

T
E-637.82
D778d
Ej. 1

FRACCIONAMIENTO DE MANGANESO EN LOS SUELOS DEL MORTE
DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA (SECTOR SANTANDER-VILLARRICA)

Per

GERARDO DULCEY MURILLO

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

1972

A LOS ESFUERTOS DE MIS PADRES JOSE Y ANTONIA
A MIS HERMANOS
A GLORIA ESTELA
A MIS FAMILIARES
A MIS AMIGOS

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

Artículo 10. del Acuerdo No. 324 del 11 de Oc-
tubre de 1.966, emanada del Honorable Consejo
Directivo de la Universidad de Maricao.

D E D I C O

GABRIEL MORALES MONTAÑO

AGRADECIMIENTOS A:

JORGE ORTEGA MURIQUEZ, I.A.
JOAQUIN SANDOZA JATUNE, I.A., M.Sc.
RICARDO GUERRERO RINCONES, I.A., M.Sc.
FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA
CARLOS UTERO, I.A.
CARLOS REVELLO, I.A.
JAVIER CHAVES SOLIS
ADAN SANDOZA OLAYA

A LOS ESFUERZOS DE MIS PADRES JOSE Y ANTONIA
A MIS HERMANOS
A GLORIA ESTELA
A MIS FAMILIARES
A MIS AMIGOS

Todo el personal del laboratorio de Suelos
de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la
Universidad de Maricao.

La Corporación Autónoma Regional del Cauce,
C.V.C., Sección de Suelos.

Las personas que en una u otra forma colaboraron
en el desarrollo del presente trabajo.

D E D I C O

GERARDO DULCEY MURILLO

CONTENIDO

I. INTRODUCCION 1
II. AGRADECIMIENTO A:
III. REVISION BIBLIOGRAFICA 2

2.1 JORGE ORTEGA ENRIQUEZ, I.A.
JOAQUIN GAMBOA JAIMES, I.A., M.Sc.
RICARDO GUERRERO RIASCOS, I.A., M.Sc.
FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA
2.2 CARLOS OTERO, I.A.
CARLOS REVELO, I.A.
2.3 JAVIER CHAVES SOLIS
2.4 ADAN CARDOZO OLAYA

2.5 Todo el personal del laboratorio de Suelos
de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la
Universidad de Maricao.

III. MATERIALES Y METODOS 3
3.1 La Corporación Autónoma Regional del Cauca,
C.V.C., Sección de Suelos.

3.2 Las personas que en una u otra forma colaboraron en el desarrollo del presente trabajo.

CONTENIDO

	Pag.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	2
2.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA.	2
2.1.1 Geologia	2
2.1.2 Clima	2
2.1.3 Suelos	3
2.2 EL MANGANESO EN EL SUELO.	4
2.2.1 Generalidades	4
2.3 EL MANGANESO EN LA PLANTA.	5
2.4 RELACIONES ENTRE LOS SISTEMAS SUE- LO; MANGANESO ; PLANTA	6
2.5 PROBLEMAS DEL MANGANESO	7
2.5.1 Fijación-Pérdida	7
2.6 FERTILIZACION	8
III. MATERIALES Y METODOS	12
3.1 Suelos y Localización	12
3.2 METODOS	12
a) <u>Textura</u>	12
b) <u>pH</u>	12
c) <u>Carbono orgánico</u>	12
d) <u>Materia orgánica</u>	12
e) <u>Nitrógeno intercambiable</u>	12
f) <u>Capacidad catiónica de cambio</u>	12
g) <u>Bases cambiables</u>	12
h) <u>Humedad</u>	12
3.3 DETERMINACION DE LAS FORMAS DE MAN- GANESO	13
3.3.1 Manganese total	13
3.3.2 Manganese soluble en agua	13
3.3.3 Manganese cambiable	13

	Pág.
3.3.4 Manganeso fácilmente reducible	14
3.3.5 Manganeso activo	14
3.3.6 Manganeso inerte	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	15
4.1 MANGANESO OTAL	15
4.2 MANGANESO ACTIVO	15
- Manganeso fácilmente reducible	18
- Manganeso cambiabile.	19
- Manganeso soluble en agua	19
4.3 MANGANESO INERTE	20
4.4 RELACION ENTRE LAS FORMAS DE MANGANESO EN SUELOS Y SUBSUELOS ESTUDIADOS	21
4.5 RELACION DE LAS FORMAS DE MANGANESO CON ALGUNAS PROPIEDADES FISICO QUIMICAS DE LOS SUELOS Y SUBSUELOS ESTUDIADOS	22
V. CONCLUSIONES	42
VI. RECOMENDACIONES	44
VII. RESUMEN	45
SUMMARY	46
VIII. BIBLIOGRAFIA	47
APENDICE	53

TABLAS

		Pag.
TABLA I	Formas de manganeso de algunos suelos del mundo. Resultados en ppm...	9
TABLA II	Distribución de manganeso de algunos suelos del mundo. Resultados en ppm.	10
TABLA III	Comparación de promedio de las formas de manganeso en varios suelos y subsuelos de Colombia. Resultados en ppm.	11
TABLA IV	Características Químicas generales de los suelos y subsuelos del norte del Cauca (Sector Santander - Villarrica)	24
TABLA V	Características Físicas generales de los suelos y subsuelos del Norte del Cauca (Sector Santander - Villarrica)	25
TABLA VI	Manganeso total, activo e inerte en los suelos y subsuelos del Norte del Cauca (Sector Santander - Villarrica) Resultados en ppm.	26
TABLA VII	Manganeso activo en los suelos y subsuelos del Norte del Cauca (Sector - Santander - Villarrica). Resultados en ppm.	27

ILUSTRACIONES

TABLA VIII	Contenido máximo, promedio y mínimo de las formas de manganeso en los suelos y subsuelos del norte del Cauca (Sector Santander - Villarrica). Resultados en ppm.	16
FIGURA 1.		28
FIGURA 2.		17
TABLA IX	Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación entre las formas de manganeso, y éstas con otras variables de los suelos y subsuelos del Norte del Cauca (Sector Santander - Villarrica).	29
FIGURA 3.		32
FIGURA 4.	Contenido máximo, promedio y mínimo de las diferentes formas del manganeso en los subsuelos del Norte del Cauca	33
FIGURA 5.	Relación entre el manganeso total y el manganeso inerte en los suelos estudiados	34
FIGURA 6.	Relación entre el manganeso total y el manganeso inerte en los subsuelos estudiados	35
FIGURA 7.	Relación entre el manganeso total y el manganeso fácilmente reducible en los suelos estudiados	36
FIGURA 8.	Relación entre el manganeso soluble y el manganeso fácilmente reducible en los subsuelos estudiados.	37

ILUSTRACIONES

	Pag.
FIGURA 1. Localización de los suelos estudiados	16
FIGURA 2. Reconocimiento general de suelos, zona Norte del Cauca	17
FIGURA 3. Contenido máximo, promedio y mínimo de las diferentes formas de manganeso en los suelos del Norte del Cauca	32
FIGURA 4. Contenido máximo, promedio y mínimo de las diferentes formas del manganeso en los subsuelos del Norte del Cauca	33
FIGURA 5. Relación entre el manganeso total y el manganeso inerte en los suelos estudiados	34
FIGURA 6. Relación entre el manganeso total y el manganeso inerte en los subsuelos estudiados	35
FIGURA 7. Relación entre el manganeso total y el manganeso fácilmente reducible en los suelos estudiados	36
FIGURA 8. Relación entre el manganeso cambi- ble y el manganeso fácilmente redu- cible en los subsuelos estudiados..	37

FIGURA 9.	Relación entre el manganeso activo y el manganeso fácilmente reducible en los suelos estudiados	38
FIGURA 10.	Relación entre el porcentaje de materia orgánica y el manganeso activo en los suelos estudiados	39
FIGURA 11.	Relación entre el pH y el manganeso activo en los suelos estudiados	40
FIGURA 12.	Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de nitrógeno intercambiable en los suelos estudiados	41

La investigación se realizó en parte por requerimiento de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, C.V.C., y su objetivo fue establecer el contenido de las formas de manganeso en suelos del Sector Santander - Villarrica, importantes por su situación geográfica, clima y capacidad que tienen para la ganadería y cultivos tropicales.

(c) Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Jefe de la Oficina de Asesoría Agrícola, I.A.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
FRACCIONAMIENTO DE MANGANESO EN LOS SUELOS DEL NORTE DEL
DEPARTAMENTO DEL CAUCA (SECTOR SANTANDER - VILLARRICA. (")

2.1.1 Geología

Caloto, presenta una terraza del
pleistoceno subreciente. Villarrica, una terraza débilmente
Per
elevada del pleistoceno reciente (34).

GERARDO DULCEY MURILLO

I. INTRODUCCION

El manganeso es un elemento imprescindible en la nutrición
vegetal, pues influye en la formación de la clorofila, reducción
de nitritos, y en la respiración. Es además catalizador de varios
procesos metabólicos, participa en la síntesis proteica y en la
formación del ácido ascórbico (23).

