera; pero en el subsuelo fué mayor bajo condiciones de pradera.

En general la secuencia presentada con respecto al cobre intercambiable en el suelo fué:

Cultivo = Pradera > Bosque

Para el subsuelo:

Pradera > Bosque > Cultivo.

Condición	Suelo	Subsuelo	ppm.
1- CULTIVO	suelo		5.78
	subsuelo		5.91
2- BOSQUE	suelo		4.80
	subsuelo		6.89
3- PRADERA	suelo		5.91
	subsuelo		7.15

Contenido promedio de cobre intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.

		ppm.
1- CULTIVO	suelo	5.95
	subsuelo	5.78
2- BOSQUE	suelo	4.80
	subsuelo	6.89
3- PRADERA	suelo	5.91
	subsuelo	7.15

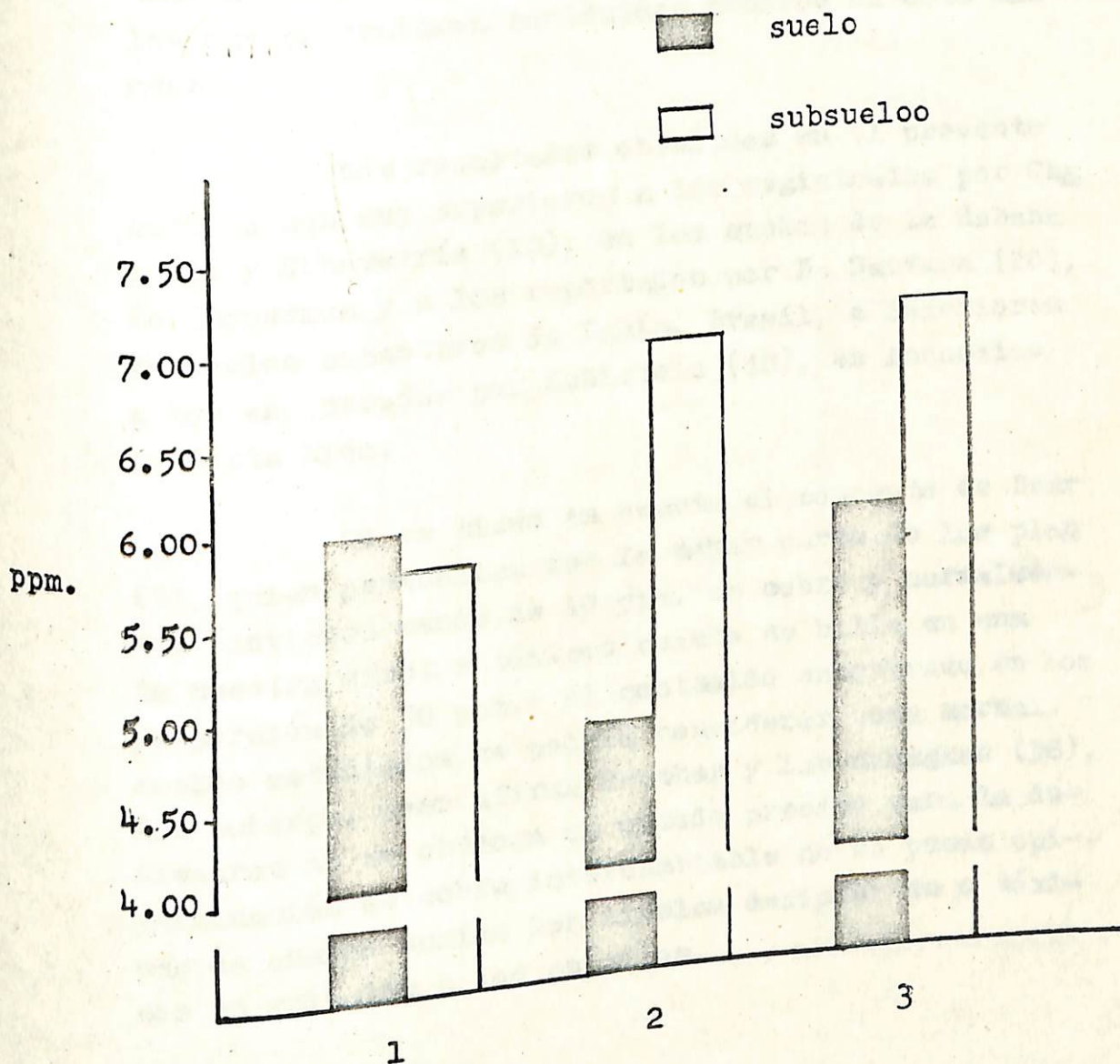


Figura 4

Contenido promedio de cobre intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.

Excepción hecha en los suelos bajo cultivo, el contenido de cobre intercambiable bajo condiciones de pradera y bosque fué mayor en el subsuelo que en el suelo. En general los suelos de la Guayaca presentaron el más alto contenido de cobre intercambiable, y los suelos de Imbilí y Palmar del Río los que presentaron contenidos menores en éste elemento.

0.80 Los resultados obtenidos en el presente estudio son muy superiores a los registrados por Chamorro y Echeverría (18), en los suelos de la Sabana de Tiquerres y a los reportados por De Santana (20), en suelos cacaoteros de Bahía, Brasil, e inferiores a los encontrados por Rubistein (48), en Andosoles de Costa Rica.

0.60 ppm. Si se tiene en cuenta el concepto de Bear (9), quien puntualiza que la mayor parte de las plantas contienen menos de 10 ppm. de cobre y normalmente muestra efectos tóxicos cuando se halla en una proporción de 30 ppm.; el contenido encontrado en los suelos estudiados se podría considerar como normal. Sin embargo, como afirma Reuther y Labanauskas (38), mientras no se obtenga un método preciso para la determinación de cobre intercambiable no se puede opinar de cuales serían los niveles deficientes o tóxicos en relación a los cultivos.

4.4 Cobalto.

El contenido promedio de cobalto intercambiable de los suelos estudiados bajo condiciones de cultivo fué de 0,567 ppm., con un máximo de 1,172 y un mínimo de trazas; en los subsuelos el promedio fué

		ppm.
1-CULTIVO	suelo	0.56
	subsuelo	0.67
2-BOSQUE	suelo	0.61
	subsuelo	0.66
3- PRADERA	suelo	0.77
	subsuelo	0.47

■ suelo
□ subsuelo

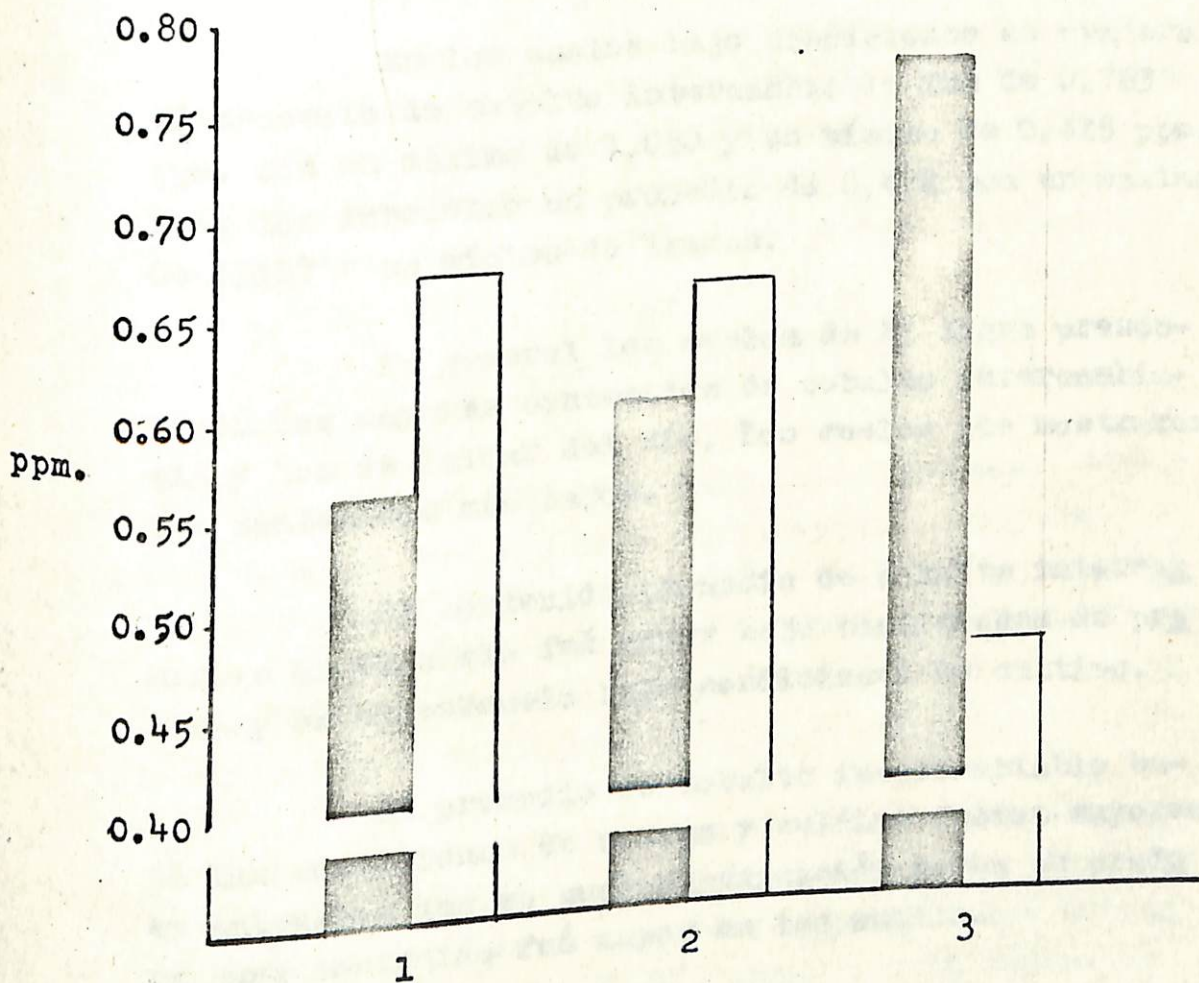


Figura 5

Contenido promedio de cobalto intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.

de 0,675 ppm. con un máximo de 1,618 y un mínimo de trazas.

Cultivo > Bosque > Pradera.
Bajo condiciones de bosque los suelos presentaron un promedio de cobalto intercambiable de 0,614 ppm., con un máximo de 1,437 y un mínimo de 0,155 ppm.; en los subsuelos un promedio de 0,675 ppm., con un máximo de 1,125 y un mínimo de 0,239 ppm.

En los suelos bajo condiciones de pradera el promedio de cobalto intercambiable fué de 0,763 ppm. con un máximo de 1,050 y un mínimo de 0,425 ppm. y en los subsuelos un promedio de 0,472 con un máximo de 1,107 y un mínimo de trazas.

En general los suelos de El Tigre presentaron los mayores contenidos de cobalto intercambiable y los de Palmar del Río. Los suelos que mostraron los contenidos más bajos.

El contenido promedio de cobalto intercambiable en el suelo fué mayor bajo condiciones de pradera y en el subsuelo bajo condiciones de cultivo.

El promedio de cobalto intercambiable bajo las condiciones de bosque y cultivo fueron mayores en subsuelos que en suelos, excepción hecha en pradera cuyo contenido fué mayor en los suelos.

La secuencia presentada en el suelo bajo las tres condiciones fué:

Pradera > Bosque > Cultivo

En el subsuelo:

Cultivo > Bosque > Pradera.

Los anteriores resultados son en promedio similares a los reportados por Chamorro y Echavarría (18), en los suelos de la Sabana de Túquerres y un poco mayores a los encontrados por Astaiza (7), en suelos del Valle del Patía.

Pese a que en la literatura no existen datos que nos permitan hacer un diagnóstico sobre niveles críticos de cobalto intercambiable, es probable que los encontrados en los suelos estudiados, sean suficientes como para suplir los requerimientos del ganado.

4.5 Hierro.

El hierro intercambiable tuvo como promedio para los suelos, bajo condiciones de cultivo 1.713,862 ppm., con un máximo de 3.172,959 y un mínimo de 745,670 ppm.; y en los subsuelos un promedio de 1.878,709 ppm., con un máximo de 4.518,626 y un mínimo de 493,391 ppm. (Tabla VI) (Fig. 6).

Bajo condiciones de bosque el promedio para los suelos fué de 1.904,562 ppm., con un máximo de 2.818,550 y un mínimo de 849,926 ppm.; en los subsuelos un promedio de 1.478,979 ppm., con un máximo de 2.391,294 y un mínimo de 715,945 ppm.

El contenido promedio para los suelos bajo condiciones de pradera fué de 1.543,635 ppm., con un máximo de 2.655,072 y un mínimo de 820,040 ppm. y en

		ppm.
1- CULTIVO	suelo	1.713,86
	subsuelo	1.878,70
2- BOSQUE	suelo	1.904,56
	subsuelo	1.478,97
3- PRADERA	suelo	1.543,63
	subsuelo	1.957,44

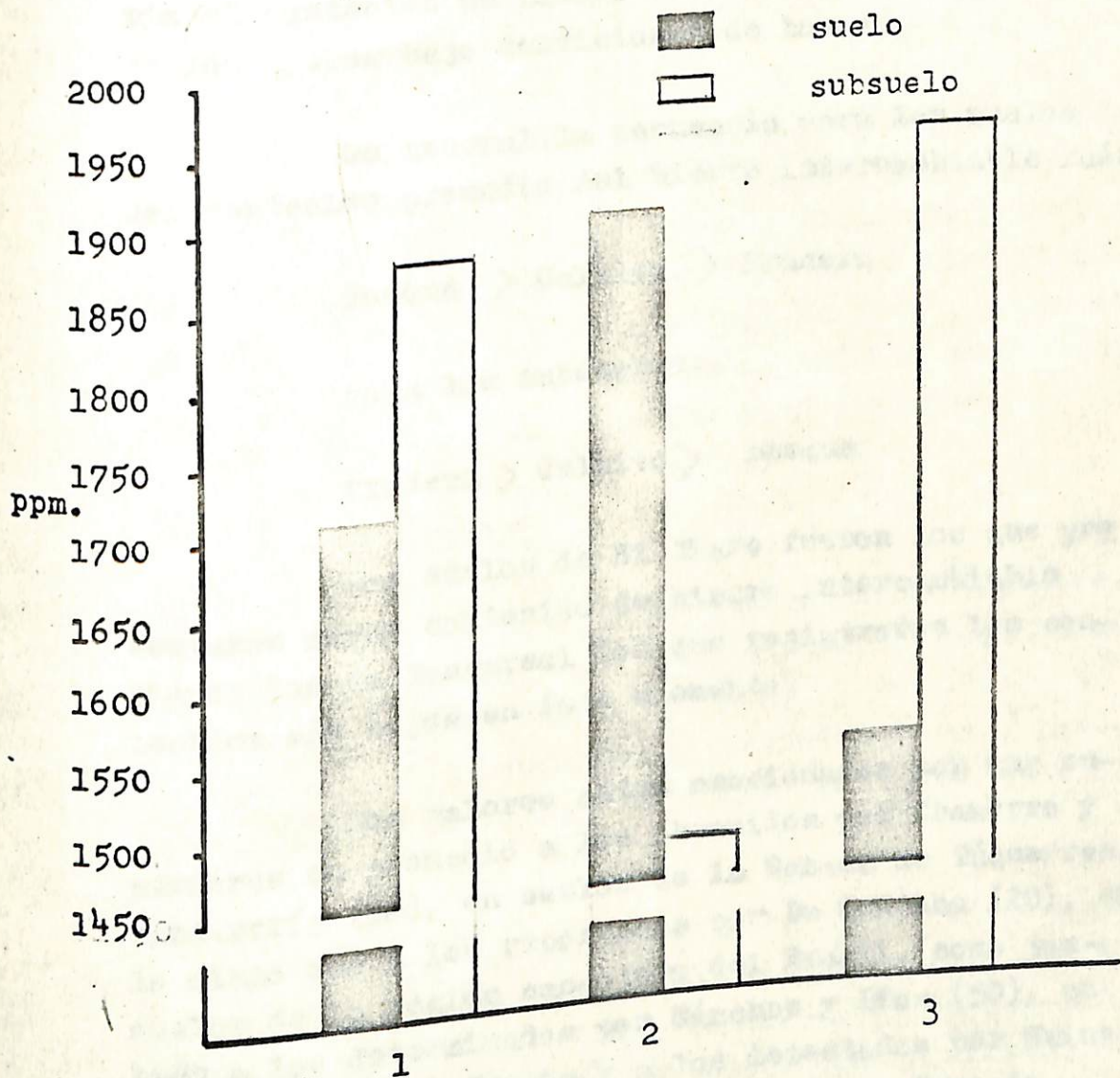


Figura 6
Contenido promedio de hierro intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.

los subsuelos un promedio de 1.957,449 ppm. con un máximo de 3.750,249 y un mínimo de 667,058 ppm.

En efecto, el contenido de hierro intercambiable en los subsuelos fué mayor que en los suelos bajo condiciones de pradera y cultivo. Por el contrario el contenido de hierro intercambiable fué mayor en los suelos bajo condiciones de bosque.

En general la secuencia para los suelos del contenido promedio del hierro intercambiable fué:

Bosque > Cultivo > Pradera

Para los subsuelos:

Pradera > Cultivo > Bosque

Los suelos de El Tigre fueron los que presentaron mayor contenido de hierro intercambiable siendo los de Tangareal los que registraron los contenidos más bajos en éste elemento.

Los valores antes mencionados son muy superiores en promedio a los obtenidos por Chamorro y Echeverría (18), en suelos de la Sabana de Túquerres, lo mismo que a los reportados por De Santana (20), en suelos de la región cacaotera del Brasil, como también a los determinados por Sánchez y Dios (50), en suelos ácidos de España y a los detectados por Swine y Mitchell (53), en suelos forestales de Escocia.

Cabe anotar que el contenido de hierro intercambiable en los suelos estudiados es el más alto que se ha registrado hasta el momento en la literatura.

Posiblemente lo anterior se explica en el sentido de que los suelos estudiados han sufrido un drástico proceso de meteorización química, auspiciada por condiciones climáticas fuertes. Por otra parte el hecho de haber extraído el hierro intercambiable con acetato de amonio 1N a pH 4.8 pudo contribuir a una mayor disolución de éste elemento a éstas condiciones de pH.

Al parecer y teniendo en cuenta los criterios de Tisdale y Nelson (54), Malavolta *et al* (39); quienes sostienen que los valores de hierro intercambiable, por sí mismos pueden tener poco significado en la toma de éste elemento por la planta y que es más importante tener en cuenta su balance con otros micronutrientes como el cobre y el manganeso.

4.6 Manganeso.

Los valores de manganeso tuvieron un promedio en los suelos, bajo condiciones de cultivo de 4,194 ppm., con un máximo de 8,828 y un mínimo de trazas; para los subsuelos un promedio de 4,284 ppm., con un máximo de 8,331 y un mínimo de trazas (Tabla VI) (Fig. 7).

Para las condiciones de bosque el contenido promedio en los suelos fué de 3,705 ppm., con un máximo de 6,722 y un mínimo de trazas; y en los subsuelos un promedio de 5,800 ppm., con un máximo de 13,919 y un mínimo de 1,518 ppm.

Para condiciones de pradera el promedio de manganeso intercambiable en los suelos fué de 2,285 ppm., con un máximo de 4,982 y un mínimo de trazas; en los subsuelos un promedio de 3,116 ppm., con

		ppm.
1-CULTIVO	suelo	4.19
	subsuelo	4.28
2-BOSQUE	suelo	3.70
	subsuelo	5.80
3-PRADERA	suelo	2.28
	subsuelo	3.11

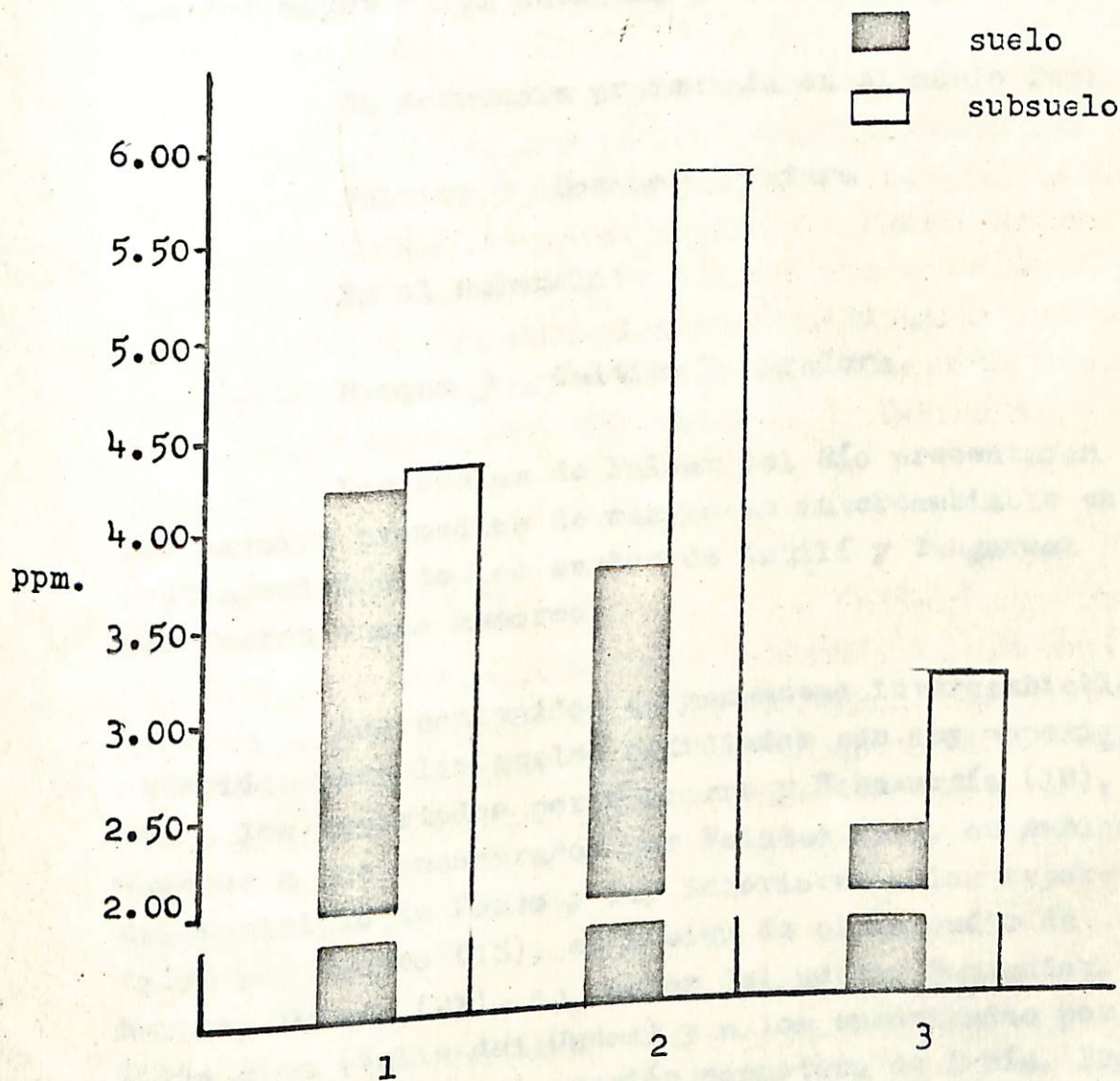


Figura 7

Contenido promedio de manganeso intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.

un máximo de 5,965 y un mínimo de trazas.

El promedio de manganeso intercambiable en el suelo fué mayor bajo condiciones de cultivo y en el subsuelo bajo condiciones de bosque. En general el contenido promedio de manganeso intercambiable fué mayor en el subsuelo que en el suelo.

La secuencia presentada en el suelo fué:

nidos mínimos de trazas en los suelos y subsuelos, valdría la **Cultivo > Bosque > Pradera** con plantas indicadoras adecuadas con el objeto de establecer si

la metodología en el presente estudio es

la adecuada, y detectar posibles deficiencias en éste elemento. **Bosque > Cultivo > Pradera** en suelos de la Sabana de Chagüero y Boheverría (18), en suelos de la Sabana de Guáquerres.

Los suelos de Palmar del Río presentaron los mayores promedios de manganeso intercambiable en contraposición de los suelos de Imbilí y Tangareal que fueron mucho menores.

Los contenidos de manganeso intercambiable obtenidos para los suelos estudiados son muy superiores a los reportados por Chamorro y Echeverría (18), mayores a los encontrados por Velasco (57), en suelos del Municipio de Pasto y muy inferiores a los reportados por Castro (16), en suelos de clima medio de Narifio, Dulcey (21), en suelos del sector Santander, Villa Rica (Valle del Cauca) y a los encontrados por De Santana (20), en la región cacaotera de Bahía, Brasil. Los subsuelos un promedio de 306,326 ppm., con un máximo de 168,703 y un mínimo de 31,269 ppm.

De acuerdo al criterio de Labanauskas (38), niveles menores de 1 ppm. de manganeso intercambiable puede significar deficiencia de éste elemento en el

caso de cereales y cítricos. subuelos bajo las mismas condiciones el promedio fué de 180,546 ppm., con un máximo de 250,000 ppm. Teniendo en cuenta el promedio de los resultados obtenidos, los suelos estudiados no presentarían problema por manganeso; sin embargo la cantidad de manganeso intercambiable extraída de un suelo, depende del método utilizado (20).

El hecho de presentar éstos suelos contenidos mínimos de trazas en los suelos y subsuelos, valdría la pena efectuar experimentos con plantas indicadoras adecuadas con el objeto de establecer si la metodología utilizada en el presente estudio es la adecuada, y detectar posibles deficiencias en éste elemento. A similares conclusiones llegaron Chamorro y Echeverría (18), en suelos de la Sabana de Túquerres.

4.7 Molibdeno.

Las cantidades de molibdeno para los suelos estudiados bajo condiciones de cultivo tuvieron un promedio de 173,798 ppm., con un máximo de 444,026 y un mínimo de trazas; para los subsuelos el promedio fué de 120,200 ppm., con un máximo de 306,903 y un mínimo de 25,197 ppm.

Bajo condiciones de bosque el promedio de molibdeno intercambiable en los suelos fué de 149,635 ppm., con un máximo de 226,117 y un mínimo de trazas; para los subsuelos un promedio de 106,320 ppm., con un máximo de 168,703 y un mínimo de 31,289 ppm.

Bajo pradera el promedio para los suelos fué de 107,947 ppm., con un máximo de 283,761 y un

mínimo de 6,090 ppm., en los subsuelos bajo las mismas condiciones el promedio fué de 160,646 ppm., con un máximo de 214,185 y un mínimo de 56,300 ppm.

A la vista de los resultados el promedio de molibdeno intercambiable fué mayor en los suelos bajo condiciones de bosque y cultivo presentándose por el contrario mayor en los subsuelos bajo condiciones de pradera.

En general el contenido promedio para los suelos presentó la siguiente secuencia:

Cultivo > Bosque > Pradera

Para los subsuelos:

Pradera > Cultivo > Bosque

Los suelos de Llorente fueron los que registraron los más altos contenidos de molibdeno intercambiable en contraposición con los de Tangareal que registraron los contenidos más bajos.

Las cantidades antes anotadas son muy superiores a las reportadas por varios investigadores en suelos colombianos y aún del mundo (Tabla II).

La alta concentración de molibdeno encontrada en los suelos de la Llanura del Pacífico posiblemente se pueda explicar en el sentido de que la cordillera adyacente a los suelos estudiados es bastante rica en molibdenita⁺, que por los procesos de e

⁺ Información personal. Raul Torres. Zona Minera. Pas
to.

		ppm.
1-CULTIVO	Suelo	173,79
	Subsuelo	120,20
2-BOSQUE	Suelo	149,63
	Subsuelo	106,32
3-PRADERA	Suelo	107,94
	Subsuelo	160,64

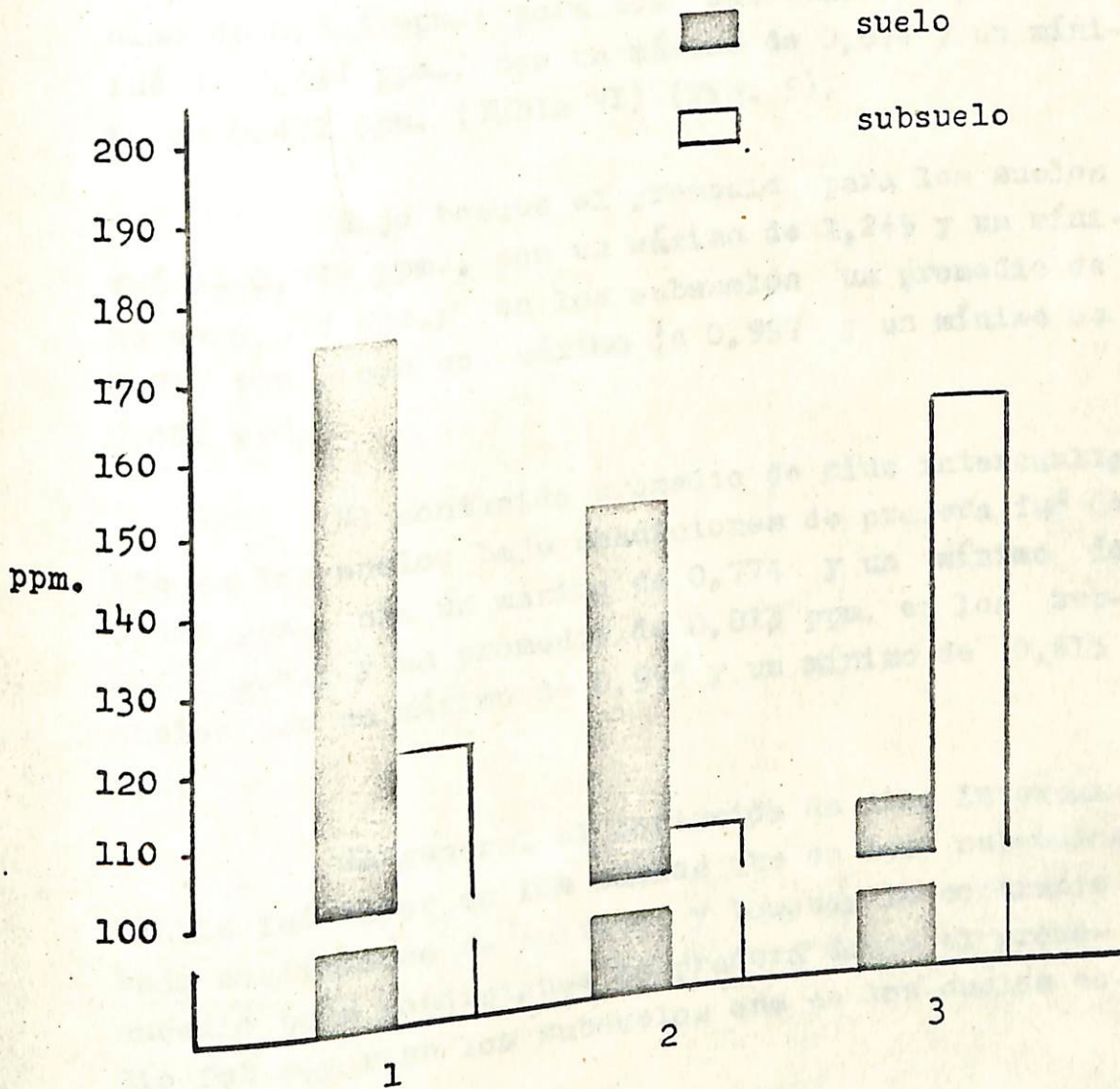


Figura 8

Contenido promedio de molibdeno intercambiable en los suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.

rosión se está depositando hacia las partes bajas.

4.8 Zinc.

El zinc intercambiable para los suelos estudiados bajo condiciones de cultivo presentó un promedio de 0,899 ppm., con un máximo de 1,514 y un mínimo de 0,533 ppm.; para los subsuelos el promedio fué de 0,614 ppm., con un máximo de 0,874 y un mínimo de 0,471 ppm. (Tabla VI) (Fig. 9).

Bajo bosque el promedio para los suelos fué de 0,749 ppm., con un máximo de 1,245 y un mínimo de 0,377 ppm.; en los subsuelos un promedio de 0,717 ppm., con un máximo de 0,997 y un mínimo de 0,482 ppm.

El contenido promedio de zinc intercambiable en los suelos bajo condiciones de pradera fué de 0,589 ppm., con un máximo de 0,774 y un mínimo de 0,481 ppm.; y un promedio de 0,813 ppm. en los subsuelos con un máximo de 0,995 y un mínimo de 0,615 ppm.

En general el contenido de zinc intercambiable fué mayor en los suelos que en los subsuelos bajo condiciones de cultivo y bosque; lo contrario sucedió bajo condiciones de pradera donde el promedio fué mayor en los subsuelos que en los suelos estudiados.

La secuencia del contenido promedio de zinc intercambiable bajo las tres condiciones en los suelos fué:

Cultivo > Bosque > Pradera

		ppm.
1-CULTIVO	suelo	0.89
	subsuelo	0.61
2-BOSQUE	suelo	0.74
	subsuelo	0.71
3-PRADERA	suelo	0.58
	subsuelo	0.81

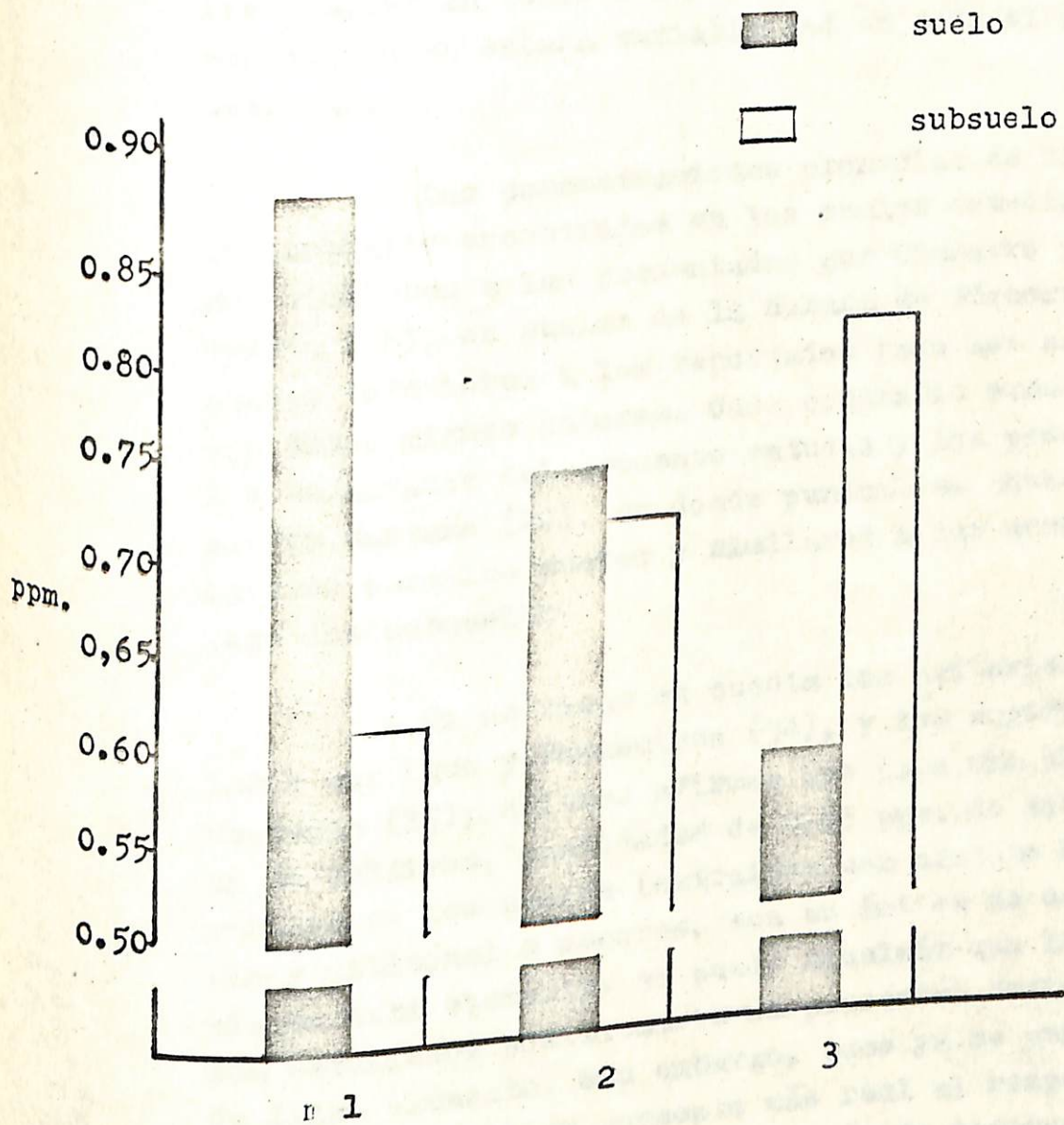


Figura 9
Contenido promedio de zinc intercambiable en los
suelos y subsuelos estudiados, bajo condiciones
de cultivo, bosque y pradera.