La investigación se realizó en parte por requerimiento de
la Corporación Autónoma Regional del Cauca, C.V.C., y su obje-
tivo fué establecer el contenido de las formas de manganeso en
suelos del Sector Santander - Villarrica, importantes por su si-
tuación geográfica, clima y capacidad que tienen para la gana-
dería y cultivos tropicales.

(") Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Jer-
ge Ortega Enriquez, I.A.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA

2.1.1 Geología

Caloto, presenta una terraza del pleisteceno subcreciente. Villarrica, una terraza débilmente disectada del pleisteceno reciente (34).

Los suelos de Caloto situados al sureste del Valle del Cauca, se formaron en un período de transgresión, cuando ésta era un lago. Los sedimentos están formados por arcillas, materiales volcánicos y restos de montaña diabásica del sureste. Entre Caloto y Corinto la terraza fué fuertemente erodada (34).

La terraza de Villarrica presenta sedimentación aluvial. Toda su topografía es más o menos plana y el material parental es más bien de textura uniforme; se considera que su formación corresponde a sedimentación lacustre probablemente proveniente de cenizas volcánicas. Los sedimentos que forman la terraza de la esquina quieta de Villarrica, Río Pale, Santander y Río la Teta fueron erodados y sus remanentes son los que la forman (36).

2.1.2 Clima

El sur geográfico del Valle del Cauca, corresponde al grupo climático Cálido moderado por su altura media de 1.100 m.s.n.m., con temperatura promedio de 24,8 grados centígrados, y precipitación anual, en Santander de

1.682 mm., con un periodo semiseco entre Junio y Agosto de 50 a 100 mm., siendo el mes más seco el de Julio con 45 mm. El resto del año es considerado lluvioso, con máxima precipitación en Octubre y Noviembre. La humedad relativa media es de 71 por ciento (36).

2.1.3 Suelos

En la terraza de Caloto-Japio, el material parental está formado por piedras de cenizas volcánicas. Predominan las pendientes suavemente onduladas que van tornándose planas. Existe permeabilidad moderadamente lenta en la mayoría de las áreas. La retención de humedad es buena. El drenaje natural va desde los imperfectamente bien drenados, como el sector Japio, a los moderadamente bien drenados en el sector Caloto (36).

Según Revelo (36), los suelos de Caloto presentan, superficialmente, color pardo grisáceo oscuro, con subsuelo pardo amarillento, menor friable. Hay arcillas rojo o rojo amarillento con abundancia de piedras en estado de descomposición. La profundidad efectiva va de moderada a profunda, con predominio de la primera. El mismo autor anota que los suelos de Japio son imperfectamente drenados, de color pardo muy oscuro. La topografía es ondulada o suavemente pendiente, aunque existen muchas áreas planas. El drenaje interno oscila de lento a mediano, drenaje natural imperfecto.

Los suelos del Sector Bolza-Caserío-Crucero son mejor drenados y ocupan las áreas onduladas, con excepción de los del Crucero, que tienen un drenaje más pobre, en parte porque ocupan las áreas mas planas. El material parental subyacente lo forman depósitos lacustres con muchas cenizas volcánicas. Suelos con fuerte acidez, permeabilidad moderada a len-

ta y con buena capacidad de retención de humedad, son además de color pardo rojizo. Los suelos son latosólicos, pesados y con moderado contenido de arcillas (34).

La zona Caserio, tiene escorrentía de lenta a media, drenaje interno medio y drenaje natural moderado; la topografía varía de plana a suavemente ondulada con predominio de la primera. Suelo color negro o gris oscuro intenso y subsuelo pardo oscuro y rojo amarillento (36).

Los suelos del Sector de Crucero son pobremente drenados, color pardo grisáceo, plástico y subsuelo pardo, rojo amarillento y arcilloso. La topografía va de plana a muy suavemente ondulada, con áreas depresionales. Escorrentía de lenta a muy lenta y drenaje interno lento. Suelo superficialmente ácido y subsuelo moderadamente ácido (36).

La zona Chiribico y Tierra Pantanosa, están compuestos por materiales lacustres y aluviales, son de drenaje bastante pobre al igual que la permeabilidad, por tal motivo sujetos a inundaciones. Los suelos de Chiribico son arcillosos, negros, plásticos, muy pobremente drenados, y ocurren en las áreas de depresión de la terraza; superficialmente son ácidos (34).

En las Tablas IV y V, se indican las principales características químicas y físicas de los suelos y subsuelos de la zona del norte del Departamento del Cauca, Sector Santander-Villarrica.

2.2

EL MANGANESO EN EL SUELO

2.2.1 Generalidades

El promedio mundial de manganeso en la corteza terrestre es de 1000 ppm., presentándose hasta 2000 ppm. en rocas básicas; 670 ppm. en sedimentarias y 600 ppm en ácidas; en los suelos su promedio es 850 ppm. (16) (22). El manganeso en la mayoría de los suelos se presenta en forma de peróxido, hidróxido; pirolusita (MnO_2),

redomita ($MnSiO_3$) y redocrosita (CO_3Mn) en minerales (39).

De Santana (15), mencionado a Goldschmidt, puntualiza que el manganeso constituye el 0,09 por ciento en la corteza terrestre. Bear (3) reporta un contenido de manganeso entre 225 y 11.250 kilos en la capa arable de una hectárea, afirmando que estando bien trabajado el terreno, libera suficiente elemento para las necesidades de la planta. En cambio Jackson (24) señala entre 10 y 2.000 ppm de manganeso total, y entre 0,3 a 0,1 ppm. de manganeso fácilmente reducible. Suelos neutros o alcalinos en producción contienen por lo general 100 ppm. o más de manganeso fácilmente reducible. En suelos alcalinos se deben presentar al menos 3 ppm. de manganeso cambiante y 100 ppm. de manganeso fácilmente reducible para que no se produzcan deficiencias. En las Tablas I y II se observan contenidos de varias formas de manganeso en estudios realizados en algunos suelos del mundo, los cuales fueron elaborados por De Santana (15) y Roldán (37).

2.3

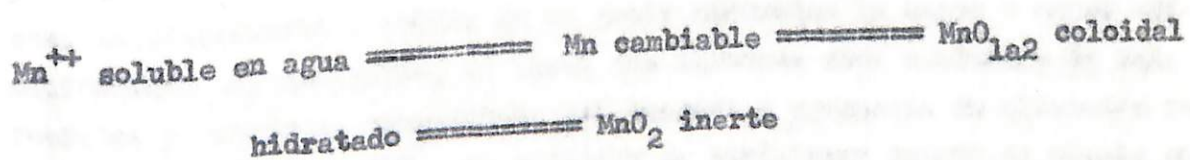
EL MANGANESO EN LA PLANTA

En los vegetales el manganeso regula la oxidación del hierro, para que no se torne tóxico (39). La escasez de manganeso se manifiesta por un color pardo pálido entre las nervaduras de las hojas jóvenes y que al poco tiempo se presentan casi blancas (50). En suelos muy ácidos cantidades excesivas de manganeso soluble se convierten en tóxicas para la planta. A pH mayores de 7,5 el manganeso es poco asimilable, por la formación de hidróxidos y carbonatos básicos insolubles; se ha considerado que el manganeso a límites de pH entre 6,5 y 8,5 es poco asimilable. Cuando se ha encalado el suelo intensamente se presenta déficit y aumenta el pH, disminuyendo así la solubilidad del manganeso (39).

En los suelos el manganeso guarda un estado de equilibrio de las formas manganosa y mangánica relacionada con la disponibilidad de este elemento para las plantas, siendo la forma cambiante la más asequible a las mismas (24)

El manganeso aumenta al contenido foliar de carotenos (10); hace parte del ciclo de Krebs, en los procesos óxido-reducción, como la reducción de nitratos en la planta (2, 25).

Según Bear (3), Jones (25) y Mesa Bernal (33), el contenido de manganeso en las plantas varía de 5 a 5.000 ppm. El manganeso ayuda al funcionamiento de las enzimas como peptidasa y carboxilasa y en general en reacciones glicolíticas (2, 18, 19). La óxido-reducción en los suelos ácidos convierte el manganeso mangánico a forma manganesosa y puede lixiviarse fácilmente (39). El manganeso fácilmente reducible, constituido por óxidos, puede estar formado por mezclas de manganeso en estados de valencia de dos a cuatro. De acuerdo a Jackson (24), el sistema de equilibrio se puede representar así:



2.4 RELACIONES ENTRE LOS SISTEMAS SUELOS; MANGANESO; PLANTA.

Con altas concentraciones de manganeso aprovechable hay toxicidad, si el suelo es ácido puede presentar síntomas de clorosis y necrosis, como el achaparramiento de las plantas (20,45).

Alexander (1) anota que los microorganismos intervienen en el ciclo del manganeso en el suelo, especialmente bacterias como Aerobacter, Pseudomonas, Bacillus; hongos como: Cladosporium, Cephe-losporium, Cuvularia; y algas del tipo Leptothrix.

Vavra y Frederick (51) afirman que la oxidación del azufre ocasionada por Thiobacillus thiooxidans produce acidez en los suelos, lo que ocasiona diez veces mayor liberación de manganeso en relación a la que produce por adición de ácido sulfúrico.