En los subsuelos:

Pradera > Bosque > Cultivo

El contenido de zinc intercambiable fué muy similar en todos los suelos estudiados, lo que nos indica su escasa variabilidad en toda el área estudiada.

Las concentraciones promedias de zinc intercambiable encontradas en los suelos estudiados son similares a las presentadas por Chamorro y Echeverría (18), en suelos de la Sabana de Túquerres; aunque inferiores a los reportados para los subsuelos por éstos mismos autores. Caso contrario sucedió en los resultados del presente estudio y los presentados por De Santana (20), en donde puntualiza contenidos mayores para los suelos y similares a los nuestros para los subsuelos.

Si se tiene en cuenta los criterios compilados por Igue y Bornemisza (34), y los sugeridos por Chapmann (19); quienes afirman que para una alta gama de cultivos, cantidades de 0,05 ppm., de zinc disponible en los suelos (extraídos con acetato de amonio y ditizona) o menores, son un índice de deficiencia en éste elemento; se puede concluir que los suelos estudiados posiblemente no presenten deficiencia de dicho elemento. Sin embargo, como ya se puntualizó anteriormente un concepto más real al respecto sólo podrá darse previa investigación de diferentes métodos de extracción del zinc y una planta indicadora adecuada, como lo afirman Chamorro y Echeverría (18).

TABLA

CONTENIDO DE MICRONUTRIENTOS INTERCAMBIABLES DE SUELOS Y SUBSUELOS ESTUDIADOS, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO, BOSQUE Y PRADEIRA (ppm.)

LUGAR	CONDICION	N2	ALUMINIO	BORO	COBRE	COBALTO	HIERRO	MANGANESO	NIOBIO	ZINC
GUAYACANA	Cultivo	A	81,357	TRAZAS	10,183	1,172	1.255,425	3,958	12,275	0,706
		B	88,364	TRAZAS	9,246	0,402	992,549	3,807	92,457	0,471
	Bosque	A	97,018	0,039	6,516	0,467	849,926	1,700	TRAZAS	0,377
		B	59,452	0,058	5,790	0,891	1.712,080	13,919	168,703	0,556
	Pradera	A	102,751	0,015	10,930	0,729	1.777,156	TRAZAS	44,844	0,560
		B	105,087	0,048	5,539	0,795	1.874,829	5,965	214,185	0,832
Promedio			88,838	0,027	8,034	0,742	1.410,328	4,891	88,744	0,583
LLORENTE	Cultivo	A	73,582	0,122	5,140	0,109	3.185,288	1,640	444,026	1,165
		B	87,433	0,160	4,372	0,765	1.571,313	5,739	138,711	0,874
	Bosque	A	78,741	0,046	4,836	1,437	2.818,550	1,658	201,167	0,552
		B	82,865	0,065	5,163	0,239	1.331,493	7,065	150,540	0,977
	Pradera	A	74,432	0,046	4,425	1,050	2.655,072	4,880	283,761	0,612
		B	85,020	0,050	3,820	1,107	2.089,664	1,628	179,114	0,615
Promedio			80,345	0,082	5,459	0,784	2.275,234	3,768	231,220	0,799
TANGARAL	Cultivo	A	46,464	0,070	4,669	0,587	1.067,271	TRAZAS	117,400	0,533
		B	74,875	0,086	4,336	TRAZAS	1.366,364	6,306	130,270	0,525
	Bosque	A	27,706	0,048	3,500	0,353	966,360	5,798	96,912	0,699
		B	25,960	0,057	16,790	0,339	715,945	3,712	31,289	0,834
	Pradera	A	8,397	0,116	4,686	0,833	820,040	1,562	74,971	0,520
		B	5,224	0,070	12,674	TRAZAS	667,058	TRAZAS	56,300	0,995
Promedio			31,438	0,075	7,775	0,352	933,839	2,896	82,857	0,684
EL TIGRE	Cultivo	A	49,747	0,085	6,038	TRAZAS	856,559	3,932	TRAZAS	0,823
		B	86,454	0,142	7,949	1,618	4.518,626	TRAZAS	308,903	0,483
	Bosque	A	68,138	0,054	4,201	1,008	2.800,650	6,722	166,919	0,560
		B	58,601	0,122	4,361	1,125	2.391,294	3,939	128,386	0,622
	Pradera	A	89,485	0,080	4,706	0,830	1.259,453	4,982	6,090	0,774
		B	76,845	0,098	3,750	0,356	3.750,249	4,444	187,512	0,814
Promedio			71,545	0,097	5,168	0,822	2.596,138	4,003	132,618	0,679
INHILI	Cultivo	A	7,177	0,035	5,348	0,849	745,670	8,328	64,796	0,651
		B	7,695	0,040	4,757	1,265	493,391	1,518	47,062	0,809
	Bosque	A	22,285	0,048	3,978	0,155	1.661,872	TRAZAS	206,693	1,245
		B	11,703	0,049	4,429	0,962	771,878	1,518	53,146	0,829
	Pradera	A	21,502	0,054	4,826	0,425	1.806,452	TRAZAS	130,065	0,481
		B	1,519	0,067	4,974	0,101	1.405,447	3,545	166,121	0,809
Promedio			11,980	0,049	4,718	0,626	1.147,452	2,468	111,314	0,804
PALMAR DEL RIO	Cultivo	A	27,539	0,040	4,363	0,687	3.172,959	7,404	404,388	1,514
		B	27,271	0,054	4,036	TRAZAS	2.623,622	8,331	25,197	0,520
	Bosque	A	42,798	0,070	3,825	0,265	2.330,016	6,355	226,117	1,058
		B	24,332	0,029	4,833	0,413	1.951,186	4,652	105,958	0,482
	Pradera	A								
		B								
Promedio			30,485	0,048	4,762	0,341	2.519,448	6,685	190,390	0,893

Promedio

TABLA VI

CONTENIDOS MAXIMOS, PROMEDIOS Y MINIMOS DE MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES
 EN LOS SUELOS Y SUBSUELOS ESTUDIADOS, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO,
 BOSQUE Y PRADERA (Resultados en ppm).

Elemento	Condición	S U E L O			S U B S U E L O		
		Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
Al	Cultivo	81,357	47,644	7,177	88,364	62,015	7,695
	Bosque	97,018	56,098	22,285	82,865	43,652	11,703
	Pradera	102,751	59,313	8,397	105,087	54,739	1,519
B	Cultivo	0,122	0,059	0,035	0,160	0,080	0,040
	Bosque	0,070	0,051	0,039	0,122	0,063	0,029
	Pradera	0,116	0,062	0,015	0,098	0,066	0,048
Cu	Cultivo	10,183	5,957	4,363	9,246	5,781	4,026
	Bosque	6,516	4,809	3,500	16,790	6,894	4,361
	Pradera	10,930	5,915	4,425	12,674	7,151	3,750
Co	Cultivo	1,172	0,567	TRAZAS	1,618	0,675	TRAZAS
	Bosque	1,437	0,614	0,155	1,125	0,661	0,239
	Pradera	1,050	0,763	0,425	1,107	0,472	TRAZAS
Fe	Cultivo	3,172,959	1,713,862	745,670	4,518,626	1,878,709	493,391
	Bosque	2,818,550	1,904,562	849,926	2,391,294	1,478,979	715,945
	Pradera	2,655,072	1,543,635	820,040	3,750,249	1,957,449	667,058
Mn	Cultivo	8,828	4,194	TRAZAS	8,331	4,284	TRAZAS
	Bosque	6,722	3,705	TRAZAS	13,919	5,900	1,518
	Pradera	4,892	2,285	TRAZAS	5,965	3,116	TRAZAS
Mo	Cultivo	444,026	173,798	TRAZAS	306,903	120,200	25,197
	Bosque	226,117	149,635	TRAZAS	168,703	106,320	31,289
	Pradera	283,761	107,947	6,090	214,185	160,646	56,300
Zn	Cultivo	1,514	0,899	0,533	0,874	0,614	0,471
	Bosque	1,245	0,749	0,377	0,997	0,717	0,482
	Pradera	0,774	0,589	0,481	0,995	0,813	0,615

4.9 Análisis estadístico.

En el presente estudio se correlacionaron las formas intercambiables de aluminio, boro, cobre, cobalto, hierro, manganeso, molibdeno y zinc con algunas características edáficas de los suelos de la Llanura del Pacífico. Tabla VII y I-X del Apéndice. En las Figuras 10 a 23 se observan las distintas correlaciones obtenidas.

4.9.1 Aluminio.

La correlación entre el aluminio intercambiable y el pH en los suelos bajo condiciones de pradera fué altamente significativa y negativa, ($r = -0,931^{++}$), presentando un porcentaje de asociación de 86,67 por ciento (Figura 10, Tabla VII). El anterior resultado es lógico y ya ha sido encontrado en otras investigaciones en varios suelos del mundo. Así a medida que aumenta el aluminio de cambio en los suelos, éstos presentan valores de pH mucho más bajos, de allí, que las prácticas de encalamiento en los suelos que las requieren y que no son de nuestro caso están encaminadas a neutralizar el aluminio de cambio de los mismos.

Según Viveros (58), el aluminio de los suelos no produce los efectos tóxicos a los organismos como se pensaba. De allí que se descarta el hecho que el contenido de materia orgánica se mantenga en los suelos por disminución de la actividad microbiana al aumentar el aluminio de cambio de los mismos. A conclusiones similares llegaron Ibarra y Melo (33), quienes al agregar aluminio a suelos volcánicos de Naríño no encontraron alteración alguna en la mineralización del suelo bajo condiciones de pradera.

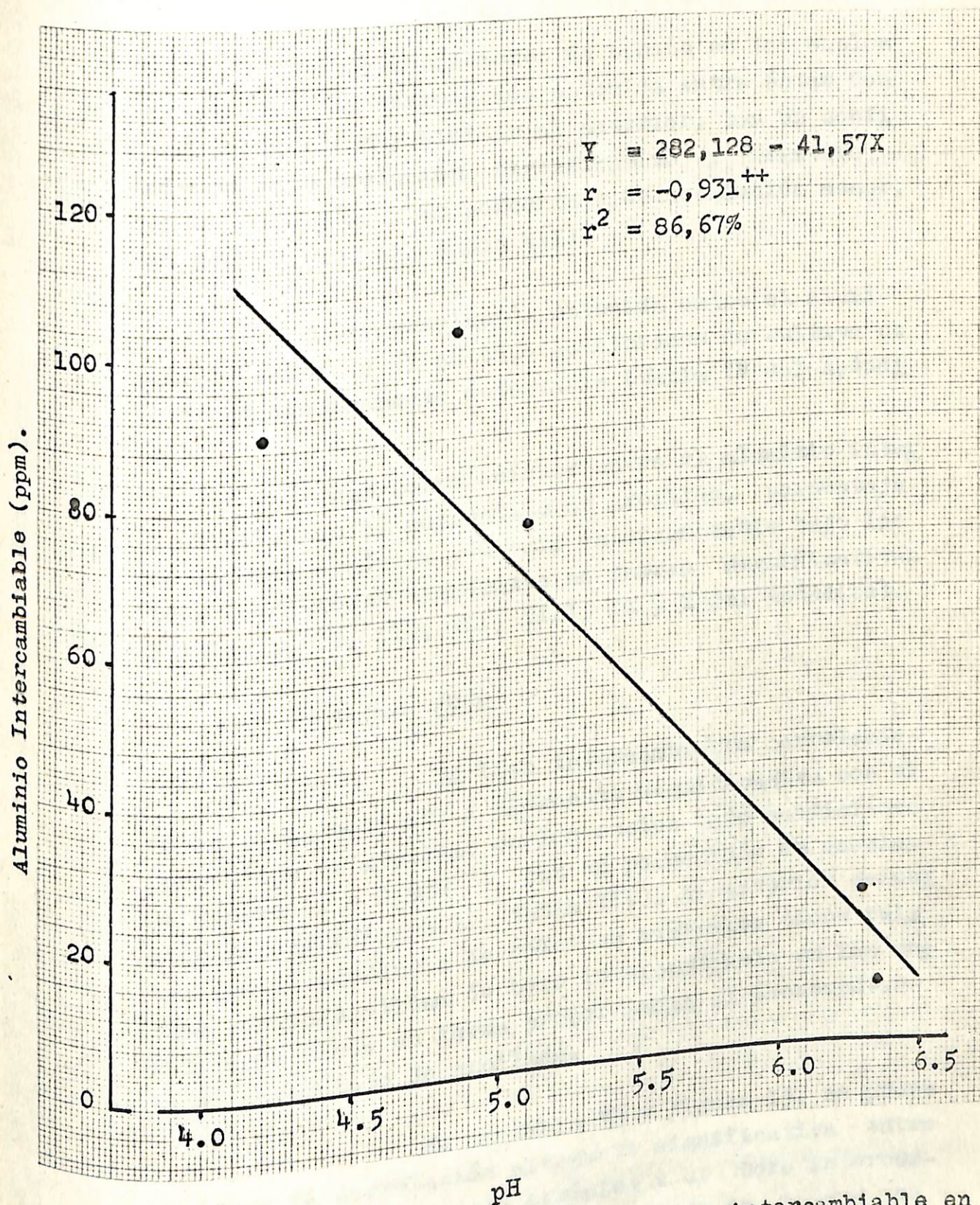


Figura 10. Relación entre el pH y el aluminio intercambiable en el suelo bajo condiciones de pradera.

del nitrógeno.

Bajo condiciones de bosque en los suelos estudiados, la correlación obtenida entre éstas dos variables fué muy similar al anterior, con un coeficiente de correlación significativo y negativo ($r = - 0,779^+$), y un porcentaje de asociación menor, 60,68% (Figura 11, Tabla VII).

La correlación obtenida entre el aluminio de cambio y el pH bajo condiciones de cultivo no fué estadísticamente detectable (Tabla IV del Apéndice).

Las correlaciones entre el aluminio intercambiable con el porcentaje de arcillas, porcentaje de materia orgánica y hierro intercambiable bajo las tres condiciones estudiadas no fueron significativas (Tablas I, II, III, VII, VIII, IX y X del Apéndice).

4.9.2 Boro.

El boro intercambiable correlacionó en forma positiva y altamente significativa con el porcentaje de arcillas en los suelos bajo condiciones de bosque ($r = 0,909^{++}$), con un porcentaje de asociación de 82% (Figura 12, Tabla VII). Lo anterior demuestra que la presencia de coloides minerales tiene relación con la cantidad de boro intercambiable en los suelos, aumentando en forma proporcional al incrementar-se el porcentaje de arcillas.

En la Tabla VII y Figura 13, se puede observar la correlación altamente significativa entre el porcentaje de materia orgánica y el boro intercambiable ($r = 0,932^{++}$), bajo condiciones de bosque en

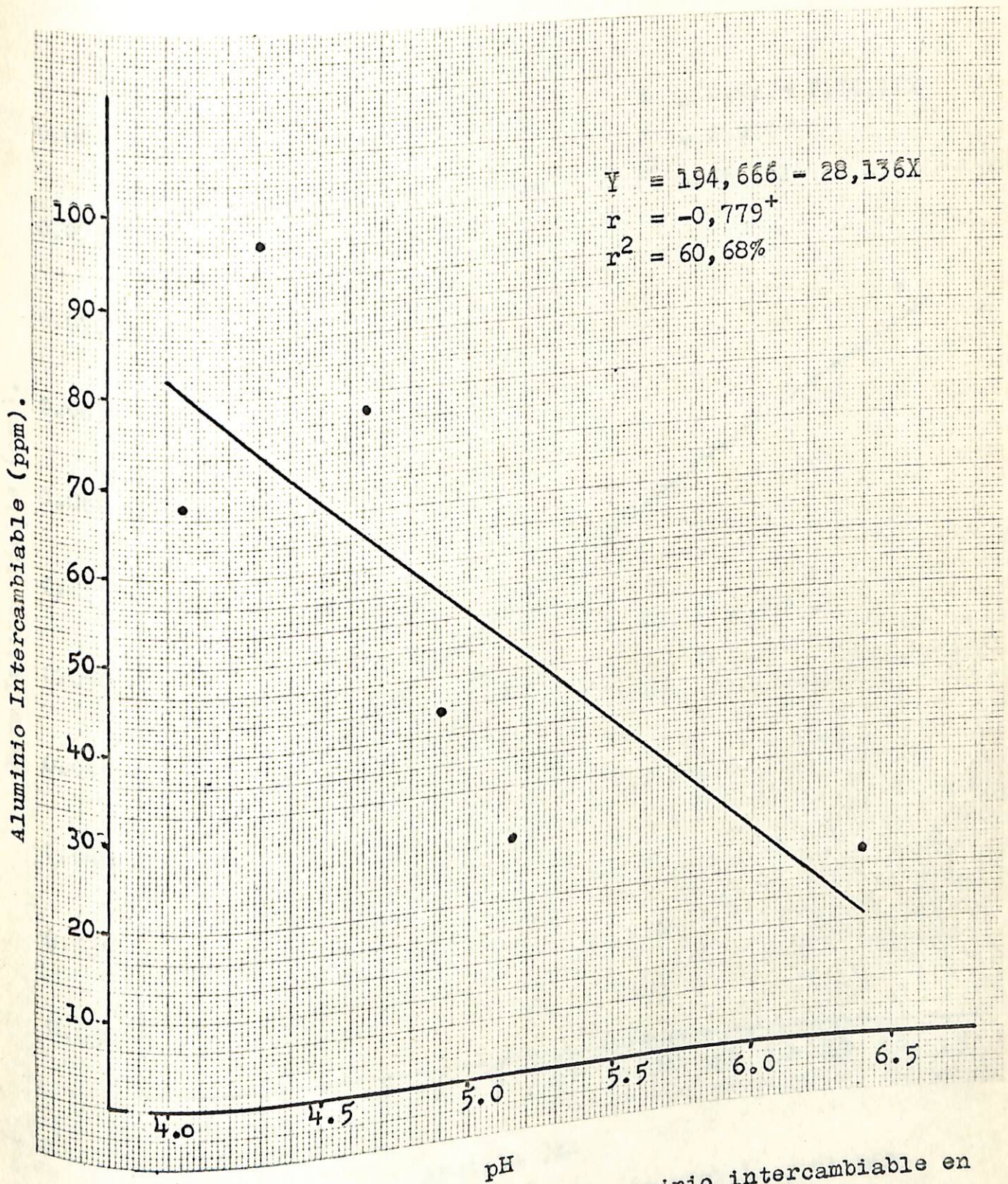


Figura 11. Relación entre el pH y el aluminio intercambiable en el suelo bajo condiciones de bosque.

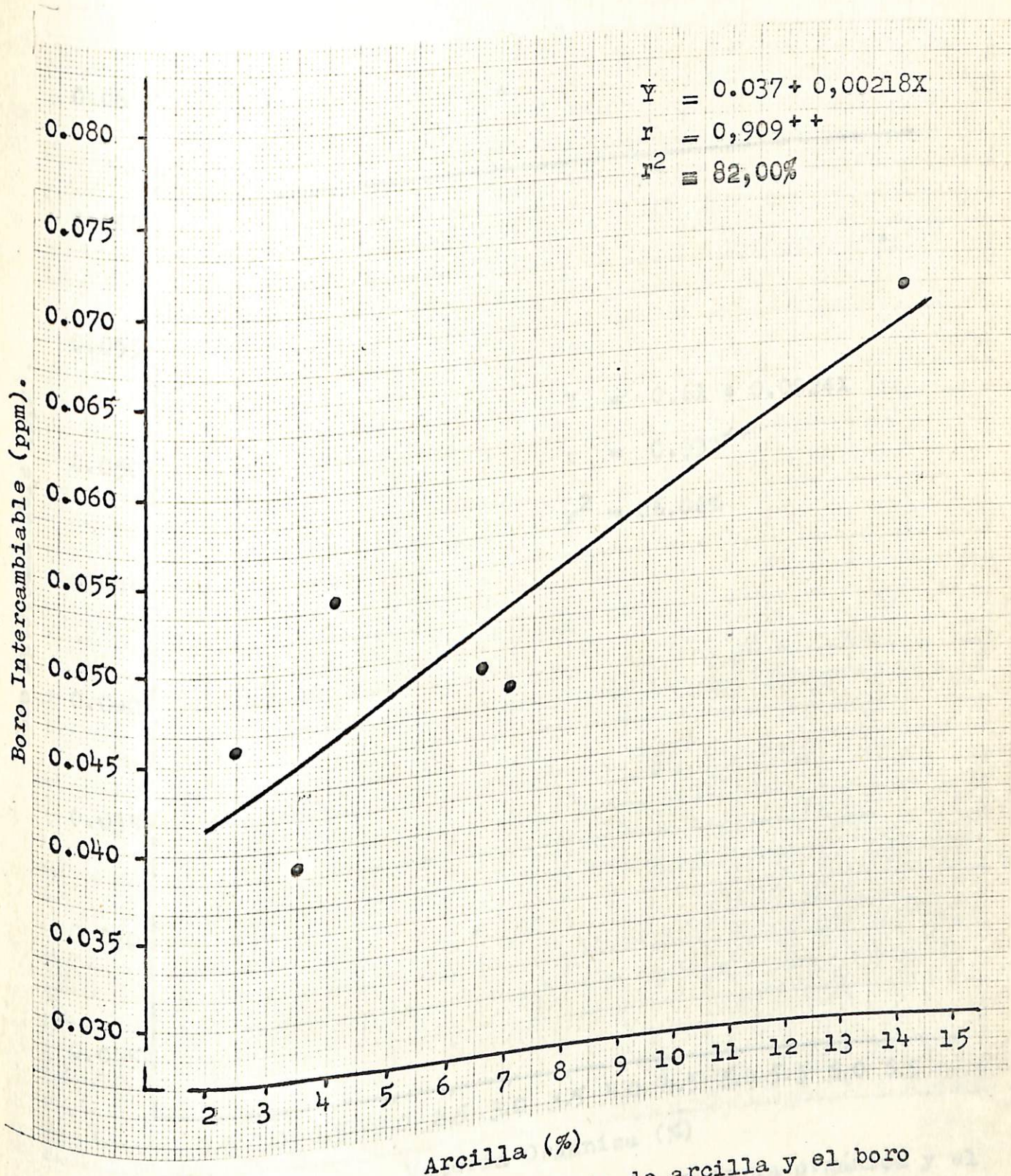


Figura 12. Relación entre el contenido de arcilla y el boro intercambiable en el suelo bajo condiciones de bosque.

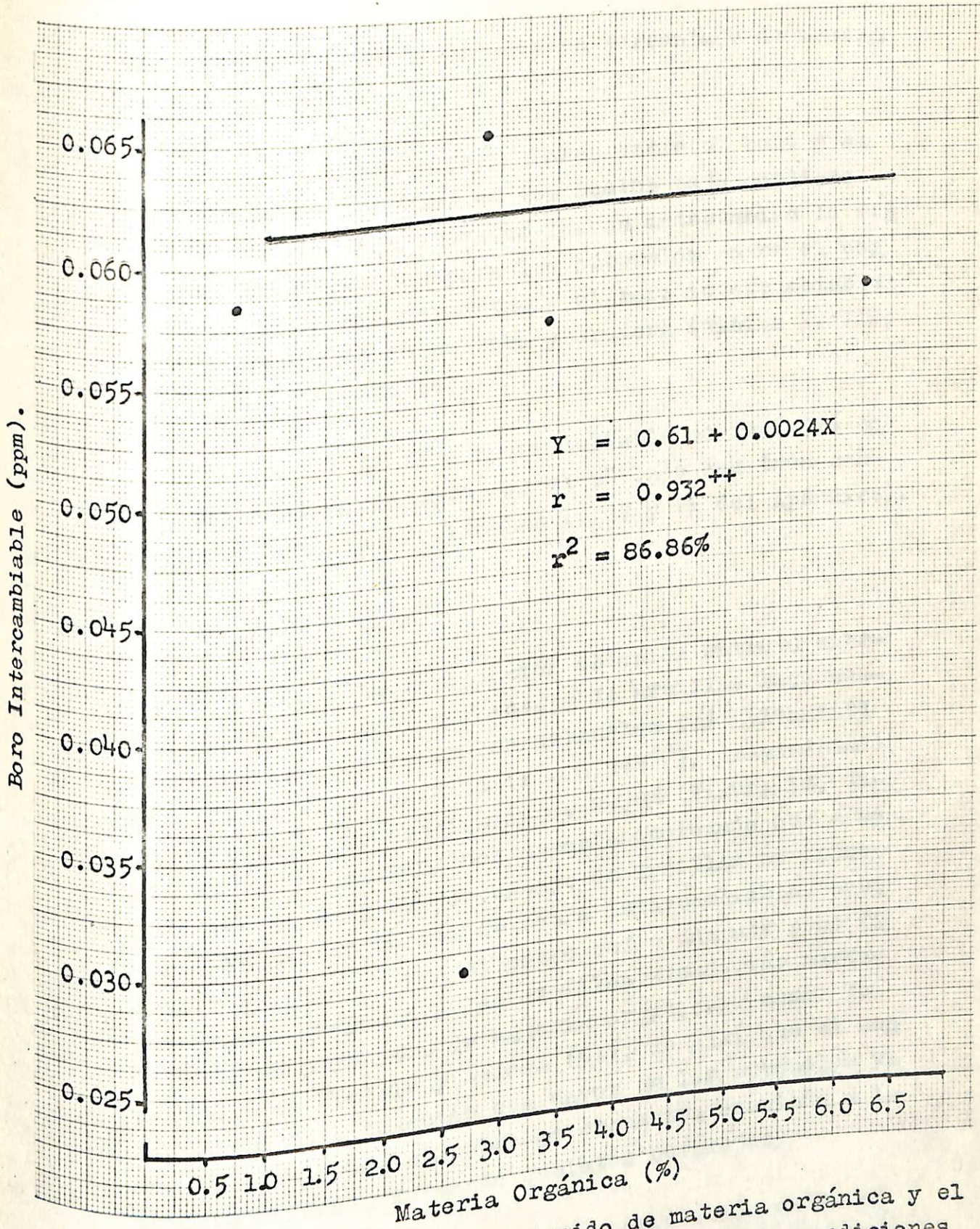


Figura 13. Relación entre el contenido de materia orgánica y el boro intercambiable en el subsuelo bajo condiciones de bosque.

los subsuelos estudiados con un porcentaje de asociación del 86,86%.

Las correlaciones entre el boro y el porcentaje de arcillas en los suelos bajo condiciones de cultivo y pradera no fueron detectables lo mismo que las obtenidas para los subsuelos entre el porcentaje de materia orgánica y el boro intercambiable bajo condiciones de cultivo y pradera (Tablas I, III, VII y IX del Apéndice).

El boro intercambiable no registró correlación significativa con el pH bajo las tres condiciones estudiadas. (Tablas IV, V y VI del Apéndice).

4.9.3 Cobre.

La correlación obtenida entre el cobre intercambiable y el porcentaje de arcillas bajo condiciones de pradera en los subsuelos fué altamente significativa y positiva ($r = 0,948^{++}$), registrando un porcentaje de asociación de 89,8% (Figura 14, Tabla VII). Lo anterior nos estaría indicando que a medida que aumenta el porcentaje de arcillas se incrementa la concentración de cobre intercambiable, probablemente debido a que el cobre sufre una muy poca fijación con respecto a las arcillas siendo más marcada ésta en presencia de materia orgánica, como lo puntualizan Tisdale y Nelson (54), de allí que el contenido de ésta fracción sea mayor en los subsuelos ya que en los suelos el cobre se encuentra asociado a la materia orgánica formando quelatos complejos.

Sin embargo la correlación entre el cobre intercambiable y el porcentaje de arcillas bajo

los subsuelos estudiados con un porcentaje de asociación del 86,86%.

Las correlaciones entre el boro y el porcentaje de arcillas en los suelos bajo condiciones de cultivo y pradera no fueron detectables lo mismo que las obtenidas para los subsuelos entre el porcentaje de materia orgánica y el boro intercambiable bajo condiciones de cultivo y pradera (Tablas I, III, VII y IX del Apéndice).

El boro intercambiable no registró correlación significativa con el pH bajo las tres condiciones estudiadas. (Tablas IV, V y VI del Apéndice).

4.9.3 Cobre.

La correlación obtenida entre el cobre intercambiable y el porcentaje de arcillas bajo condiciones de pradera en los subsuelos fué altamente significativa y positiva ($r = 0,948^{++}$), registrando un porcentaje de asociación de 89,8% (Figura 14, Tabla VII). Lo anterior nos estaría indicando que a medida que aumenta el porcentaje de arcillas se incrementa la concentración de cobre intercambiable, posiblemente debido a que el cobre sufre una muy poca fijación con respecto a las arcillas siendo más marcada ésta en presencia de materia orgánica, como lo puntualizan Tisdale y Nelson (54), de allí que el contenido de ésta fracción sea mayor en los subsuelos ya que en los suelos el cobre se encuentra asociado a la materia orgánica formando quelatos complejos.

Sin embargo la correlación entre el cobre intercambiable y el porcentaje de arcillas bajo

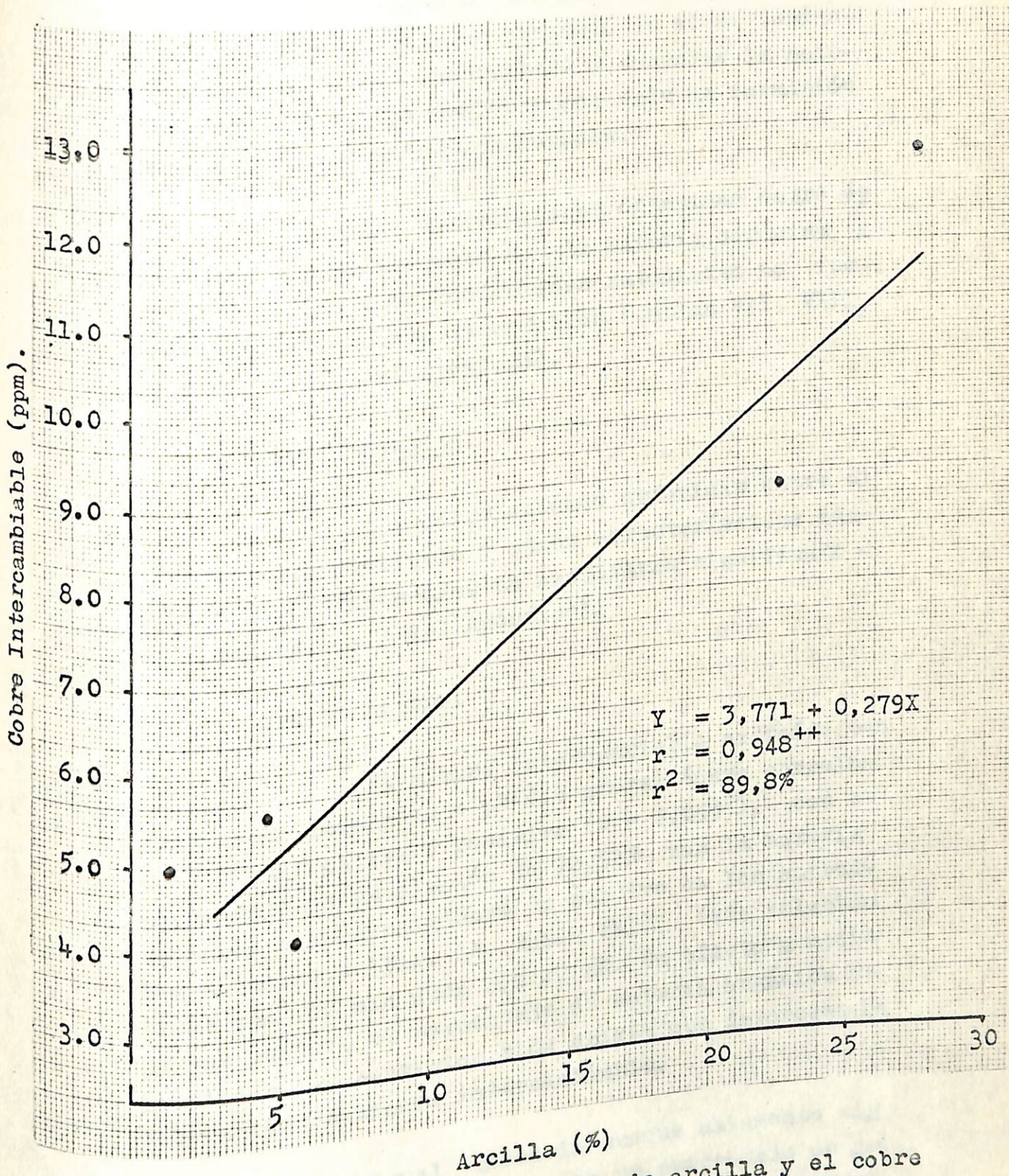


Figura 14. Relación entre el contenido de arcilla y el cobre intercambiable en el subsuelo bajo condiciones de pradera.

condiciones de bosque en los subsuelos estudiados (Fig. 15, Tabla VII), no presentó la misma tendencia, pues el bosque contribuye a aumentar la materia orgánica de los suelos y por ende la formación de los quelatos antes mencionados.

Las correlaciones obtenidas entre este mismo micronutriente con la materia orgánica y el pH bajo las tres condiciones estudiadas no fueron estadísticamente detectables (Tablas VII, VIII, IX y IV, V, VI del Apéndice).

4.9.4 Cobalto.

Las correlaciones obtenidas entre el cobalto intercambiable y otras características edafológicas de los suelos no resultaron significativas (Tablas I a X del Apéndice).

4.9.5 Hierro.

El hierro intercambiable extraído con acetato de amonio 1N a pH 4.8 presentó una correlación significativa y positiva ($r = 0,853^+$), con un porcentaje de asociación de 72,91% con la materia orgánica bajo condiciones de cultivo en los subsuelos estudiados (Fig. 16, Tabla VII), ésta relación tiene que ver sin duda con el pH. En efecto a medida que aumenta el porcentaje de materia orgánica se propician las condiciones de acidez que favorecen la liberación de hierro intercambiable.

Igual tendencia aunque altamente significativa ($r = 0,918^{++}$), y con un porcentaje de asociación mayor 84,20%, presentó el hierro intercambiable en el bosque.

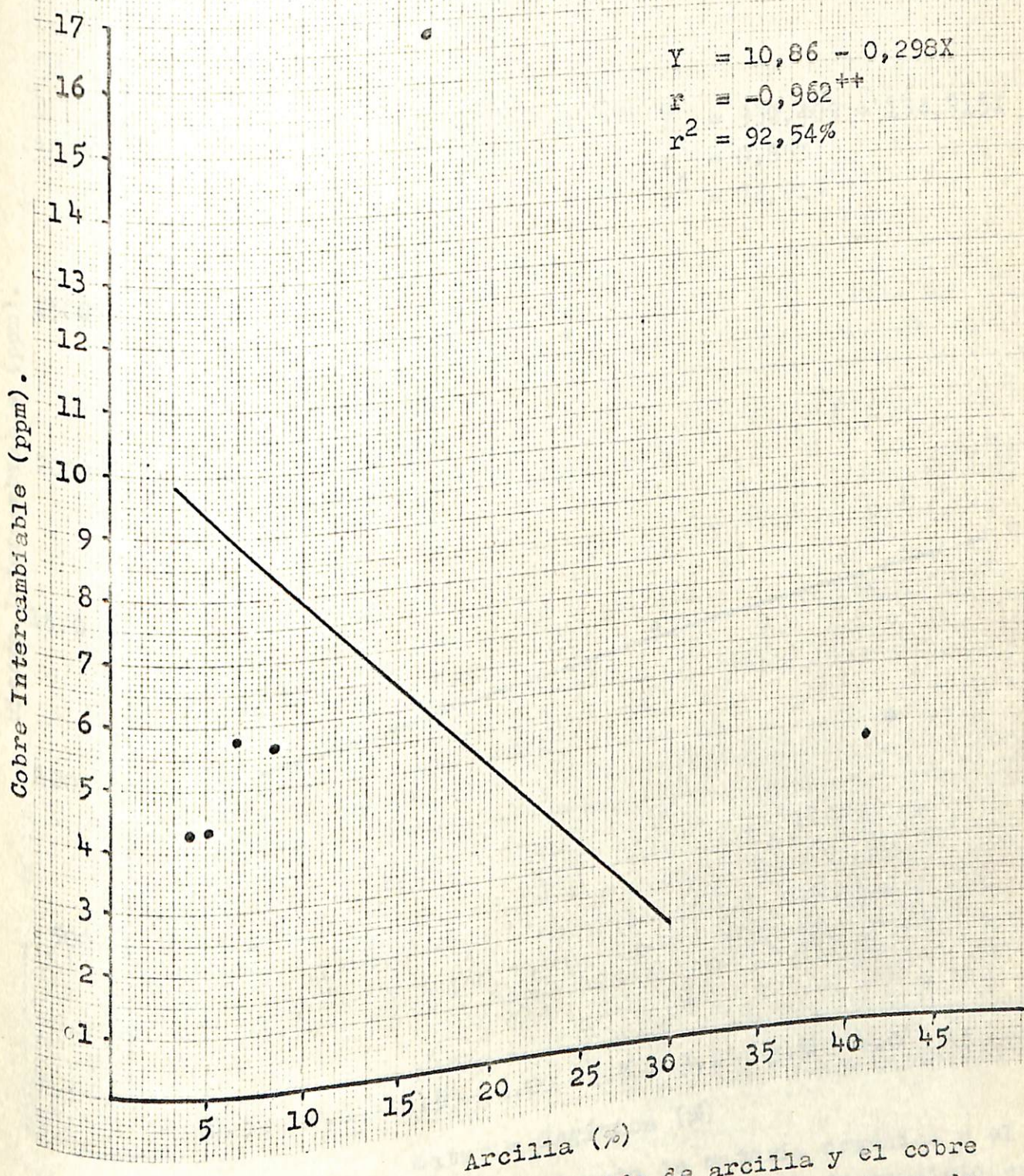


Figura 15. Relación entre el contenido de arcilla y el cobre intercambiable en el subsuelo bajo condiciones de bosque.