Hester, citado por Scheele (39), demostró que en los suelos con deficiencias de manganeso se producían tomates con escasez de Vitamina C. Powers y Pang (35) encontraron aumento en el rendimiento

de muchas plantas de cultivo a la aplicación de sulfato de manganeso. Los mismos autores indican que se produce un retardo al crecimiento en las plantas, cuando hay deficiencias de manganeso ligado al nitrógeno, potasio, calcio y azufre que son usados en grandes cantidades; también porque estos elementos puedan ser asimilables muy lentamente, o porque no haya equilibrio adecuado con los otros elementos nutritivos.

2.5 PROBLEMAS DEL MANGANESO

2.5.1 Fijación-Pérdida

En suelos de alto contenido de manganeso, la aireación excesiva produce oxidación y pasa a valencia insoluble, es por esto que se presentan mayores deficiencias en suelos arenosos y francos. La alcalinidad o acidez de un suelo determina la mayor o menor asimilabilidad del manganeso, al igual que factores como contenido de cal, fosfatos y arcillas, temperatura del terreno y presencia de elementos reductores y oxidantes (39). En cultivos de hortalizas cuando se encala en exceso se producen deficiencias de manganeso, lo que induce a emplear sulfato de manganeso en cantidades hasta de 57 kilos por hectárea (4).

Las condiciones responsables del aprovechamiento del manganeso, pueden ser causa de que el hierro sea inaprovechable, si no hay relación aceptable de hierro y manganeso se producen antagonismos que dificultan el desarrollo de la planta (44). Algunos investigadores como Stiles (43), Gallego y Bueno (19) han encontrado relaciones bastante aceptables, para el trigo, 2:5; el maíz 2:7 y para la soya 2:5. Suelos ácidos encalados a valores superiores a 6.5 de pH, sufren deficiencias a menudo de: boro, manganeso, Zinc, cobre y cobalto (4).

Leeper (27) opina que la montmorillonita tiene alto poder de fijación del manganeso, pero que la capacidad de retención de la caolinita es muy baja, razón por la cual en suelos caoliniticos se puede perder mucho manganeso por lixiviación. En suelos básicos arcillosos de tipo 2:1 no se presenta casi lixiviación. La materia orgánica retiene el manganeso por la reducción producida por ácidos orgánicos, solubilizándose, también por la formación de quelatos, (14). Confirma lo

anterior Meek, et al. (32), quienes dicen que la materia orgánica afecta los movimientos del manganeso y que al solubilizarse libera también manganeso del suelo. Según Sherman (40), en relación con la materia orgánica y la fertilización, las quemas de los suelos orgánicos producen deficiencias de manganeso, pasando a óxidos inertes por los efectos de alta oxidación generada después de las quemas. En los suelos cuando desaparecen las condiciones de anegamiento se puede producir la fijación de manganeso, debido a la facilidad con que se oxida este elemento al aumentar el contenido de oxígeno en los suelos. Sherman y Fujimoto (41) consideran que en condiciones de sequedad y aridez disminuye el manganeso cambiante, a excepción con temperaturas altas del suelo, donde luego se produce liberación.

2.6 FERTILIZACION

El manganeso en suelos adecuadamente húmedos se beneficia cuando se fertiliza con fosfatos, ya que se forman fosfatos manganesos, pero a excesiva aireación puede haber deficiencias en la asequibilidad por la formación de fosfatos mangánicos (22). Fertilizando con estiércol o con sulfato de manganeso y abono orgánico se equilibran terrenos de difíciles cosechas (13).

Varios autores (2,5,29,46) anotan que el encahlamiento reduce la cantidad de manganeso soluble o asimilable de los suelos. Según Vavra y Frederick (51) y Anderson (2), la acidificación del suelo produce mayor solubilidad del manganeso, pero no es una regla generalizada ya que al acidificarse el suelo, el azufre requiere algún tiempo para oxidarse y, en este lapso el manganeso puede transformarse en óxidos insolubles, dificultándose su asequibilidad.

TABLA I

FORMAS DE MANGANESO DE ALGUNOS SUELOS DEL MUNDO (A)

Resultados en ppm.

Lugar	Manganeso Activo	Manganeso Sol. agua	Manganeso Cambiable	Manganeso Reducible	Autor
Kentucky y					Sherman
Minnesota, USA suelos húmedos	Promedio 118	Trazas 0,8	Promedio 3,2	Promedio 114	Mc. Hargue Hodgkiss
Minnesota, Michigan y Texas, USA. Suelos Húmedos	---	---	---	Trazas 436	Sherman Harner
Francia, suelos se- cados al aire libre	---	---	1,5	29	Demolon
India, suelos húme- dos	33 - 152 Promedio 79	Trazas 5,60 Promedio 0,44	4,0 - 11,6 Promedio 7,0	29 - 140 Promedio 72	Vinayak
Chile, suelos Vol- cánicos	---	---	0,6 - 2,6 Promedio 1,1	30,4 - 456 Promedio 2	Schasscha y otros.
Punatrenas, Esta- ción experimental	---	---	8	---	Cordero
Barique Jiménez	---	---	---	---	---
Punatrenas, suelos húmedos	---	---	0,1 - 19,8 Promedio 3,25	---	Carvajal, Ramirez y Otros
Secorrito, Estación Agrícola experimental	---	---	0,02	---	Cordero y Carvajal.

(A) Tomado de Roldán (37).

TABLA II

DISTRIBUCION DE MANGANESO DE ALGUNOS SUELOS DEL MUNDO (4)

Resultados en ppm.

Suelos - Pais	profundidad cms.	Manganeso Total	Manganeso disponible	Extractor	Autor
Aluviales	0 - 30	540,0	---	---	---
E.U. CALIFORNIA	30 - 96	515,0	---	CHIO ₄ /HF	Bradford
	96 - 180	441,0	---	---	---
Latozol - COSTA RICA	0 - 20	---	3,8	ACONH ₄	Retana
Aluvial - COSTA RICA	0 - 20	---	10,8	ACONH ₄ pH; 7,0	Retana
Acidos - E. U. KENTUCKY	0 - 20	---	2,8	ACONH ₄ pH; 7,0	Sherman y Colaboradores
Arcilloso-Areno- so -ESPAÑA	0 - 25 25 - 80	25,0 175,0	---	H ₂ SO ₄ HNO ₃	Gallego y Fernández
Forestales - ESCOCIA	6 - 20 33 - 48 60 - 76 90 - 176	---	87,0 15,0 6,0 13,0	Acido-Acético 2,5 %	Swaine y Mitchel
Ferralíticos - ANGOLA	0 - 6 6 - 13 13 - 32 32 - 58	300,0 300,0 206,0 200,0	---	---	Fragoso
Arcilloso- Sureste Pacifico	0 - 15	900,0	---	---	Wells
Podsol - AUSTRA- LIA	0 - 10	2670,0	---	HCl 6N	Willians y Moore

Tomado de DE SANTANA (15).

TABLA III

COMPARACION DE PROMEDIOS DE LAS FORMAS DE MANGANESO EN VARIOS SUELOS Y SUBSUELOS

DE COLOMBIA .

Resultados en ppm.

Manganeso Total	Manganeso Activo	Manganeso Inerte	Manganeso Sol Agua	Manganeso Cambiable	Manganeso Reducible	Lugar	Clima	TaC	Autor Año
259,90 (2)	43,88	215,97	0,43	11,65	31,87	Sabana	Frío	14	Benavi-1958
---	(ⁿ)(ⁿ)	---	---	---	---	Bogotá			des (6)
1099,67	196,59	903,59	4,46	16,45	175,16	Dpto.			Castro 1969
1111,15	136,56	974,59	2,51	8,98	125,07	Nerifo	Templado	20	(12)
68,61	4,91	63,99	1,24	0,94	2,73	Altiplano	Frío	13-14	Velasco 1971
80,67	10,63	70,04	0,42	1,85	0,38	Pasto			(52)

(ⁿ) Suelo

(ⁿ)(ⁿ) Subsuelo

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Suelos y Localización

Se escogió para el presente estudio suelos de los Municipios de Santander, Caloto y Villarrica, localizados en la parte norte del Departamento del Cauca, que ocupan aproximadamente 35.000 hectáreas con 24,8 grados centígrados de temperatura y cuya situación geográfica es: al norte el Río Palo y la población de Puerto Tejada; al sur la formación montañosa del "Dintel de Suárez"; al oriente, el pie de monte de la Cordillera Central; y al occidente la planicie de inundación del Río Cauca. Los sitios donde se tomaron las muestras se presentan en los mapas 1 y 2, (34, 36).

El muestreo de los suelos se hizo con barreno y pala, utilizando para la recolección bolsas de polietileno. Las características generales de los suelos estudiados aparecen en las tablas IV y V.

3.2 METODOS

a) Textura

Por el método de Bouyoucos (8)

b) pH

Potenciómetro tipo Beckman (1:1) (24)

c) Carbono orgánico

Por combustión húmeda : Walkley-Black (48)

d) Materia orgánica

(% C X 1,724).

e) Nitrógeno intercambiable

Semi-micro Kjeldahl modificado (9).

f) Capacidad catiónica de cambio

Con acetato de amonio 1 N y neutro Schollenberger y Simon (38).

g) Bases cambiables

Con el extracto anterior utilizando fotometría (24).

h) Humedad

Por diferencia de peso, sometiendo el suelo a la estufa a 105 grados centígrados durante 24 horas (24).