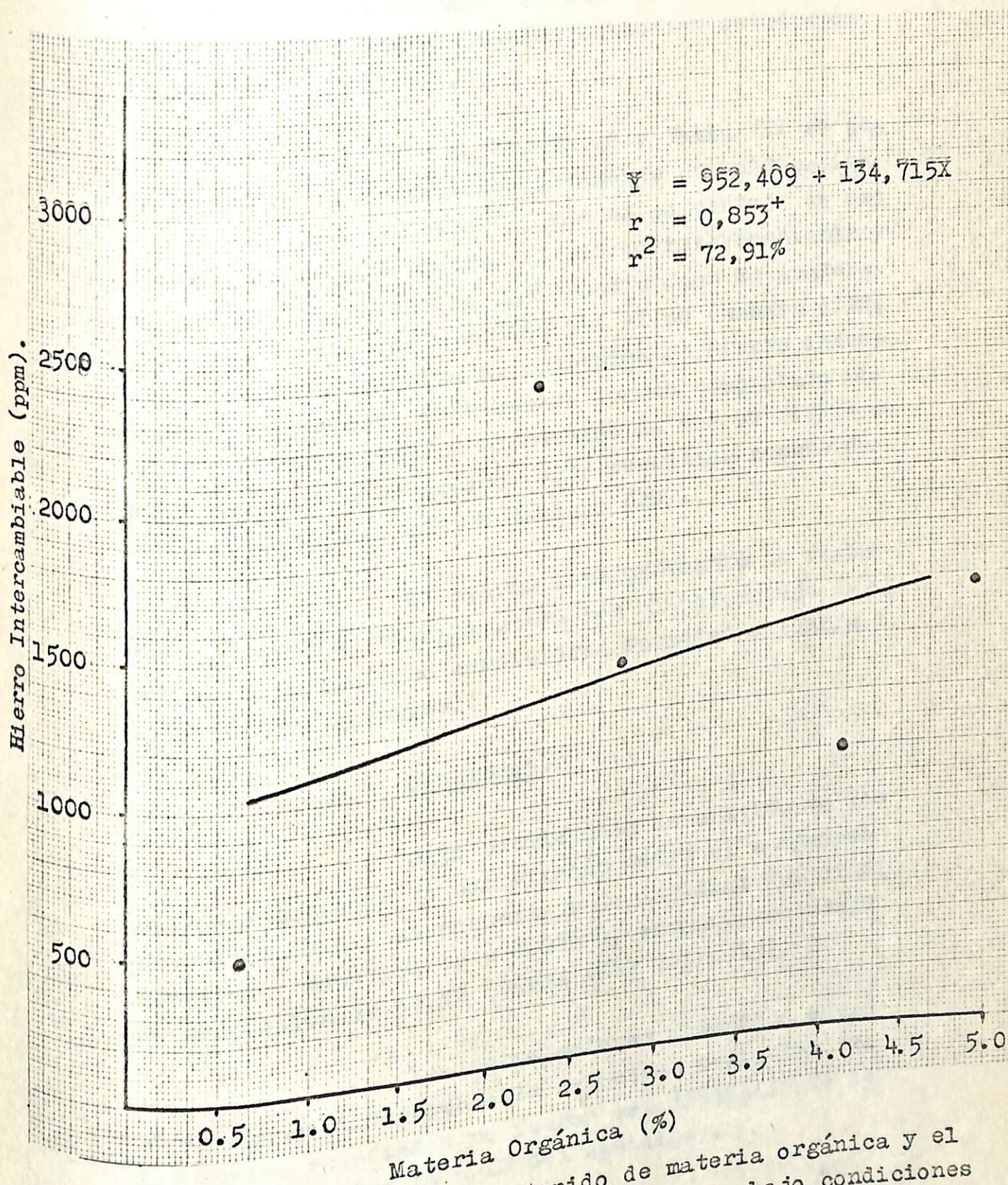


Figura 16. Relación entre el contenido de materia orgánica y el hierro intercambiable en el subsuelo bajo condiciones de cultivo.

biable con el porcentaje de materia orgánica bajo condiciones de pradera en los subsuelos estudiados (Tabla VII) (Fig. 17).

En la Figura 18 y Tabla VII se puede apreciar la correlación altamente significativa y negativa ($r = -0,976^{++}$), con un porcentaje de asociación de 95,20%, entre, el hierro intercambiable y el pH, en los subsuelos bajo condiciones de pradera. Como era de esperar a medida que el pH aumenta disminuye en forma drástica el contenido de hierro intercambiable, aspecto éste que ya lo han comprobado muchos investigadores en el sentido de que el hierro es más asequible a pH ácidos. Este resultado concuerda con los obtenidos por De Santana (20).

El hierro intercambiable no registró correlación significativa con el porcentaje de arcillas bajo las tres condiciones estudiadas (Tabla I, II y III del Apéndice).

4.9.6 Manganeso.

Bajo condiciones de cultivo en los suelos estudiados la correlación entre el manganeso intercambiable y el porcentaje de arcillas fué significativo y positivo ($r = 0,772^+$), con un porcentaje de asociación de 59,5% (Tabla VII) (Fig. 19).

Las correlaciones obtenidas entre el manganeso intercambiable con otras variables de los suelos estudiados no fueron estadísticamente detectables (Tablas II a IX del Apéndice).

Figura 17. Relación entre el contenido de materia orgánica y el hierro intercambiable en el subsuelo bajo condiciones de pradera.

4.9.7 Molibdeno.

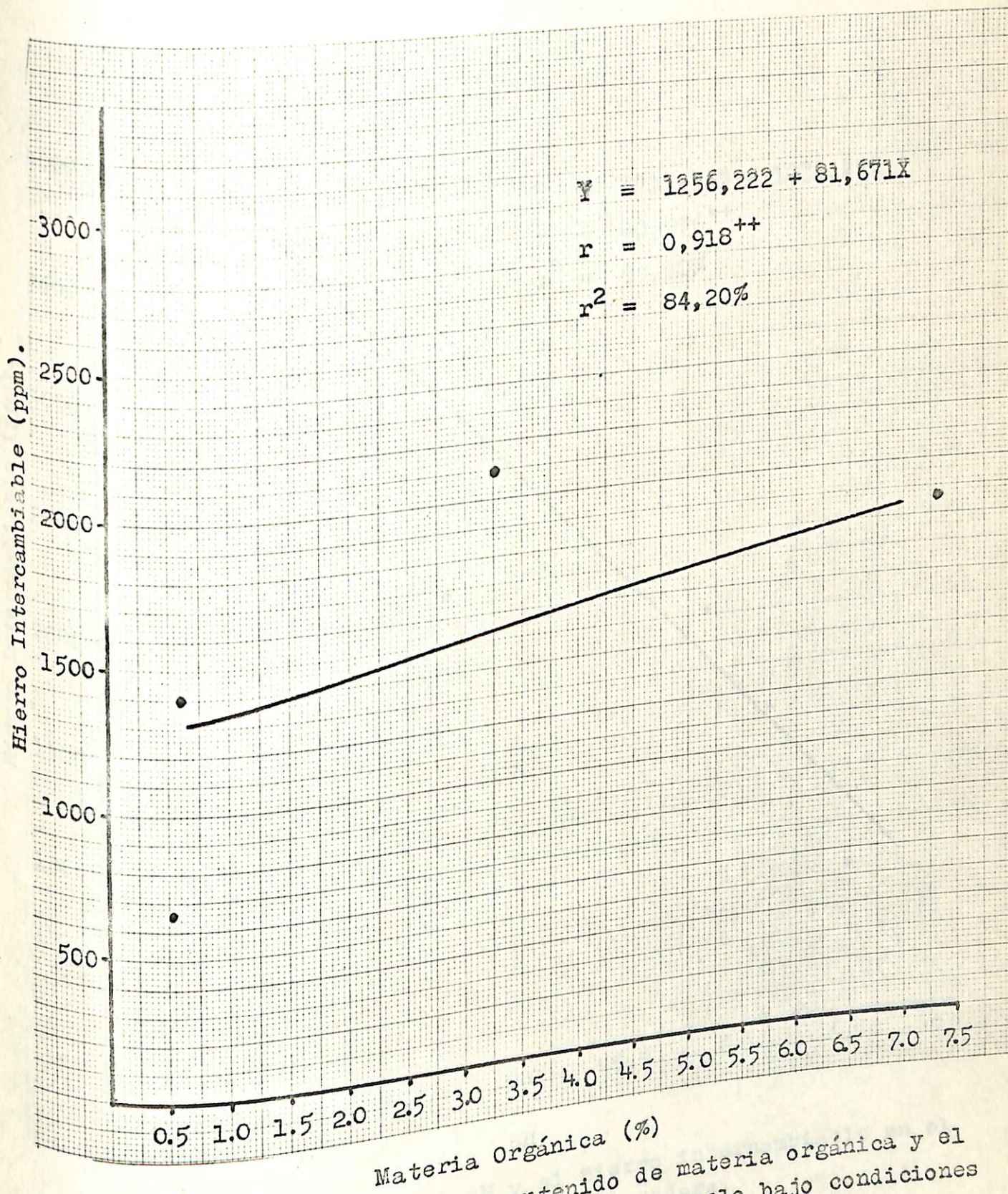


Figura 17. Relación entre el contenido de materia orgánica y el hierro intercambiable en el subsuelo bajo condiciones de pradera.

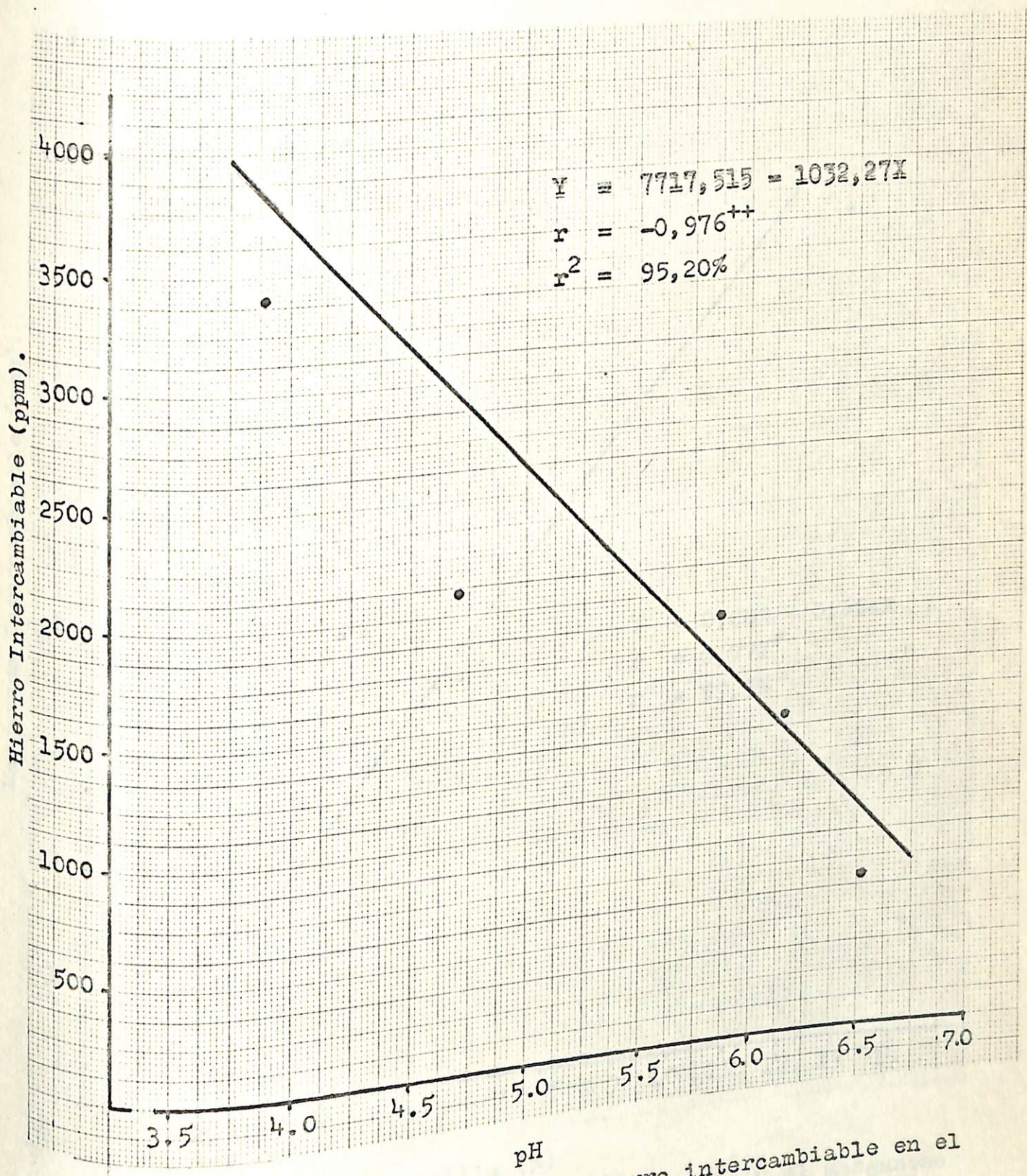


Figura 18. Relación entre el pH y el hierro intercambiable en el subsuelo bajo condiciones de pradera.

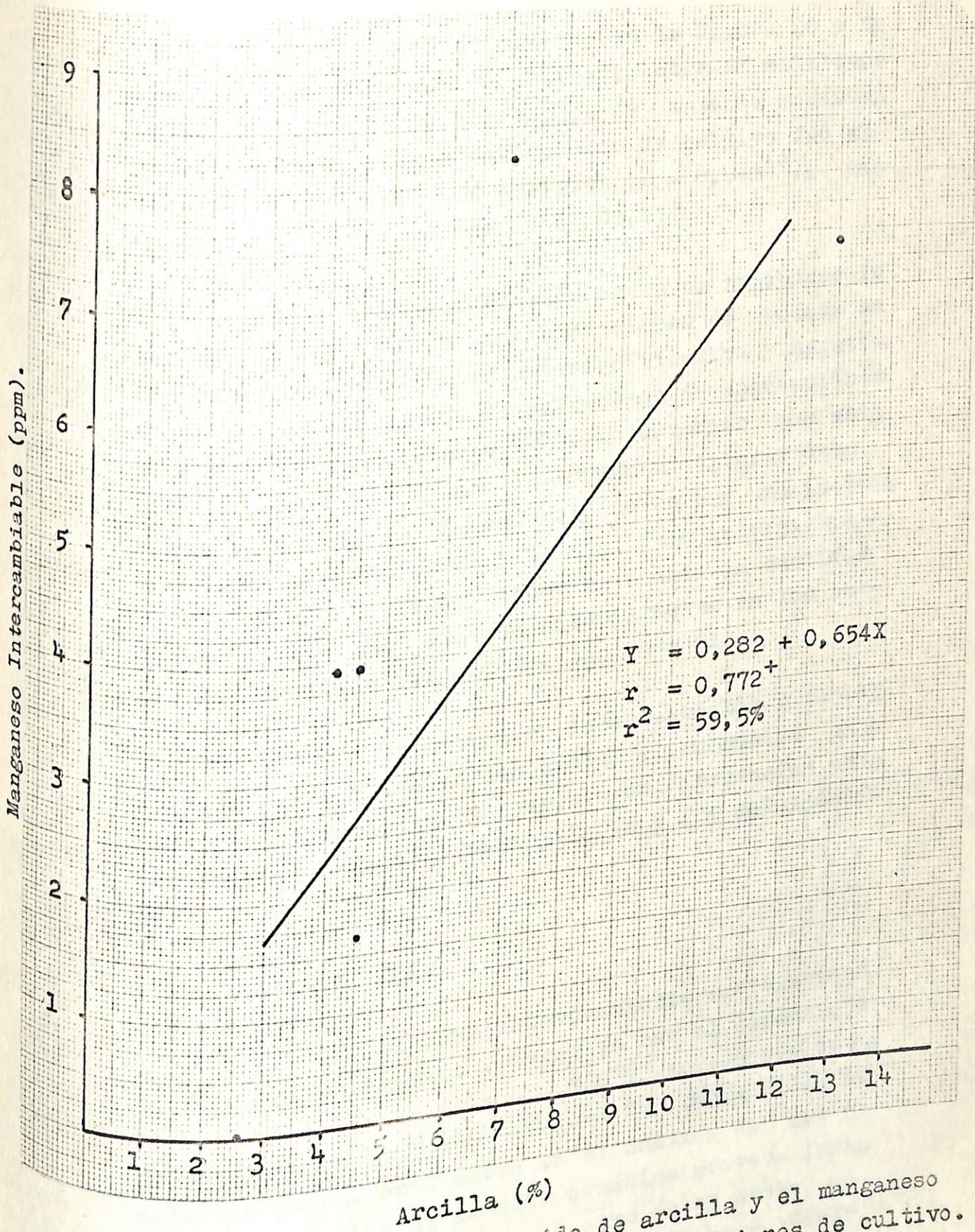


Figura 19. Relación entre el contenido de arcilla y el manganeso intercambiable en el suelo bajo condiciones de cultivo.

Como se observa en la Figura 20 y Tabla VII, la correlación obtenida entre el molibdeno intercambiable y el porcentaje de materia orgánica en los subsuelos bajo condiciones de cultivo fué altamente significativa y positiva ($r = 0,948^{++}$), con un porcentaje de asociación de 98,87%.

La correlación entre el molibdeno intercambiable y el pH bajo condiciones de bosque en los subsuelos estudiados fué significativa y negativa ($r = -0,780^+$), con un porcentaje de asociación de 60,80% (Figura 21, Tabla VII). Lo anterior nos estaría indicando que pH ácidos ayudan a liberar esta forma de molibdeno. Parece ser que no hay una incidencia marcada entre el pH y el molibdeno intercambiable y que es más lógico tener en cuenta la cantidad presente, que como dijimos anteriormente en los suelos del presente estudio fué bastante alta.

El molibdeno intercambiable y el porcentaje de arcillas en los suelos y subsuelos bajo las tres condiciones se presentaron diferencias estadísticas detectables (Tablas I, II y III del Apéndice).

4.9.8 Zinc.

El zinc intercambiable correlacionó en forma significativa y negativa con el porcentaje de materia orgánica ($r = -0,868^+$), en los suelos bajo condiciones de bosque (Figura 22, Tabla VII). Lo anterior podría explicarse en el sentido de que un elevado contenido de materia orgánica provoca formación de quelatos que fijan al zinc en el suelo, mecanismo que ha sido comprobado por Baughman, Himes,

Figura 20. Relación entre el molibdeno intercambiable y el porcentaje de materia orgánica en el subsuelo bajo condiciones de cultivo.

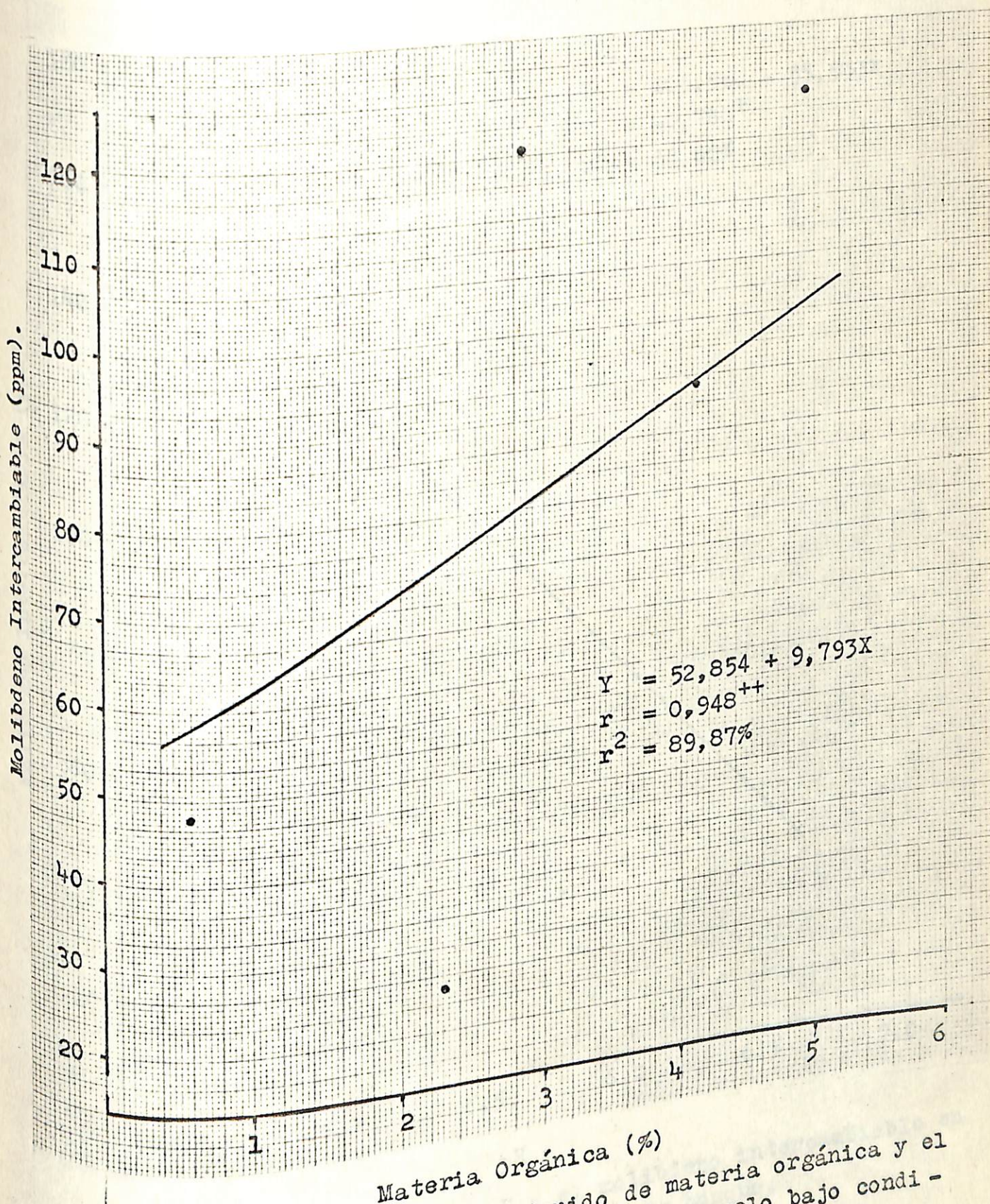


Figura 20. Relación entre el contenido de materia orgánica y el molibdeno intercambiable en el subsuelo bajo condiciones de cultivo.

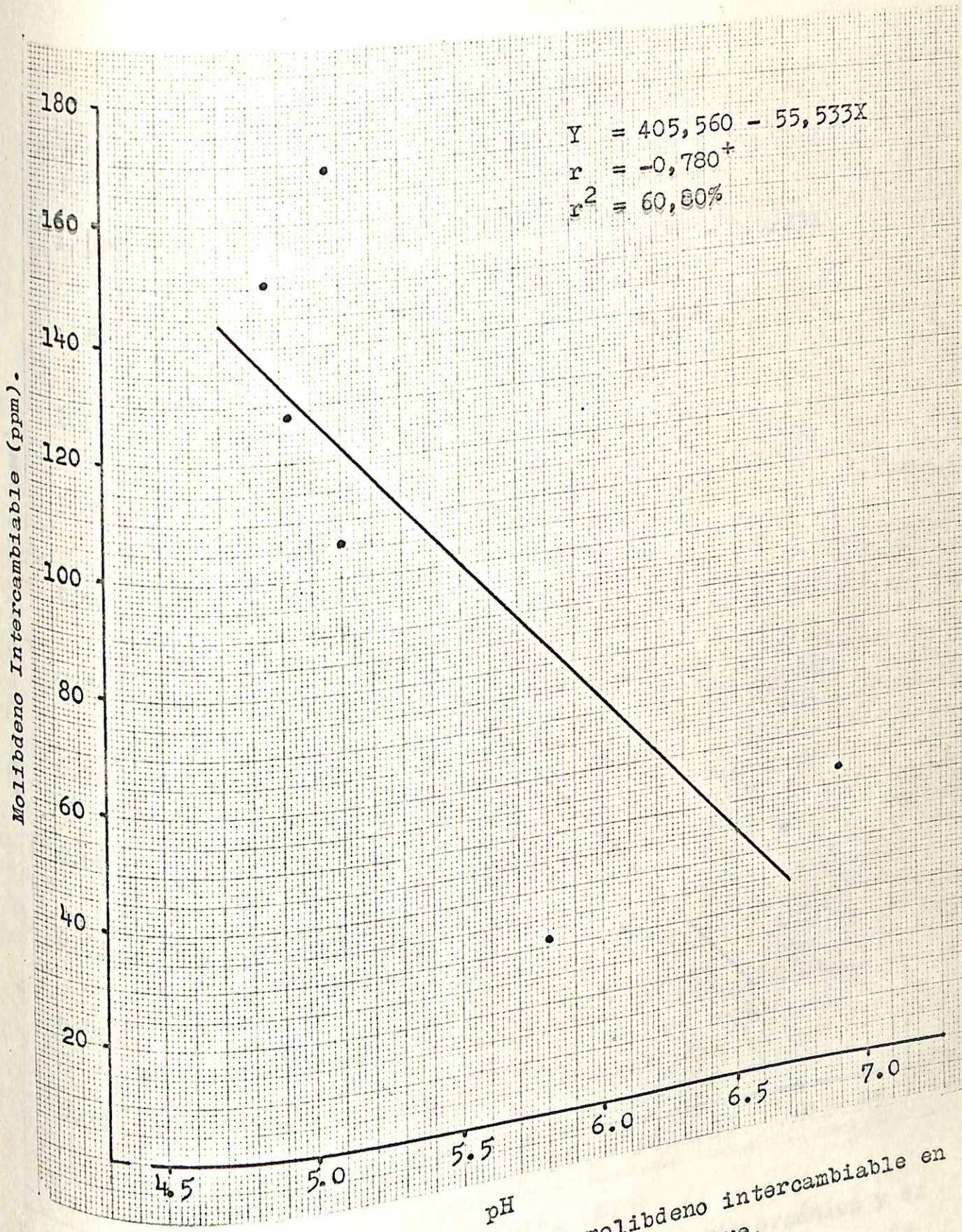


Figura 21. Relación entre el pH y el molibdeno intercambiable en el subsuelo bajo condiciones de bosque.

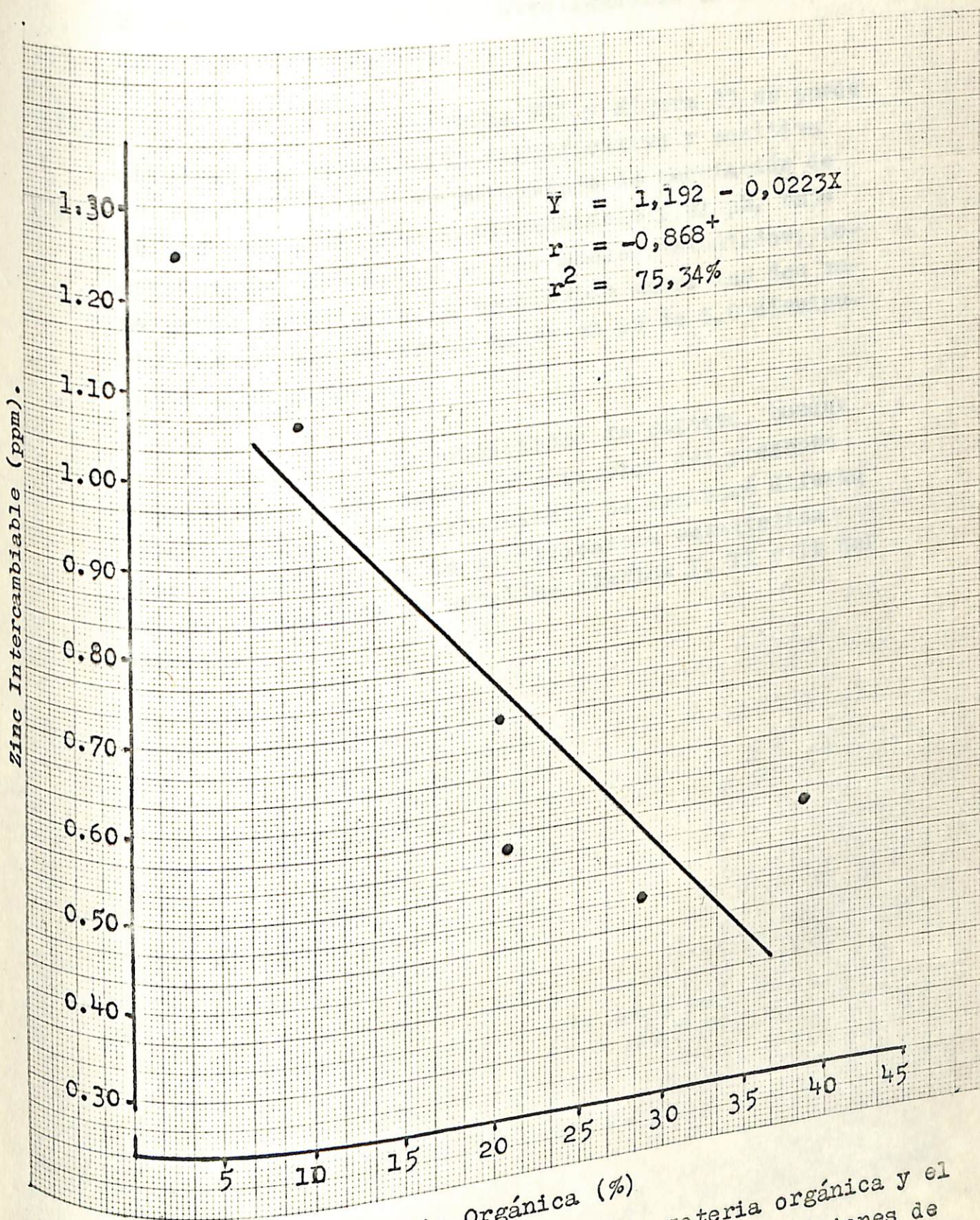


Figura 22. Relación entre el contenido de materia orgánica y el zinc intercambiable en el suelo bajo condiciones de bosque.

De Remer, Smith y otros investigadores citados por Igue y Bornemisza (34).

En la Tabla VII y Figura 23 se puede observar la correlación significativa y positiva ($r = 0,832^{++}$), con un porcentaje de asociación de 69,30% entre el zinc intercambiable y el pH, bajo condiciones de bosque en los suelos estudiados; como puede apreciarse la asociación entre las dos variables es más estrecha hasta un pH de 5,0 disminuyendo a pH mayores.

Bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera, en los suelos y subsuelos del presente estudio, el zinc intercambiable no registró diferencias a ningún nivel de significancia estadística con el porcentaje de arcillas (Tablas I, II y II del Apéndice).

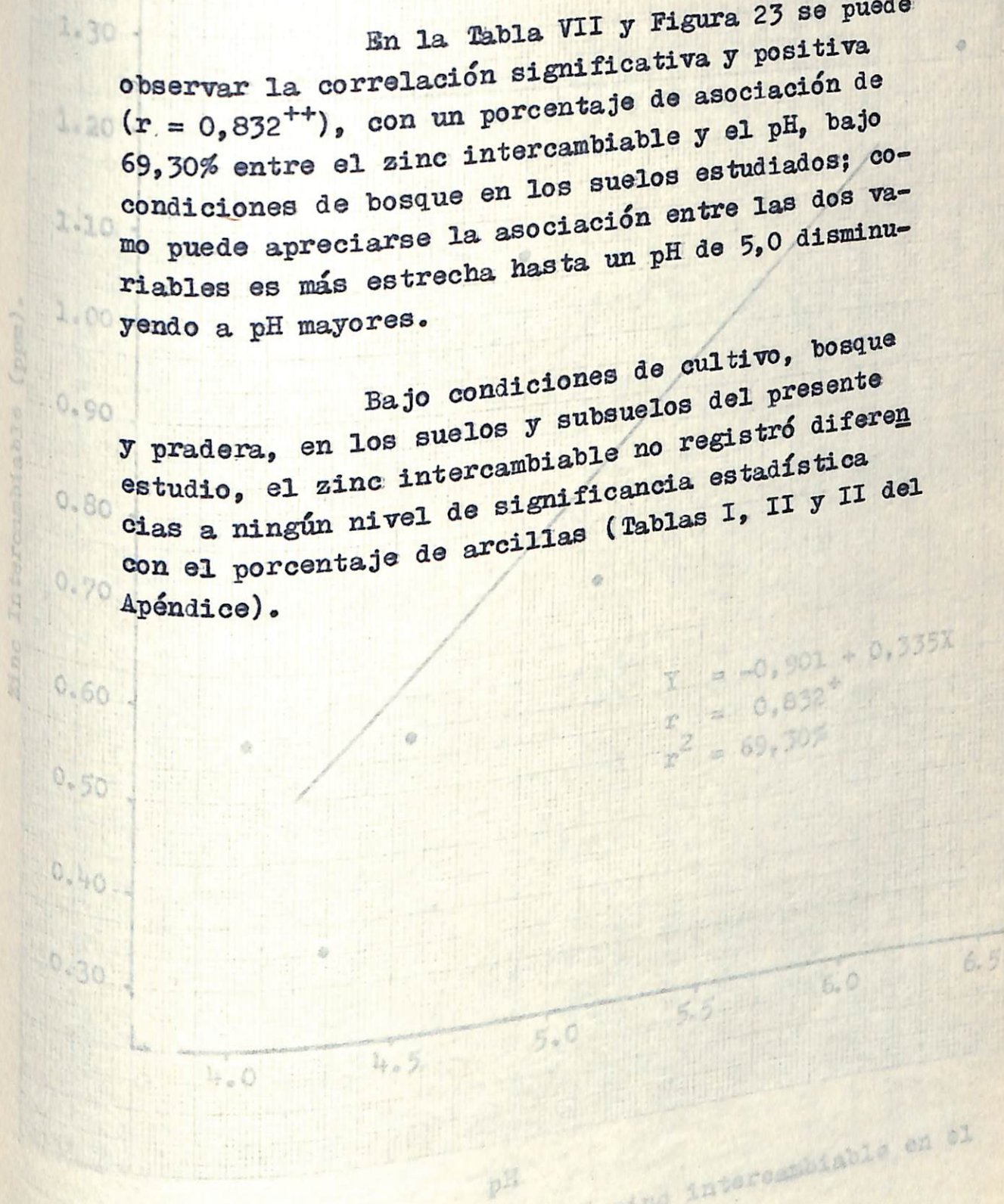


Figura 23. Relación entre el pH y el zinc intercambiable en el suelo bajo condiciones de bosque.