3.3 Determinación de las formas de manganeso.

3.3.1 Manganeso total

Per fusión en un crisol de platino, se hizo la determinación pesando 0,5 grs. de suelo convenientemente tamizado, se llevó a la mufla y se calcinó durante media hora aproximadamente, hasta que al enfriarse el suelo presentó un color amarillo ladrillo, quedando así destruida la materia orgánica. Una vez fría se le adicionó carbonato de sodio anhidro (NaCO_3) en proporción de 1:4, se fundió por 15 minutos, se enfrió y disolvió en 10 ml de HCl (1:1) y se llevó a sequedad en la estufa adicionándole 10 ml. de HCl (1:9), se filtró y se lavó con una porción de agua acidulada que contenía 5 ml. de HCl por litro de agua. El filtrado se evaporó hasta que se formó una costra, luego se evaporó el HCl hasta que aparecieron humos blancos con la adición de 5 ml. de H_2SO_4 y se disolvió el residuo en 60 ml. de agua destilada, se le agregaron 15 ml. de H_2SO_4 concentrado y 10 ml. de H_3PO_4 (85%), con 3 grs. de KIO_4 (Peryodate de potasio), se hirvió durante un minuto, y se dejó en reposo 10 minutos más a 90 grados centígrados. En un balón aferado de 250 ml. se llevó a volumen final con diluyente de agua purificada, se hizo la lectura en el fotocolorímetro Coleman con alícuotas (3 o 4 4 ml.) y una longitud de onda de 540 m (30, 40, 51).

3.3.2 Manganeso soluble en agua

En un erlenmeyer de 250 ml. se adicionaron 20 grs. de suelo, 200 ml. de agua destilada y se agitó durante media hora, se filtró luego en un embudo Buchner. El contenido (filtrado), se llevó a sequedad para destruir materia orgánica agregándole 1 ml. de ácido nítrico concentrado (NO_3H) y ml. de ácido perclórico en el mechero Bunsen. Se disolvió con 10 ml. de H_2SO_4 (1:4), se hirvió hasta aparición de humos blancos, el residuo, se disolvió en 60 ml. de agua destilada y se siguió el mismo método usado para la extracción del manganeso total (30, 40, 49).

3.3.3 Manganeso Cambiable

El residuo de la muestra usada para la deter-

minación del manganeso soluble en agua, se pasó a un erlenmeyer de 250 ml. se le agregó 200 ml. de acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) normal y neutro. Se agitó durante seis horas para completa reducción.

Se filtró y evaporó a sequedad, se adicionaron 1 ml. de ácido nítrico (HNO_3) concentrado y otro de ácido perclórico, calcinándolo para eliminar materia orgánica, el residuo se disolvió en HNO_3 (1:4), con adición de H_2SO_4 y se evaporó hasta que aparecieron humos blancos. Luego se agregaron 60 ml. de agua destilada y se siguió el mismo procedimiento para las determinaciones del manganeso total y el manganeso soluble en agua (31, 40, 49).

3.3.4 Manganeso fácilmente reducible

El residuo de las muestras de manganeso soluble en agua y manganeso cambiabile, en un erlenmeyer de 250 ml. se le agregaron 200 ml. de acetato de amonio ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$) normal y neutro preparado con 0,2 por ciento de hidroquinona, se agitó durante 6 horas continuas hasta completa reducción. Se filtró en un embudo Buchner, se le agregó un ml. de ácido nítrico concentrado y un ml. de ácido perclórico, se evaporó lentamente hasta sequedad en estufa a 90 grados centígrados. Al residuo se le adicionaron 10 ml. de H_2SO_4 y 10 ml. de HNO_3 concentrado. Luego se disolvió en H_2SO_4 (1:4) y se calentó hasta que aparecieron humos blancos. El residuo se disolvió en 60 ml. de agua destilada y se siguió como en los métodos anteriores (31, 38, 40, 42, 49).

3.3.5 Manganeso activo

Se obtuvo sumando las cantidades de las determinaciones de manganeso soluble en agua, manganeso cambiabile y manganeso fácilmente reducible (30, 40, 49).

3.3.6 Manganeso inerte

Se obtuvo por diferencia entre el manganeso total y el manganeso activo (31, 40, 49).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se discuten los resultados para las distintas fracciones de manganeso, los cuales aparecen en las Tablas VI a IX, a su vez se presentan las correlaciones estadísticas y los porcentajes de asociación obtenidos entre las formas de manganeso, y éstas con otras propiedades físico-químicas de los suelos. Tabla IX y la XII del apéndice; y figuras 5 a 13.

4.1 MANGANESO TOTAL

El contenido promedio de manganeso total de los suelos estudiados en el sector Santander-Villarrica, (9.536,81 ppm. para suelos y 8.642,74 ppm. para los subsuelos), es muy superior al reportado por Swaine citado por Hodgson (22), quien puntualiza para los suelos un contenido promedio de 1000 ppm. (Fig. 3 y 4).

El máximo contenido de manganeso total en los suelos correspondió a la Hacienda Emperatriz (Caloto), con 19.382,89 ppm. y el mínimo a la Hacienda Sta. Elena con 1.385,92 ppm. En subsuelos el máximo se encontró en la misma zona de Caloto con 17.045,28 ppm. y el mínimo en los subsuelos de Villarrica con 3.018,33 ppm.

Los resultados de manganeso total en los suelos estudiados son mucho más altos que los encontrados por otros investigadores en suelos de varias regiones del mundo (véase Tablas II y III).

De esta situación, se puede concluir que los suelos estudiados contienen altas concentraciones de manganeso total, posiblemente debido a la composición del material parental.

4.2 MANGANESO ACTIVO

El manganeso activo está constituido por la suma de manganeso soluble en agua, el manganeso cambiante y el manganeso fácilmente reducible.

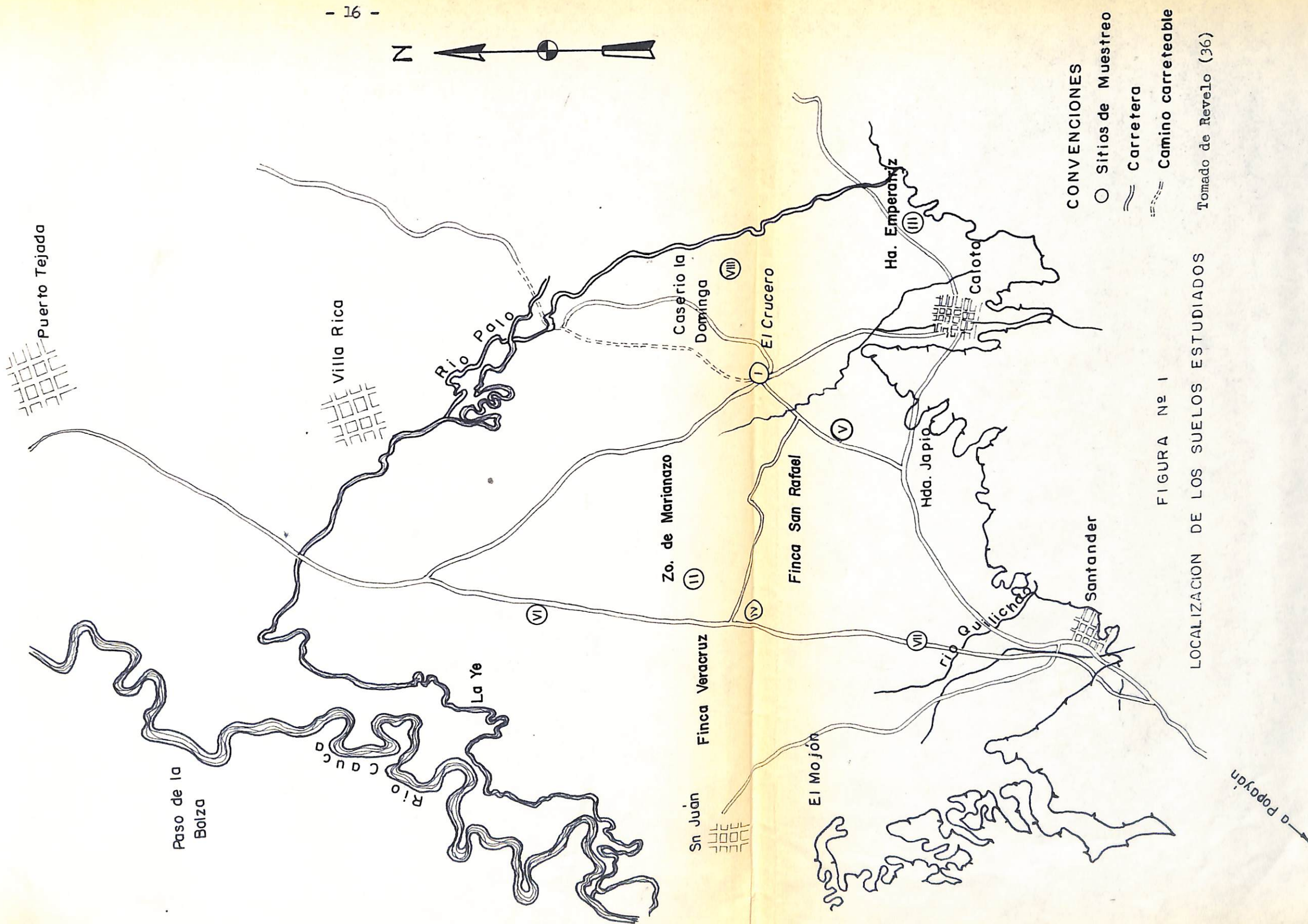
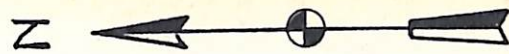


FIGURA Nº 1

LOCALIZACION DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

El promedio de manganeso activo en los suelos estudiados fué de 170,06 ppm., con un máximo de 282,30 ppm. y un mínimo de 72,38 ppm. En los subsuelos el promedio fué de 272,09 ppm., con un máximo de 874,09 ppm. y un mínimo de 59,01 ppm. (Fig. 3 y 4).