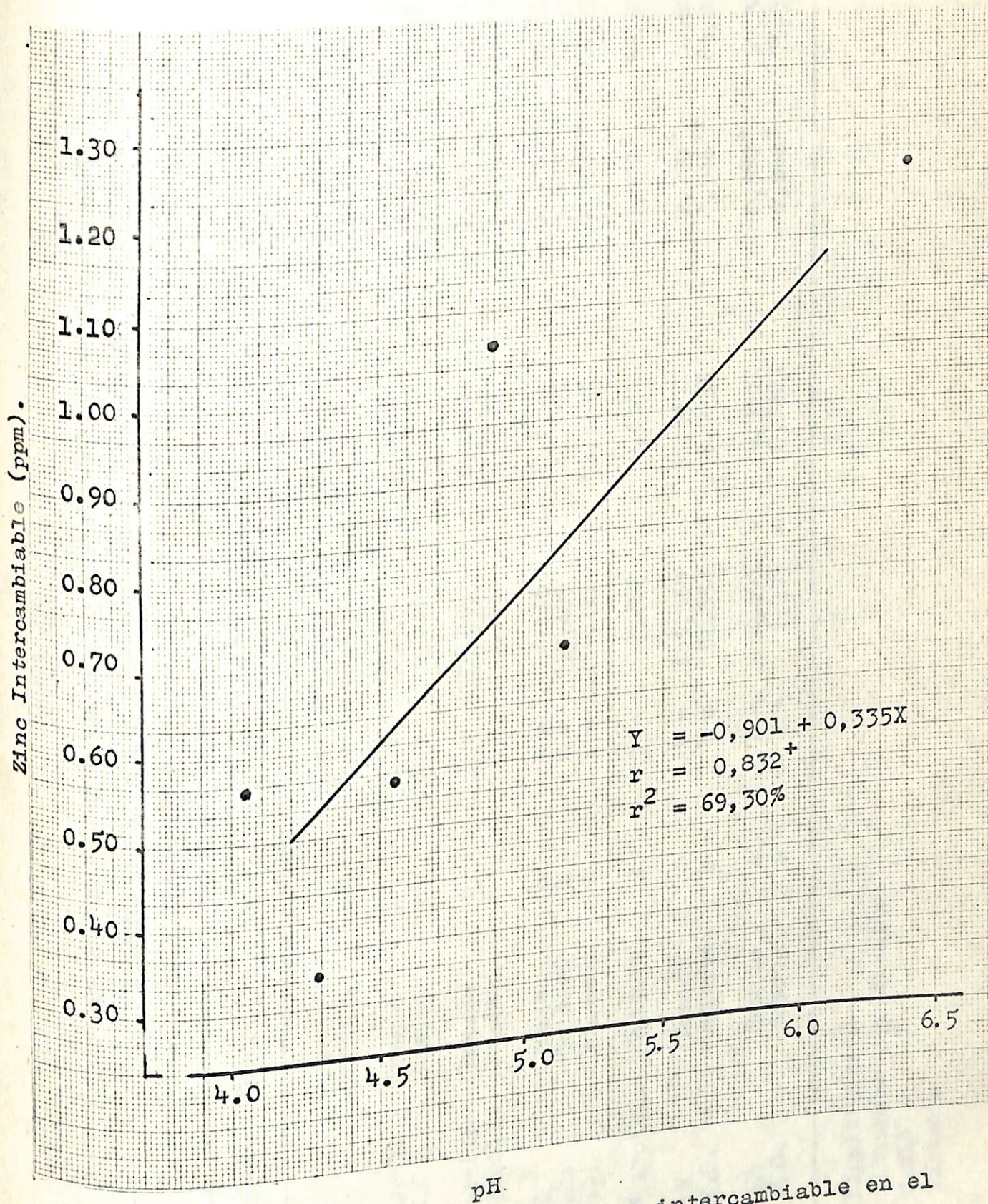


Figura 23. Relación entre el pH y el zinc intercambiable en el suelo bajo condiciones de bosque.

TABLA VII

RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE LOS MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES
Y ALGUNAS VARIABLES EDAFOLOGICAS EN LOS SUELOS,
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO, BOSQUE Y PRADERA.

Variable	Condición	H _z	Ecuación de regresión	"r" obtenido	r ² (%)		
Al	pH Pradera	A	Y = 194,666	-	28,136X	- 0,779 ⁺⁺	60,68
		A	Y = 282,128	-	41,570X	- 0,931	86,67
B	% Arcilla % M.O.	A	Y = 0,037	+	0,002X	0,909 ⁺⁺	82,00
		B	Y = 0,610	+	0,002X	0,932 ⁺⁺	86,86
Cu	% Arcilla % Pradera	B	Y = 10,860	-	0,298X	- 0,962 ⁺⁺	92,54
		B	Y = 3,771	+	0,279X	- 0,948 ⁺⁺	89,80
Fe	pH M.O. M.O.	B	Y = 7,717,515	-	1,032,270X	- 0,976 ⁺⁺	95,20
		B	Y = 952,409	+	134,715X	0,853 ⁺⁺	72,91
		B	Y = 1,256,222	+	81,671X	0,918 ⁺⁺	84,20
Mn	% Arcilla Cultivo	A	Y = 0,282	+	0,654X	0,772 ⁺	59,50
Mo	pH M.O.	B	Y = 405,560	-	55,533X	- 0,780 ⁺	60,80
		B	Y = 52,854	+	9,793X	0,948 ⁺⁺	89,87
Zn	pH M.O.	A	Y = 0,901	+	0,335X	- 0,832 ⁺	69,30
		A	Y = 1,192	-	0,022X	- 0,868 ⁺	75,34

+ = Significativo

++ = Altamente significativo

A = Suelo

B = Subsuelo

requerimientos del ganado.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7. Los contenidos de hierro y molibdeno intercambiables estudiados bajo las tres condiciones, son los más altos que se han registrado hasta el momento.

A. CONCLUSIONES

1. El contenido promedio de aluminio intercambiable en los suelos de la Llanura del Pacífico bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera no es alto (Menor de 1 me. Al/100 gr. de suelo). Por lo tanto, no se hallan afectados por problemas de toxicidad por este elemento.

2. La correlación entre el aluminio intercambiable y el pH fué altamente significativa y negativa bajo condiciones de pradera y muy similar bajo condiciones de bosque, hecho que concuerda con los conceptos modernos sobre acidez de los suelos.

3. El contenido de boro intercambiable se presentó mayor en los subsuelos que en los suelos.

4. Los suelos estudiados presentan concentraciones de boro intercambiable bajos, que podrían provocar deficiencias en los distintos cultivos.

5. El boro intercambiable correlacionó en forma significativa y positiva con el porcentaje de arcillas bajo condiciones de bosque, no así bajo pradera y cultivo.

6. Los contenidos de cobre y cobalto intercambiables en los suelos estudiados bajo las tres condiciones se presumen adecuados para el normal desarrollo de las plantas. Además, la concentración de cobalto intercambiable, sería suficiente para suplir los

requerimientos del ganado.

7. Los contenidos de hierro y molibdeno intercambiables en los suelos estudiados bajo las tres condiciones, son los más altos que se han registrado hasta el momento comparados con los contenidos encontrados para otros suelos del mundo.

8. En los suelos que presentan trazas en sus concentraciones de manganeso intercambiables podrían ocurrir deficiencias de este elemento para las plantas.

9. El contenido de zinc intercambiable se cataloga adecuado para el normal desarrollo de los vegetales.

B. RECOMENDACIONES

1. Llevar a cabo estudios de invernadero y campo con plantas indicadoras adecuadas, con el objeto de evaluar, posibles deficiencias de boro y manganeso intercambiables, en los suelos de la Llanura del Pacífico.

2. Desarrollar trabajos de investigación bajo las mismas condiciones antes mencionadas con el objeto de detectar posibles efectos fitotóxicos provocados por las altas concentraciones de molibdeno.

3. Se recomienda llevar a cabo estudios detallados sobre la presencia de molibdenita en la zona adyacente a los suelos estudiados.

4. Se recomienda llevar a efecto un estudio de las formas totales, de los elementos estudiados.

VI. RESUMEN

Se estudiaron varios suelos y subsuelos de la Llanura del Pacífico situada al sur-oeste del Departamento de Nariño. La zona estudiada se encuentra localizada entre los 25 y 250 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual, de 26°C. y una precipitación que fluctúa entre 4.000 y 8.000 mm. por año.

Se estudiaron las fracciones cambiables de los micronutrientos: aluminio, boro, cobre, cobalto, hierro, manganeso, molibdeno y zinc, bajo condiciones de cultivo, bosque y pradera.

Los resultados indican que el aluminio intercambiable se presenta en baja concentración (Menor de 1 me. Al/100 gr. de suelo) y que no están afectados por toxicidad de éste elemento. El contenido de boro intercambiable bajo las tres condiciones se presentó en concentraciones muy bajas que podrían provocar deficiencias en los distintos cultivos; su contenido fué mayor en los subsuelos que en los suelos. Los contenidos de cobre y cobalto intercambiables, se presumen adecuados para el normal desarrollo de las plantas. Además las concentraciones de cobalto serían suficientes para suplir los requerimientos del ganado.

Bajo las tres condiciones los contenidos en los suelos de hierro y molibdeno intercambiables son los más altos que se han registrado hasta el momento, comparados con los encontrados para otros suelos del mundo.

En los suelos que presentan trazas en la concen

tración de manganeso intercambiable, y deficiencias para las plantas. El zinc intercambiable se cataloga adecuado para el normal desarrollo de las mismas.

El aluminio intercambiable y el pH correlacionaron en forma altamente significativa y negativa bajo condiciones de pradera y muy similar bajo condiciones de bosque. El boro intercambiable correlacionó en forma significativa y positiva con el porcentaje de arcillas bajo las condiciones de bosque, no así bajo condiciones de pradera y cultivo.

En general el contenido de las formas intercambiables de los micronutrientes bajo las tres condiciones estudiadas presentaron la secuencia:

$$\text{Fe} > \text{Mo} > \text{Al} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Co} > \text{B}$$

en los suelos y subsuelos; tan sólo variando dicha secuencia respecto al Zn y Co que no fué similar bajo las tres condiciones estudiadas.

SUMMARY

Several soils and subsoils from the Pacific Plains located S.W. of Narifio Departament were studied here. This area is located between 25 and 250 m.a.s.l., with a mean annual temperature of 26C and a mean fainfall of 4.000 to 8.000 mm pear year.

These micronutrient exchangeable fractions were studied: aluminum, boron, cupper, cobalt, iron, manganese, molibdenum and zinc, under crop, forest and pasture conditions.

The results indicated that the exchangeable aluminum has a low concentration (less than 1 me. Al/100 gr. of soil) and these soils are not affected by toxicity due to his mineral. The exchangeable boron content, under those three conditions showed low concentrations which could cause defficiencies in the different crops; its contents were greater in the subsoils than in the soils. The exchangeable cupper and cobalt contents are pressumed to be adequate for a normal plant development. Cobalt concentrations are also sufficent for cattle nutrition.

Iron and molibdenum exchangeable contents under the three conditions are the highest registered to the moment, compared with those founded in other parts of the world.

It may occur defficiencies for the plant in those soils with scare exchangeable manganese concentrations. Exchangeable zinc in considered adequate fo r a normal plant growth.

The correlation between exchangeable aluminum

and pH was negative and highly significant under pasture conditions; a similar conclusion was founded under forest conditions. Exchangeable boron correlated in a significant and positive form with clay percentages under forest conditions; a different result was observed for the crop and pasture conditions.

The general content of the exchangeable forms studied under the three mentioned conditions presented this sequence:

Fe > Mo > Al > Cu > Mn > Zn > Co > B

in soils and subsoils; this sequence varied only for the Zn and Co forms which was differente under the three studied conditions.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ALBA, J. DE. Alimentación del ganado en América Latina. México, Prensa Med., 1968. 336p.
2. ALVIN, P. DE T. Curso Internacional de bases fisiológicas de la producción agrícola; la nutrición mineral de las plantas, por Ludwig Müller. Lima - Perú, IICA, 1959. p. irr.
3. ANDERSON, A. J. Molybdenum as a fertilizer, Advances in Agronomy 8:163-202. 1956.
4. ANGULO, et al. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del Departamento de Nariño. Llanura del Pacífico. Tesis Ing. Agr. ITA, Univ. de Nariño. Pasto, 1970. 115p. (Mecanografiada).
5. ANGULO, G. y MARTINEZ, G. Propiedades físicas de algunos suelos en el piso tropical del Departamento de Nariño, Llanura del Pacífico. Tesis Ing. Agr., ITA, Univ. de Nariño. Pasto, 1971. 82p. (Mecanografiada).
6. ANONIMO. Los cultivos cobran vida con aplicaciones de elementos traza. La Hacienda. New York, 66(8):12. 1971.
7. ASTAIZA, J. Determinación de boro, cobalto, zinc y aluminio intercambiables en los suelos del Valle del Patía. Departamento del Cauca. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño. FACIA. Pasto, 1972. 56p. (Mecanografiada).

8. BARROWS, H. et al. Effect of soil type on mobility of zinc in the soil and on its availability from zinc sulfate to tung. Soil Science Society of America. Proceedings 24: 257-372. 1960.
9. BEAR, F.E. Suelos y fertilizantes. Trad. J. Dozal 2a ed. Barcelona. Omega, 1963. 438p.
10. BREMNER, J.M. Determination of nitrogen in soil by the kjeldhal method. Your. Agr. Sci. 55: 11-33. 1968.
11. BLASCO, M. Curso de suelos. Universidad Nacional, Facultad de Agronomía, 1963. 428p. Mimeografiado.
12. BLASCO L., M. y BOHORQUEZ, N. Estudio sobre la composición química del ramio (Bohemeria nivea Caud.). Agr. Trop. (Bogotá) 23:813-818. 1967.
13. BOUYOUCOS, G.J. A comparison between the pipette method and the hidrometer method of making analisis of succesaful. Soil Sci. 38:335-345.
14. BUCKMAN, H. y N.C. BRADY. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. de R.S. Barceló. Unión Tipográfica. México. Editorial Hispanoamericana, 1966. 590p.
15. BRADFORD, C.R. et al. Total content of nine mineral elements in fitty selected Benchmark soil profiles of California. Hilgardia. 38: (14): 541-556. 1967.

16. CASTRO P., J. Formas de manganeso en suelos de clima medio en el Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Univ. de Nariño, ITA, Pasto, 1969. 73p. (Mecanografiada).
17. COLOMBIA. MINISTERIO DE TRABAJO. Nariño. Sus modalidades sociales, geográficas y económicas como factores de planeamiento para la adopción de un régimen de seguridad social campesina. Bogotá, Litografía Arco, 1959. 218p.
18. CHAMORRO, B. y ECHEVERRIA, G. Determinación de aluminio, boro, cobre, cobalto, hierro, manganeso y zinc intercambiables en suelos de la Sabana de Túquerres. Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Univ. de Nariño. FACIA. Pasto, 1971. 78p. (Mecanografiada).
19. CHAPMAN, H.D. Diagnostic criteria for plants and soils. Ed. Riverside, H. Chapman. University of California. pp. 484-499. 1966.
20. DE SANTANA, CH. Formas totales y disponibles de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno en los suelos de la región cacaotera de Bahía, Brasil. Tesis de M.Sc. Centro Interamericano de Ciencias Agrícolas. O.E.A. Turrialba (Costa Rica). 1971. 86p.
21. DULCEY, C. Fraccionamiento de manganeso en los suelos del Norte del Departamento del Cauca. Sector Santander Villa Rica. Tesis Ing. Agr. FACIA. Universidad de Nariño. Pasto, 1973. 75p. (Mecanografiada).

22. EMMONS, J. Geology. New York, McGraw-Hill, 1939. 98p.
23. ESPINAL, T.L. y MONTENEGRO, E. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, 1963. 210p.
24. GALLEGO, R. y FERNANDEZ, E. Oligoelementos en los suelos de las vegas altas de Guadiana. Anales de Edaf. y Agrob. 22:307-322. 1963.
25. GALLEGO, R. y JOLIN, T. Relaciones entre la composición de los suelos y su contenido en molibdeno. Anales de Edaf. y Fisiol. Vegetal 17:785-804. 1958.
26. GIDDENS, F. Functions of boron in plants growth micronutrients and crop production in Georgia Agricultural experiment stations. Bull. No. 126. 1964.
27. GODSCHMIDT, V.M. Geochemistry. London, Oxford University Press, 1958. 730p.
28. GONZALEZ, G. et al. Composición botánica, características generales y proporción de hierro, manganeso, cobre y cobalto en hierba y suelos de pradera de la Provincia de Pontevedra en relación con la presentación de ciertas enfermedades del ganado. Anales de edafología y fisiología vegetal (Madrid) 18:241-273. 1959.
29. GOOSEN, D. et al. Levantamiento general de los suelos de la región del Río Mira. Departamen-

- to de Nariño. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Agrológico. Bogotá, 1960. 80p.
30. GROS, A. Abonos, guía práctica de la fertilización. 4a. ed. Trad. R. Olarquiaga Soriano. Madrid, Mundi Prensa, 1967. 545p.
31. GROSSE, E. Acerca de la Geología del Sur de Colombia. Comp. Est. Geol. de Colombia (Bogotá) 3:138-241. 1935.
32. GUTIERREZ, R. Informe geológico sobre la Isla del Morro, bahía de Tumaco (Departamento de Nariño). Bogotá. Ministerio de Minas y Petróleos, Servicio Geológico Nacional. Informe No. 624. pp.9-10. 1949.
33. IBARRA, A. y MELO, L. Mineralización del nitrógeno, en presencia de aluminio, hierro, cobalto, molibdeno en algunos suelos de Nariño. Colombia. Tesis Ing. Agr. FACIA. Univ. de Nariño. Pasto, 1971. 116p. Mecanografiada.
34. IGUE, K. y BORNEMISZA, F. El problema del zinc en suelos y plantas de regiones tropicales y de zonas templadas. Fitotecnica Latinoamericana. 4(1): 29-44. 1967.
35. JACKSON, M.L. Análisis químico de suelos. 2a. ed. Trad. J. Beltrán. Barcelona, Omega, 662p.
36. JACOB, A. and UEXKULL, H. Fertilización. Trad. L. López M. Veemmy y Zoneno, Wageningen, 1961. 626p.

37. JIMENEZ, P.J. y OCAMPO, C.M. El aluminio como factor de acidez en varios suelos del Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño. I.T.A. Pasto, 1970. 93p. (Mecanografiada).
38. LABANAUSKAS, CH. K. Manganese. In Diagnostic criteria for plants and soils. Riverside, H. Chapman, University of California. pp. 264-285. 1966.
39. MALAVOLTA, E. et al. La nutrición mineral en algunas cosechas tropicales. Berna, Instituto Internacional de la Potasa, 1964. 163p.
40. MEHLICH, A. and DRAKE, M. Soil chemistry and plant nutrition. In. Bear, F.E., ed. Chemistry of the soil. New York, Reinold. pp. 286-327. 1955.
41. MUNSELL. Soil color charts. Baltimore, Mun. Col. Co. Inc., s.p.
42. MORRISON, F.B. Alimentos y alimentación del ganado. Trad. J. L. Loma. 21a. ed. inglesa. México, Uthea, 1951. 722p.
43. PERUGIA, J. Del estudio agronómico del Departamento de Nariño y planificación de la región de Tumaco. Trad. del francés por H. Pedro Ernesto. Imprenta Departamental. Pasto, 1955. 51p.
44. RAVICOVITCH, S. et al. Microelements in soils of Israel. Soil Science Society of America Proceeding. 92(2): 85-89. 1967.

45. REISENAUER, H.M. Availability essays for the secondary and micronutrient anions. In Soil testing and plant analysis. Part I. Soil Testing. Madison (Wisconsin). Soil Science Society of America Inc., 1967. pp.71-102.
46. REUTHER, W. and LABANAUSKAS, H. Copper. In. Diagnostic criteria for plants and soils. University of California, H. Chapman Riverside. pp. 157-179. 1966.
47. ROLDAN RETANA, J.A. Diferentes formas de manganeso en suelos de la región oriental de la Meseta Central. Tesis Lic. Quím. Universidad de Costa Rica, San José, 1969. 61p.
48. RUBINSTEIN, J.K. Determinación de cobre y zinc en suelos de plantas de café por espectrofotometría de absorción atómica. Tesis Lic. Quím. Universidad de Costa Rica, San José, 1968. 68p.
49. SAIZ DEL RIO, J.F. y BORNEMISZA, F.J. Análisis químico de suelos, métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., 1961. 107p.
50. SANCHEZ, B. y DIOS, R. Estudio químico de suelos naturales y agrícolas Gallegos y de las reacciones entre su contenido en nutrientes. IV. Manganeso, hierro y aluminio. Anales de Edaf. y Agrob. 23:411-430. 1964.
51. SHERMAN, C.D., McHARGYE, J.S. and HOSGKISS, W.S.

Determination of active manganese in soil.
Soil Science 54:253-257. 1942.

52. Conferencia Internacional de Pesquisas de Cacau
2a. ITA-BUNA, Bahía, Brasil, 1969. Memorias.
pp. 412-416.
53. SWAINE, D.J. and MITCHEL, R.L. Trace element
distribution in soil profiles. Journal of
soil Science 11(2): 347-368. 1960.
54. TISDALE, L.S. and NELSON, W.L. Soil fertility
and fertilizers. 2n ed. New York. McMillan,
1966. 694p.
55. TORRES, H. y ORTIZ, L.A. Plan de desarrollo eco
nómico y social del Departamento de Nariño.
Documento No. 22, Zona del Río Mira (Nariño).
Contraloría General del Departamento. 5-6:
1-21. 1961.
56. VARGAS, E. El aluminio de cambio en suelos de
los Llanos Orientales. Tesis Quím. Universi-
dad Nacional. Facultad de Química (Bogotá),
1954. 55p. Mimeografiada.
57. VELASCO, C. Fraccionamiento de las diferentes
formas del manganeso en los suelos del Alti-
plano de Pasto. Tesis Ing. Agr. Universidad
de Nariño. FACIA. Pasto, 1971. 50p. Mecano-
grafiada.
58. VIVEROS Z., M. Efecto del aluminio en la mine-
ralización del nitrógeno en algunos suelos
del Altiplano de Pasto, Tesis Ing. Agr. Univ.

de Nariño. FACIA. Colombia, 1973. 69p. Mecanografiada.

59. WALKLEY, A. and BLACK, T.A. An examination of the Dogtjarev method for determining soil organic matter and proposed modification of the chronic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38. 1934.
60. YUAN, T. Some relationships among hydrogen, aluminum and pH in solution and soil system. Soil Science Society of America proceedings. 95:155-163. 1963.

TABLA I

RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE LOS MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES Y EL PORCENTAJE DE ARCILLA EN LOS SUELOS, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO.

MICRONUTRIMENTO	Horizonte	ECUACION DE REGRESION	"r" obtenido	r ² (%)
ALUMINIO	Suelo	Y = 87,750	- 0,517 NS	26,72
	Subsuelo	Y = 70,476	- 0,326 NS	10,24
BORO	Suelo	Y = 0,087	- 0,373 NS	13,91
	Subsuelo	Y = 0,077	+ 0,044 NS	0,19
COBRE	Suelo	Y = 7,021	- 0,032 NS	0,10
	Subsuelo	Y = 6,531	- 0,398 NS	15,84
COBALTO	Suelo	Y = 0,401	0,235 NS	5,52
	Subsuelo	Y = 0,902	0,411 NS	16,89
HIERRO	Suelo	Y = 737,020	0,535 NS	28,62
	Subsuelo	Y = 1.703,997	0,135 NS	1,82
MANGANESO	Subsuelo	Y = 2,522	+ 0,1470X	44,62
	Suelo	Y = 16,523	+ 26,3440X	24,80
MOLIBDENO	Subsuelo	Y = 85,643	+ 2,2850X	16,72
	Suelo	Y = 0,510	+ 0,0650X	44,35
ZINC	Subsuelo	Y = 0,609	+ 0,0003X	0,08

NS = No significativo

TABLA II

RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE LOS MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES Y EL PORCENTAJE DE ARCILLA EN LOS SUELOS, BAJO CONDICIONES DE BOSQUE.

MICRONUTRIMENTO	Horizonte	ECUACION DE REGRESION	"r" obtenido	r ² (%)
ALUMINIO	Suelo	Y = 69,059 -	- 0,555 NS	30,80
	Subsuelo	Y = 54,726 -	- 0,390 NS	15,21
BORO	Subsuelo	Y = 0,084 -	- 0,643 NS	41,34
COBRE	Suelo	Y = 4,562 +	0,139 NS	1,94
	Subsuelo	Y = 1,118 -	- 0,655 NS	42,90
COBALTO	Suelo	Y = 0,841 -	- 0,506 NS	25,60
	Subsuelo	Y = 1.875,608 +	0,023 NS	0,05
HIERRO	Suelo	Y = 1.309,028 +	0,243 NS	5,90
	Subsuelo	Y = 1,920 +	- 0,405 NS	16,40
MANGANESO	Suelo	Y = 6,585 -	- 0,192 NS	3,68
	Subsuelo	Y = 208,150 -	- 0,449 NS	20,16
MOLIBDENO	Suelo	Y = 112,389 -	- 0,118 NS	1,39
	Subsuelo	Y = 0,389 -	- 0,712 NS	50,69
ZINC	Suelo	Y = 0,826 -	- 0,609 NS	37,08
	Subsuelo			

NS = No significativo

TABLA III

RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE LOS MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES Y EL PORCENTAJE DE ARCILLA EN LOS SUELOS, BAJO CONDICIONES DE PRADERA

MICRONUTRIMENTO	Horizonte	ECUACION DE REGRESION	"r" obtenido	r ² (%)
ALUMINIO	Suelo	Y = 91,129 -	- 0,759 NS	57,60
	Subsuelo	Y = 72,418 -	- 0,310 NS	9,61
BORO	Suelo	Y = 0,012 +	0,800 NS	64,00
	Subsuelo	Y = 0,085 -	- 0,390 NS	15,25
COBRE	Suelo	Y = 6,639 -	- 0,260 NS	6,76
COBALTO	Suelo	Y = 0,773 -	- 0,001 NS	0,00025
	Subsuelo	Y = 0,435 +	0,077 NS	0,69
HIERRO	Suelo	Y = 1.962,879 -	- 0,587 NS	34,45
	Subsuelo	Y = 2.467,051 -	- 0,430 NS	18,49
MANGANESO	Suelo	Y = 2,929 -	- 0,259 NS	6,70
	Subsuelo	Y = 5,704 -	- 0,117 NS	1,36
MOLIBDENO	Suelo	Y = 129,827 -	- 0,203 NS	4,12
	Subsuelo	Y = 205,661 -	- 0,718 NS	51,55
ZINC	Suelo	Y = 0,635 -	- 0,409 NS	16,72
	Subsuelo	Y = 0,799 -	- 0,150 NS	2,25

NS = No significativo

TABLA IV

RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE LOS MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES Y EL pH
EN LOS SUELOS, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO.

MICRONUTRIMENTOS	Horizonte	ECUACION DE REGRESION	"r" obtenido	r ² (%)
ALUMINIO	Suelo	Y = 195,006 -	- 0,442 NS	19,43
	Subsuelo	Y = - 219,379 +	0,473 NS	22,37
BORO	Suelo	Y = 6,890 -	- 0,201 NS	4,04
	Subsuelo	Y = 7,347 -	- 0,407 NS	16,56
COBRE	Suelo	Y = 5,157 -	- 0,037 NS	0,13
	Subsuelo	Y = 6,367 -	- 0,505 NS	25,50
COBALTO	Suelo	Y = 0,278 +	0,185 NS	3,42
	Subsuelo	Y = 1,033 -	- 0,085 NS	0,72
HIERRO	Suelo	Y = 339,368 +	0,175 NS	3,05
	Subsuelo	Y = 8.453,923 -	- 0,737 NS	54,31
MANGANESO	Suelo	Y = - 3,598 +	0,358 NS	12,81
	Subsuelo	Y = 4,087 +	0,009 NS	0,09
MOLIBDENO	Suelo	Y = 359,088 -	- 0,136 NS	1,84
	Subsuelo	Y = 545,516 -	- 0,680 NS	46,24
ZINC	Suelo	Y = 1,763 -	- 0,344 NS	11,83
	Subsuelo	Y = 0,054 +	0,322 NS	10,36

NS = No significativo

TABLA V

RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE LOS MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES Y EL pH
EN LOS SUELOS, BAJO CONDICIONES DE BOSQUE.

MICRONUTRIMENTO	Horizonte	ECUACION DE REGRESION	"r" obtenido	r ² (%)
ALUMINIO	Subsuelo	Y = 184,323 - 26,011X	- 0,746 NS	55,65
	Suelo	Y = 0,051 - 0,0001X	- 0,009 NS	0,009
BORO	Subsuelo	Y = 0,140 - 0,014X	- 0,356 NS	12,67
	Suelo	Y = 6,411 - 0,310X	- 0,435 NS	18,92
COBRE	Subsuelo	Y = 5,187 + 0,032X	0,206 NS	4,24
	Suelo	Y = 2,199 - 0,322X	- 0,531 NS	28,19
COBALTO	Subsuelo	Y = 0,159 + 0,089X	0,183 NS	3,34
	Suelo	Y = 3,158,299 - 254,566X	- 0,254 NS	6,45
HIERRO	Subsuelo	Y = 4,933,166 - 638,721X	- 0,747 NS	55,80
	Suelo	Y = 12,483 - 1,782X	- 0,505 NS	25,50
MANGANESO	Subsuelo	Y = 22,359 - 3,062X	- 0,539 NS	29,05
	Suelo	Y = - 51,733 + 40,887X	0,392 NS	15,36
ZINC	Subsuelo	Y = 1,164 - 0,083X	- 0,332 NS	11,02

NS = No significativo

TABLA VI

RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE LOS MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES Y EL pH
EN LOS SUELOS, BAJO CONDICIONES DE PRADERA.

MICRONUTRIMENTO	Horizonte	ECUACION DE REGRESION	"r" obtenido	r ² (%)
ALUMINIO	Subsuelo	Y = 200,215 - 26,071X	- 0,591 NS	34,92
	Suelo	Y = 0,142 - 0,015X	- 0,378 NS	14,28
BORO	Subsuelo	Y = 0,148 - 0,014X	- 0,677 NS	45,83
	Suelo	Y = 5,821 - 0,078X	- 0,059 NS	0,34
COBRE	Subsuelo	Y = 4,394 + 1,165X	0,553 NS	30,58
	Suelo	Y = 0,797 - 0,007X	- 0,102 NS	1,04
COBALTO	Subsuelo	Y = 0,189 + 0,118X	0,226 NS	5,10
	Suelo	Y = 920,038 + 68,344X	0,089 NS	0,79
MANGANESO	Suelo	Y = 1,733 + 0,102X	0,150 NS	2,25
	Subsuelo	Y = 2,148 + 0,209X	0,115 NS	1,32
MOLIBDENO	Suelo	Y = 98,658 + 1,732X	0,058 NS	0,33
	Subsuelo	Y = 228,415 - 12,145X	- 0,217 NS	4,70
ZINC	Suelo	Y = 0,626 - 0,007X	- 0,224 NS	5,01
	Subsuelo	Y = 0,836 - 0,004X	- 0,034 NS	0,12

NS = No significativo

TABLA VII

RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE LOS MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES Y EL PORCENTAJE DE MATERIA ORGANICA EN LOS SUELOS, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO.

MICRONUTRIMENTO	Horizonte	ECUACION DE REGRESION	"r" obtenido	r ² (%)
ALUMINIO	Suelo	Y = 36,410 +	0,192 NS	3,68
	Subsuelo	Y = 50,236 +	0,262 NS	6,86
BORO	Suelo	Y = 0,053 +	0,154 NS	2,37
	Subsuelo	Y = 0,075 +	0,175 NS	3,06
COBRE	Suelo	Y = 5,108 +	0,033 NS	0,10
	Subsuelo	Y = 5,052 +	0,517 NS	26,72
COBALTO	Suelo	Y = 0,915 -	-0,621 NS	38,56
	Subsuelo	Y = 0,366 +	0,652 NS	42,51
HIERRO	Suelo	Y = 2.311,379 -	- 0,435 NS	18,92
	Subsuelo	Y = 4,861 -	- 0,170 NS	2,89
MANGANESO	Suelo	Y = 5,665 -	- 0,625 NS	39,06
	Subsuelo	Y = 292,223 -	- 0,476 NS	22,65
ZINC	Suelo	Y = 1,106 -	- 0,211 NS	4,45
	Subsuelo	Y = 0,671 -	- 0,363 NS	13,17

NS = No significativo

TABLA VIII

RELACIONES ESTADÍSTICAS ENTRE LOS MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES Y EL PORCENTAJE DE MATERIA ORGÁNICA EN LOS SUELOS, BAJO CONDICIONES DE BOSQUE.

MICRONUTRIMENTO	Horizonte	ECUACION DE REGRESION	"r" obtenido	r ² (%)
ALUMINIO	Suelo	Y = 36,802 + 0,969X	0,422 NS	17,80
	Subsuelo	Y = 37,439 + 0,789X	0,346 NS	11,97
BORO	Suelo	Y = 19,910 - 0,016X	- 0,322 NS	10,36
COBRE	Suelo	Y = 4,650 + 0,008X	0,090 NS	0,81
	Subsuelo	Y = 7,619 - 0,092X	- 0,223 NS	4,97
COBALTO	Suelo	Y = 0,196 + 0,021X	0,557 NS	31,02
	Subsuelo	Y = 0,512 + 0,019X	0,596 NS	35,52
HIERRO	Suelo	Y = 1.731,334 + 8,700X	0,137 NS	1,87
	Subsuelo	Y = 1.160,574 + 40,430X	0,723 NS	52,57
MANGANESO	Suelo	Y = 1,953 + 0,088X	0,390 NS	15,21
	Subsuelo	Y = 5,961 - 0,023X	- 0,062 NS	0,38
MOLIBDENO	Suelo	Y = 215,042 - 3,285X	- 0,496 NS	24,60
	Subsuelo	Y = 74,269 + 3,986X	0,232 NS	5,38
ZINC	Subsuelo	Y = 0,755 - 0,005X	- 0,306 NS	9,36

NS = No significativo

TABLA IX

RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE LOS MICRONUTRIMENTOS INTERCAMBIABLES Y EL PORCENTAJE DE MATERIA ORGANICA EN LOS SUELOS, BAJO CONDICIONES DE PRADERA.

MICRONUTRIMENTO	Horizonte	ECUACION DE REGRESION	"r" obtenido	r ² (%)
ALUMINIO	Suelo	Y = 12,134 + 3,099X	0,765 NS	58,36
	Subsuelo	Y = 40,709 + 1,634X	0,440 NS	19,36
BORO	Suelo	Y = 0,306 - 0,016X	- 0,339 NS	11,49
	Subsuelo	Y = 0,060 + 0,001X	0,765 NS	58,52
COBRE	Suelo	Y = 4,941 + 0,064X	0,273 NS	7,45
	Subsuelo	Y = 8,633 - 0,168X	- 0,619 NS	38,31
COBALTO	Suelo	Y = 0,652 + 0,008X	0,406 NS	16,48
	Subsuelo	Y = 0,478 + 0,0005X	0,013 NS	0,01
HIERRO	Suelo	Y = 1.571,400 - 1,807X	- 0,030 NS	0,09
	Subsuelo	Y = 0,609 + 0,110X	0,525 NS	27,56
MANGANESO	Suelo	Y = 2,706 + 0,071X	0,464 NS	21,43
	Subsuelo	Y = 176,134 - 4,497X	- 0,495 NS	24,50
MOLIBDENO	Suelo	Y = 144,833 + 1,841X	0,391 NS	15,28
	Subsuelo	Y = 0,145 + 0,020X	- 0,664 NS	44,08
ZINC	Suelo	Y = 0,817 - 0,0005X	- 0,053 NS	0,28
	Subsuelo			

NS = No significativo

TABLA X

RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE EL ALUMINIO Y HIERRO INTERCAMBIABLES
EN LOS SUELOS, BAJO CONDICIONES DE CULTIVO, BOSQUE Y PRADERA.

CONDICION	Horizonte	ECUACION DE REGRESION	"r" obtenido	r ² (%)
CULTIVO	Suelo	Y = 3.486,799 - 37,212X	- 0,030 NS	0,09
	Subsuelo	Y = 1.272,102 - 10,959X	0,398 NS	15,84
BOSQUE	Suelo	Y = 14.374,004 + 290,186X	0,280 NS	7,84
	Subsuelo	Y = 1.025,817 + 10,380X	0,423 NS	17,89
PRADERA	Suelo	Y = 1.403,743 + 2,272X	0,160 NS	2,56
	Subsuelo	Y = 1,169 + 14,390X	0,617 NS	38,06

NS = No significativo

T
631.82
A277

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Ej. 1

Inventario: 12324

Autor: Agreda J., Leonardo

Título: Estudio de los elementos
menores intercambiables.....

FECHA DEV.	NOMBRE	CARNET
	Alcy Alvarez	
	Marcela Pizarro	287

T
631.82
A277



12324