Estos promedios son mucho más altos que los encontrados por Velasco (52), en suelos del Altiplano de Pasto (4,91 ppm.) y a los determinados por Benavides (6), en suelos de la Sabana (4,91 ppm.); un poco inferiores a los encontrados por Casado de Nariño (196,84 ppm.) y por Rolón (196,84 ppm.). Además, los promedios

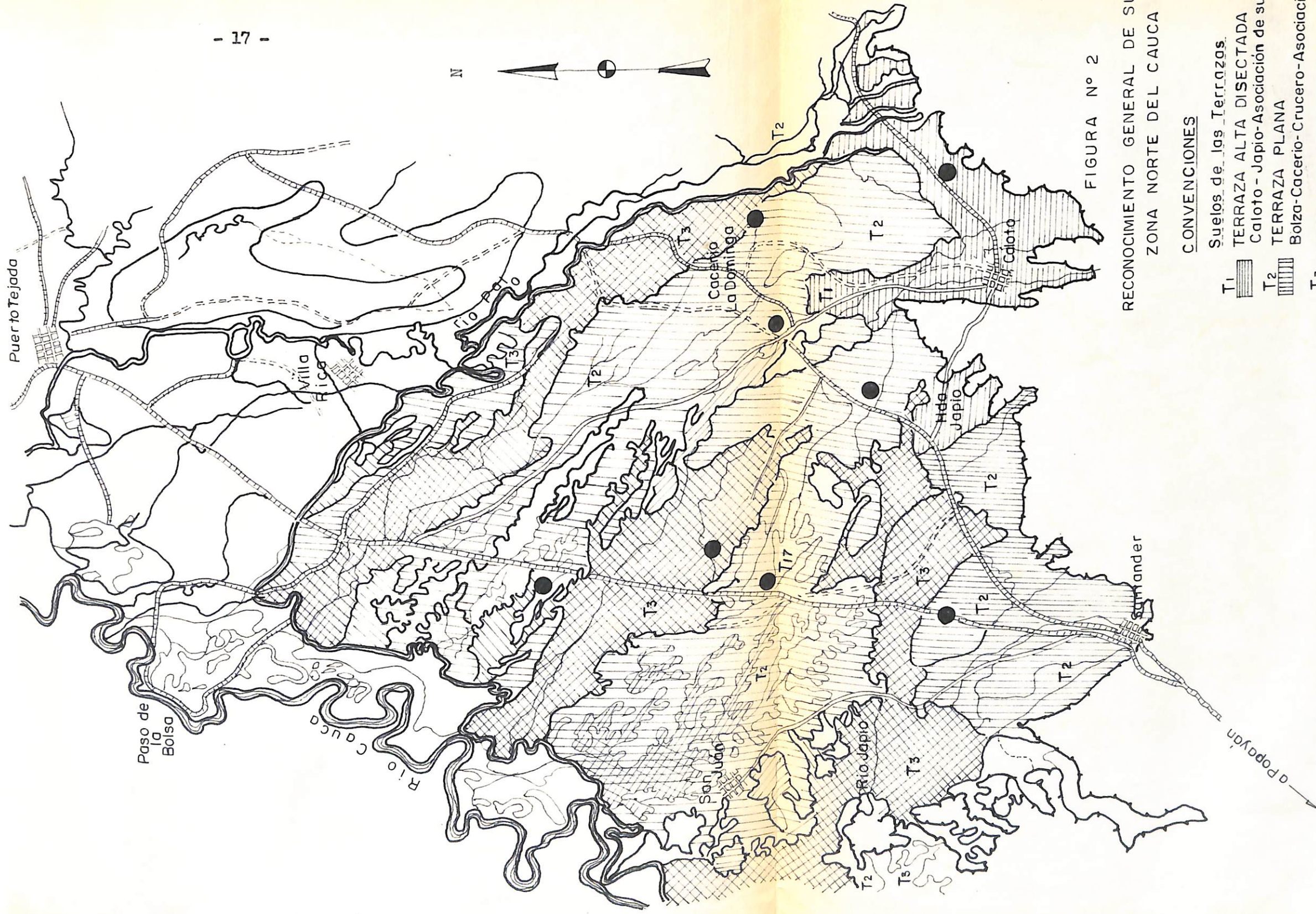


FIGURA N° 2

RECONOCIMIENTO GENERAL DE SUELOS
ZONA NORTE DEL CAUCA

CONVENCIONES

Suelos de las Terrazas

T₁ TERRAZA ALTA DISECTADA

Caloto - Japio-Asociación de suelos

T₂ TERRAZA PLANA

Bolza-Cacerio-Crucero-Asociación de suelos

T₃ DEPRESIONES EN LA TERRAZA
Chiribico-Tierra.pantanosa
Asociación de suelos.

● Sitios de Muestreo

Esc: 1:100.000

Tomado de Revelo (36)

El promedio de manganeso activo en los suelos estudiados fué de 170,06 ppm., con un máximo de 282,30 ppm. y un mínimo de 72,38 ppm. En los subsuelos el promedio fué de 272,09 ppm., con un máximo de 874,09 ppm. y un mínimo de 59,01 ppm. (Fig. 3 y 4).

Estos promedios son mucho más altos que los encontrados por Velasco (52), en suelos del Altiplano de Pasto (4,91 ppm.) y a los determinados por Benavides (6), en suelos de la Sabana de Bogotá (43,8 ppm.); un poco inferiores a los encontrados por Castro (12), en suelos de Clima medio de Narifio (196,84 ppm.) y por Roldán (37), en suelos de Costa Rica (181,84 ppm.). Además, los promedios encontrados son similares a los reportados por varios autores (Tablas I y III), para diferentes suelos del mundo.

El manganeso activo representó entre el 0,90 % (El Crucero) y el 14,75 % (Santa Elena) del manganeso total en los suelos y entre el 1,44 % (Hacienda Emperatriz) y el 7,52 % (Hacienda Santa Elena-Caserío) del manganeso total en los subsuelos (Tabla VI).

En general, la fracción del manganeso fácilmente reducible supera a la fracción de manganeso cambiante y al manganeso soluble en agua.

El manganeso fácilmente reducible presentó en los suelos estudiados un promedio de 108,06 ppm. con un máximo de 246,72 ppm. y un mínimo de 19,69 ppm. En los subsuelos el promedio fué 225,05 ppm., con un máximo de 813,20 ppm. y un mínimo de 22,16 ppm. (Tabla VIII).

Los anteriores resultados son un poco inferiores a los reportados por Castro (12), (175,17 ppm.) y Roldán (37), (176,0 ppm.); y muy superiores a los encontrados por Benavides (6), (31,0 ppm.) y Velasco (52), (2,73 ppm.). En general, los resultados concuerdan con los encontrados por muchos autores del mundo (Tablas I y III), pudiendo concluirse que los suelos estudiados tienen con-

centraciones aceptables en ésta fracción, en relación al requerimiento de la planta; pues según Labanauskas (26). el nivel crítico es de 100 ppm.

Por otra parte, teniendo en cuenta el criterio de Leeper (27), de que cuando los suelos tienen menos de 15 ppm. de manganeso reducible, presentan deficiencias las plantas. Los suelos estudiados no registrarían problemas por deficiencia en este elemento.

En los suelos, el manganeso fácilmente reducible representó entre 18,96 y el 78,95 % y en los subsuelos, entre 37,55 y el 93,03% del manganeso activo (Tabla VII).

Respecto al manganeso cambiabile presentaron los suelos un promedio de 45,50 ppm., con un máximo de 87,02 ppm. y un mínimo de 22,92 ppm. En los subsuelos, el promedio fué de 26,71 ppm., con un máximo de 43,31 ppm. y mínimo de 16,65 ppm. (Tabla VIII).

Los promedios encontrados para ésta fracción, son superiores a los reportados por otros investigadores del mundo (Tabla I).

El alto contenido de manganeso cambiabile, puede ser debido a un aumento en la solubilidad del manganeso provocado por la reducción de los ácidos orgánicos, según los criterios de Cox y Reid (14) y Henstock y Low (21).

El manganeso soluble en agua presentó en los suelos un promedio de 22,18 ppm., con un máximo de 35,58 ppm. y un mínimo de 15,15 ppm. En los subsuelos el promedio fué de 21,33 ppm., con un máximo de 23,90 ppm. y un mínimo de 17,71 ppm.

La concentración de esta fracción en los suelos estudiados resulta mucho más alta que la encontrada en diferentes suelos del mundo (Tablas I y III).

El alto contenido de manganeso soluble en agua, está relacionado con el alto contenido de manganeso cambiabile, puesto que el manganeso se halla en el suelo formando un sistema manganeso mangánico dinámico (28).

La secuencia en el contenido de los suelos de las formas de manganeso activo fué: manganeso fácilmente reducible > manganeso cambiabile > manganeso soluble en agua, estos resultados, están de acuerdo con los encontrados en otras investigaciones (6, 31, 47).

En las cantidades encontradas de manganeso activo que fueron bastante altas, es posible que se deba a las altas concentraciones de nitrógeno intercambiable contenido en los suelos y subsuelos estudiados (Tabla IV), y a las condiciones de mal drenaje que presentan algunos suelos, que son propicias para que halla una reducción del nitrógeno presente en forma de NH_4 y también a una reducción de manganeso. Esto se observa en la figura 12.

4.3 MANGANESO INERTE

El manganeso inerte presentó, para los suelos, una concentración promedio de 9.239,59 ppm., con un máximo de 19.111,37 ppm. y un mínimo de 1.182,03 ppm. En los subsuelos, el promedio fué de 8.369,64 ppm., con un máximo de 16.800,15 ppm. y un mínimo de 2.956,67 ppm. (Tabla VIII).

Al igual que las anteriores fracciones, los contenidos de manganeso inerte en los suelos estudiados son muy superiores a los encontrados por otros investigadores en suelos de Colombia (Tabla III).

La acentuada diferencia, en la concentración manganeso en todas sus fracciones, entre los suelos estudiados y otros suelos colombianos (Tabla III) se podría posiblemente explicar, sobre la composición del material parental que originó estos suelos.

No se encontraron en la literatura revisada, datos que permitan afirmar que en los suelos estudiados o algunos de ellos se presentan niveles tóxicos de manganeso. Sin embargo, los altos valores de manganeso cambiante justifican llevar a cabo estudios que permitan establecer niveles críticos de toxicidad, si la hay, sobre la base de ensayos de invernadero y comparaciones de soluciones extractoras del manganeso cambiante. De esta manera se clarificaría la sospecha que sobre el particular ha planteado en estudios llevados a cabo por la Sección de Suelos de la CVC. (34).

4.4 RELACION ENTRE LAS FORMAS DE MANGANESO EN SUELOS Y SUBSUELOS ESTUDIADOS

Los resultados del análisis estadístico (Tabla IX y Figura 5), indican una correlación al nivel del uno por ciento, significativa y positiva con un $r = 0,820^{++}$, entre el manganeso total y el manganeso inerte, en los suelos estudiados. La anterior correlación es normal, puesto que a medida que aumenta el contenido de manganeso total, aumenta el manganeso inerte, que señala la abundancia de óxidos y minerales manganésicos bastante altos en los substratos que forman estos suelos.

Con respecto a los subsuelos, la correlación entre estas dos fracciones, se presentó altamente significativa y positiva (Tabla IV apéndice y Figura 6), siendo el porcentaje de asociación mayor que el caso de los suelos.

Según los datos obtenidos (Tabla V apéndice y Figura 7), hay una relación significativa y positiva entre el manganeso total y el manganeso fácilmente reducible en los suelos. A medida que aumenta el manganeso total aumenta el manganeso fácilmente reducible, resultado que se considera lógico, ya que con altas concentraciones de manganeso total hay más posibilidad de una mayor reducción que por esto propicie la liberación del manganeso fácilmente reducible.

La correlación obtenida entre el manganeso cambiante y el manganeso fácilmente reducible fué significativa y positiva

con un porcentaje de asociación de 24,6 por ciento en los subsuelos estudiados (Figura 8). La anterior relación es diciente, puesto que al hacer prte estas dos formas del manganeso activo, éste generalproporcionalmente estas subfracciones que son asequibles para las plantas.

Posiblemente las condiciones de temperatura y humedad altas están favoreciendo la liberación de estas formas de manganeso, como lo puntualizan Sherman y Fujimoto (41) y Cox y Reid (13).

La relación entre el manganeso activo y el manganeso fácilmente reducible en los suelos estudiados fué altamente significativa y positiva (Tabla VII Apéndice y Figura 9). Como era de esperar, un incremento en el manganeso activo provoca un incremento en el manganeso fácilmente reducible, puesto que este último depende en forma directa del manganeso activo.

Los suelos y subsuelos estudiados no presentaron correlación significativa al nivel del 95 % entre:

- Mn soluble en agua	Vs.	Mn cambiabile (en suelo y subsuelo).
- Mn soluble en agua	Vs.	Mn activo (en suelo y subsuelo)
- Mn soluble en agua	Vs.	Mn inerte (en suelo y subsuelo)
- Mn cambiabile	Vs.	Mn F.reducible(en el suelo
- Mn f. reducible	Vs.	Mn inerte (en el suelo y subsuelo)
- Mn cambiabile	Vs.	Mn activo (en suelo y subsuelo)
- Mn total	Vs.	MMn activo (en suelo y subsuelo)
- Mn total	Vs.	Mn activo (en suelo y subsuelo)
- Mn activo	Vs.	Mn inerte (en suelo y subsuelo)

4.5 RELACION DE LAS FORMAS DE MANGANESO CON ALGUNAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS Y SUBSUELOS ESTUDIADOS.

Los resultados obtenidos permiten señalar que la relación entre el manganeso activo y la materia orgánica fué significati-

va y positiva (Tabla VIII apéndice y Figura 10). La anterior correlación puntualiza, que el manganeso activo de los suelos estudiados está asociado con los porcentajes de los coloides orgánicos del suelo, es decir que a medida que aumenta el porcentaje de materia orgánica de los suelos, aumenta el manganeso activo.

La relación obtenida entre el manganeso activo y el pH de los suelos fué significativa y positiva (Tabla IX y Figura 11). Como se aprecia los suelos presentaron un pH más o menos uniforme (pH: 5,2), pero se puede establecer la incidencia del pH en el manganeso activo. De todas maneras esas condiciones de acidez propician la liberación de manganeso activo, favoreciendo la reducción y por ende la solubilidad como lo puntualizan Sherman y Fujimoto (41).

En lo referente a la relación existente entre el nitrógeno intercambiable y el manganeso activo, el tipo de tendencia se presenta negativa y altamente significativa, que es posible que se deba a las altas concentraciones de nitrógeno intercambiable determinado en los suelos y subsuelos, que superan notablemente las concentraciones de esta fracción en contenidos en otros suelos. Las condiciones de mal drenaje que presentan algunos suelos, son propicias para que haya una reducción del nitrógeno presente en forma de NH_4 y también una reducción de manganeso. Esto se observa en la Figura 12 en que, a mayor concentración de nitrógeno intercambiable hay mayor concentración de manganeso activo. (Tabla XI).

TABLA IV

CARACTERISTICAS QUIMICAS GENERALES DE LOS SUELOS Y SUBSUELOS DEL NORTE DEL CAUCA
(SECTOR SANTANDER & VILLARRICA).

LOCALIZACION	pH	Carbono orgánico.	Nitrógeno intercam.	C/N	Fosforo Total Aprovech.	Sodio ppm.	Magnesio ppm.	Potasio ppm.	Calcio C.I.C.
		%	ppm.		%	ppm.	ppm.	ppm.	ppm.
Caloto-Japio	5,11 (")	1,35	425,09	4,15	0,67	249,41	159,03	100,42	392,12
	5,20 ("")	0,83	113,85	4,00	2,79	226,17	165,84	489,19	457,43
El Crucero	4,98	1,92	46,09	5,69	1,50	492,87	169,29	225,86	645,80
	5,00	1,22	829,89	3,52	0,05	417,81	181,08	110,67	377,66
Finea Veracruz	5,90	0,13	50,20	0,35	0,05	480,93	171,42	103,76	1462,33
	6,35	0,14	92,44	0,67	0,55	309,73	161,42	64,88	905,62
Hda. Japio	4,91	2,36	333,49	8,74	8,02	281,17	152,12	132,50	319,03
	5,26	0,64	461,79	1,99	0,52	301,07	146,26	201,67	108,95
Hda. Emperatriz	5,67	1,90	73,15	11,58	1,40	393,56	153,12	173,81	699,26
	5,10	0,73	370,62	2,70	0,68	219,87	152,04	93,28	270,28
Hda. Sta. Elena	5,90	0,90	11,94	11,61	0,37	336,88	155,57	133,05	775,90
	6,75	0,65	74,84	5,30	0,52	458,69	165,00	105,35	822,56
Finca San Rafael	4,70	1,89	678,62	8,34	1,67	963,77	154,45	259,87	369,69
	4,85	1,02	390,85	5,03	0,86	216,13	141,19	186,75	151,01
Villarrica	5,55	4,79	364,84	13,15	1,59	255,70	149,90	127,74	197,58
	5,50	1,06	27,98	13,00	0,55	443,17	150,66	121,77	322,65

(") Suelo % N Total = $\frac{\% \text{ M.O.}}{20}$

(") (") Subsuelo

TABLA V

CARACTERISTICAS FISICAS GENERALES DE LOS SUELOS Y SUBSUELOS DE NORTE DEL CAUCA
(SECTOR SANTANDER - VILLARRICA).

LOCALIZACION	Profundidad	Humedad	Materia orgánica.	Arenas	Arcillas	Limos	Textura
	Cms.	%	%	%	%	%	
Caloto-Japio	0 - 25 (")	8,44	6,50	33,17	35,12	31,71	F. arcilloso
	25 - 50 (")(")	5,88	4,15	36,88	37,12	26,00	F. arcilloso
El Crucero	0 - 25 (")	14,30	6,74	32,88	45,68	21,43	Arcilloso
	25 - 45 (")(")	19,51	6,93	32,41	47,79	19,80	Arcilloso
Finca Veracruz	0 - 45	12,05	7,41	21,47	47,39	31,14	Arcilloso
	45 - 70	4,63	4,15	21,47	43,12	35,41	Arcilloso
Hda Japio	0 - 20	6,34	5,40	32,88	46,69	20,43	Arcilloso
	20 - 45	6,82	6,41	26,61	55,79	17,60	Arcilloso
Hda. Emperatriz	0 - 35	5,24	3,28	32,88	45,30	21,82	Arcilloso
	35 - 60	11,04	5,40	27,17	54,36	18,47	Arcilloso
Hda Sta. Elena	0 - 20	6,61	1,55	32,75	37,39	29,86	F. Arcilloso
	20 - 40	7,72	2,45	35,47	39,39	25,14	F. Arcilloso
Hda. San Rafael	0 - 25	12,20	4,53	32,47	53,12	14,41	Arcilloso
	25 - 60	5,75	4,05	29,47	56,39	14,14	Arcilloso
Villarrica	0 - 25	6,45	7,28	30,88	43,99	25,13	Arcilloso
	25 - 60	4,08	1,83	32,88	57,12	10,00	Arcilloso

(") Suelo

(") (") Subsuelo.

TABLA VI

MANGANESO TOTAL, ACTIVO E INERTE EN LOS SUELOS Y SUBSUELOS
DEL NORTE DEL CAUCA (SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)

Resultados en ppm.

N o m b r e	Manganeso Total	Manganeso Activo	Manganeso Inerte	Mn activo Mn Total	X 100
	17.404,73 (")	216,06	17.188,72	1,24	
Caloto-Japio	11.965,12(")(")	874,09	11.091,03	1,85	
	15.659,24	140,59	15.518,65	0,90	
El Crucero	11.353,64	209,75	11.143,89	1,85	
	12.382,22	282,30	11.082,65	0,02	
Finca Veracruz	10.603,83	157,05	10.446,78	1,48	
	4.625,88	73,90	4.551,98	1,60	
Hda. Japio	3.364,75	59,01	3.305,74	1,75	
	19.382,89	271,52	19.111,37	1,40	
Hda. Emperatriz	17.045,28	245,13	16.800,15	1,44	
	1.385,92	203,89	1.182,03	14,75	
Hda. Sta. Elena	5.763,20	433,18	5.330,02	7,52	
	3.590,60	99,87	3.490,73	2,72	
Finca San Rafael	6.027,76	144,88	5.882,88	2,40	
	1.862,93	72,38	1.790,55	3,88	
Villarrica	3.018,33	61,67	2.956,67	2,04	

(") Suelo

(")(") Subsuelo.

TABLA VII

MANGANESO ACTIVO EN LOS SUELOS Y SUBSUELOS DEL NORTE DEL CAUCA
(SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)

Resultados en ppm.

N o m b r e	Manganeso Sol. agua	Manganeso cambiable	Manganeso reducible	Mn reducible Mn activo	X 100
Caloto-Japio	23,31 (")	87,02	105,73	48,93	
	25,15 (") (")	35,74	813,20	93,03	
El Crucero	18,29	31,43	90,87	64,63	
	23,90	25,70	160,15	76,35	
Finca Veracruz	35,58	-----	246,72	18,96	
	23,79	26,08	107,18	68,24	
Hda. Japio	15,15	34,56	24,19	32,73	
	17,89	18,96	22,16	37,55	
Hda. Emperatriz	21,86	63,21	186,45	68,66	
	19,71	43,31	182,11	74,29	
Hda. Sta. Elena	19,99	22,92	160,98	78,95	
	22,22	23,16	387,80	89,52	
Finca San Rafael	17,95	51,90	30,02	30,05	
	17,71	24,06	103,11	71,17	
Villarrica	25,28	27,41	19,69	27,20	
	20,30	16,65	24,72	40,09	

(") Suelo

(") (") Subsuelo.

TABLA VIII

CONTENIDO MÁXIMO, PROMEDIO Y MÍNIMO DE LAS FORMAS DE MANGANESO
EN LOS SUELOS Y SUBSUELOS DEL NORTE DEL CAUCA
(SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)
Resultados en ppm.

Formas	+	Máximo	Mínimo	Promedio
Manganeso total		19.382,89 (")	1.385,92	9.536,81
		17.045,28 (")(")	3.018,33	8.642,74
Manganeso activo		282,30	72,38	170,06
		874,09	59,01	273,09
Manganeso inerte		19.111,37	1.182,03	9.239,59
		16.800,15	2.956,67	8.369,64
Manganeso Sol. agua		35,58	15,15	22,18
		23,90	17,71	21,33
Manganeso cambiabile		87,02	22,92	45,50
		43,31	16,65	26,71
Manganeso Fac. reducible		186,45	19,69	108,06
		813,20	22,16	225,05

(") Suelo

(") (") Subsuelo.

TABLA IX

ECUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LAS FORMAS DE MANGANESO,
Y ESTAS CON OTRAS VARIABLES DE LOS SUELOS Y SUBSUELOS DEL NORTE DEL CAUCA
(SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)

HORIZONTE	V A R I A B L E S X	Y	ECUACIONES DE REGRESION	r	R ²
Suelo	Mn total	Mn inerte	$Y = - 106,48 + 0,98 X$ ⁽ⁿ⁾	0,820 ⁺⁺	67,2%
"	Mn total	Mn fácilmente reducible	$Y = 570 + 0,023 X$ ⁽ⁿ⁾	0,494 ⁺	24,4%
"	Mn activo	Mn fácilmente reducible	$Y = 145,03 + 0,24 X$ ⁽ⁿ⁾	0,820 ⁺⁺	67,2%
"	Materia orgánica	Mn activo	$Y = 154,03 + 16,67 X$ ⁽ⁿ⁾	0,514 ⁺	26,4%
"	pH	Mn activo	$Y = 154,03 + 126,61X$ ⁽ⁿ⁾	0,582 ⁺	33,9%
"	Mn activo	Nitrógeno intercambiable	$Y = 1.115,11 - 5,63 X$ ⁽ⁿ⁾	- 0,663 ⁺⁺	43,9%
"	Mn soluble en agua	P aprovechable	$Y = - 6,06 + 0,32 X$ ⁽ⁿ⁾	- 0,529 ⁺	27,9%

+ Significativo al r tabulado 0,480

++ Significativo al r tabulado 0,606

(n) representadas en curvas.

TABLA IX (Continuación)

HORIZONTE	V A R I A B L E S		E C U A C I O N E S D E R E G R E S I O N		r	R ²
	X	Y				
Subsuelo	Mn Total	Mn inerte	Y = - 100,25 + 0,98 X ⁽ⁿ⁾		0,946 ⁺⁺	89,5%
"	Mn cambiable	Mn fácilmente reducible	Y = - 174,53 + 14,96 X ⁽ⁿ⁾		0,496 ⁺	24,6%
Suelo	Mn total	Magnesio	Y = 120,04 + 0,004X ⁽ⁿ⁾		0,493 ⁺	24,3%
"	Mn activo	Calcio	Y = 479 + 0,043X		0,864 ⁺	74,6%
"	Mn soluble en agua	Sodio	Y = 73,99 + 12,51 X		0,493 ⁺	24,3%
"	Mn soluble en agua	Magnesio	Y = 144,44 + 0,62 X		0,497 ⁺	24,7%
"	Mn soluble en agua	Potasio	Y = - 636,47 + 35,78 X		- 0,527 ⁺	27,7%
"	Mn soluble en agua	Calcio	Y = -2236,08 + 122,71 X		- 0,742 ⁺⁺	55,8%

+ Significativo al r tabulado 0,480

++ Significativo al r tabulado 0,606

(n) representadas en curva.

TABLA IX (Continuación)

HORIAONTE	V A R I A B L E S		ECUACIONES DE REGRESION		r	R ²
	X	Y				
Subsuelo	Mn activo	Nitrógeno intercambiable	Y = 374,48 + 0,29 X		0,930 ⁺⁺	86,5%
"	Mn activo	Sodio	Y = 348,66 + 0,09 X		- 0,689 ⁺⁺	47,5%
"	Mn activo	Magnesio	Y = 154,57 + 0,016 X		0,672 ⁺⁺	45,1%
"	Mn activo	Potasio	Y = 65,18 + 0,39 X		0,679 ⁺⁺	46,1%
	Mn soluble en agua	P aprovechable	Y = 19,95 + 0,96 X		- 0,571 ⁺	32,6%
	Mn soluble en agua	Magnesio	Y = 78,53 + 3,77 X		0,852 ⁺⁺	72,6%
	Mn fácilmente reducible	P aprovechable	Y = 0,87 + 0,0016X		- 0,698 ⁺⁺	48,7%
	Mn fácilmente reducible	Nitrógeno intercambiable	Y = 470,52 + 2,06 X		- 0,720 ⁺⁺	51,8%
Subsuelo	Mn fácilmente reducible	Nitrógeno intercambiable	Y = 362,76 + 0,30 X		- 0,506	25,6%

+ Significativo al r tabulado 0,480

++ Significativo al r tabulado 0,606.

UNIVERSIDAD DEL NARIÑO
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECA Y
PASTO - COLOMBIA

BIBLIOTECA ESPECIALIZADA

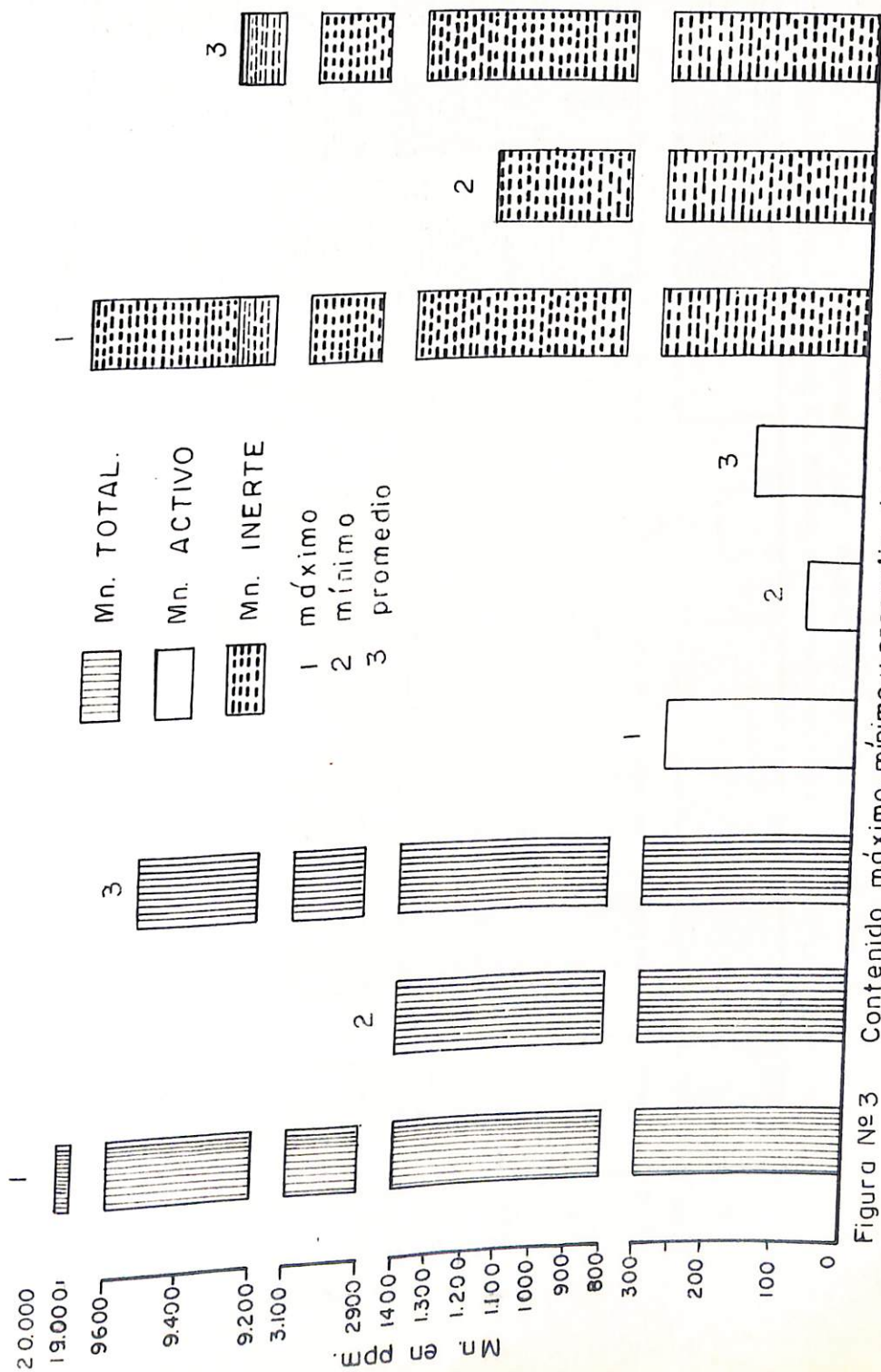


Figura № 3 Contenido máximo, mínimo y promedio de las diferentes formas del manganeso en los suelos del Norte del Cauca.

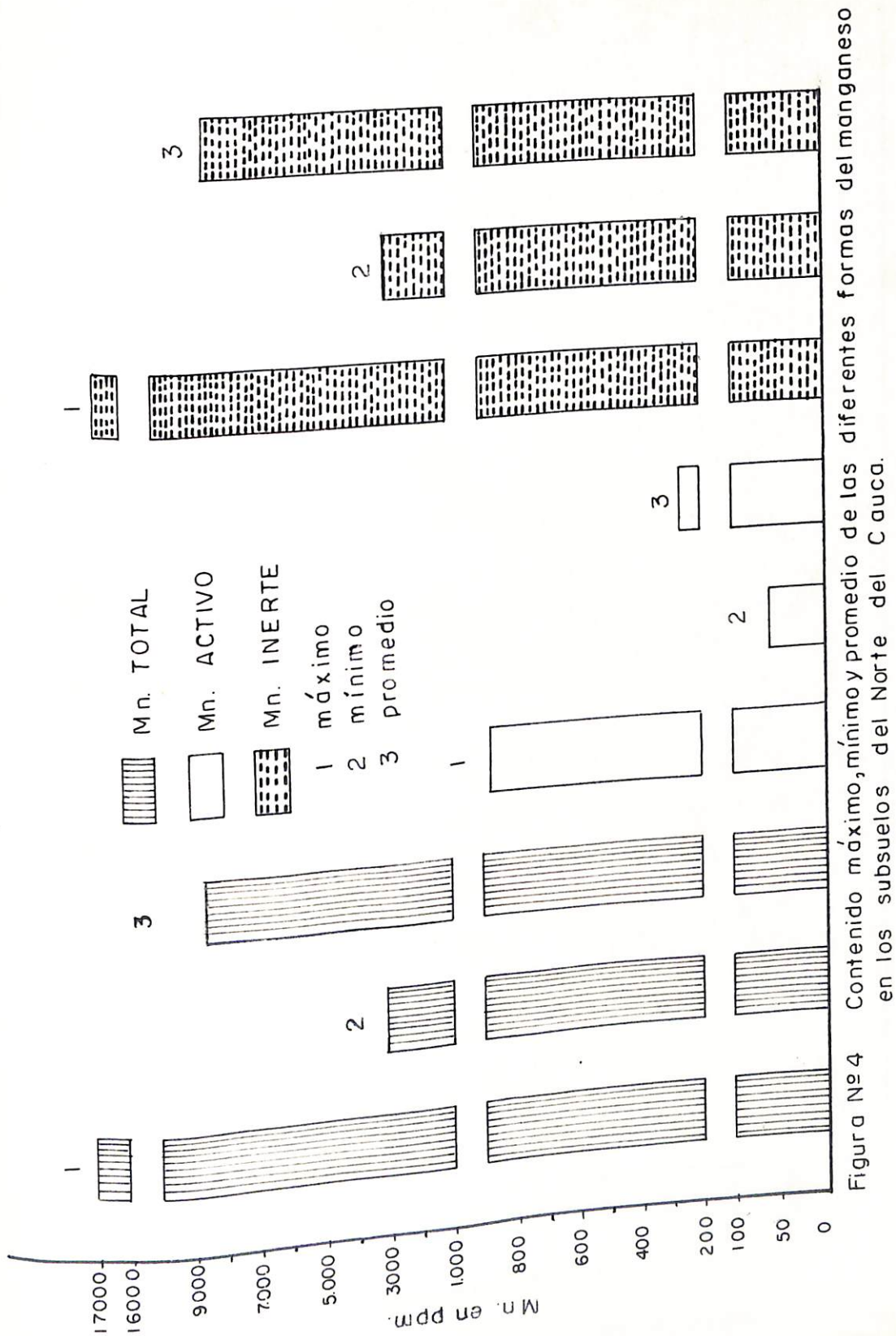


Figura 5 Relación entre el manganeso total y el manganeso inerte en los suelos estudiados

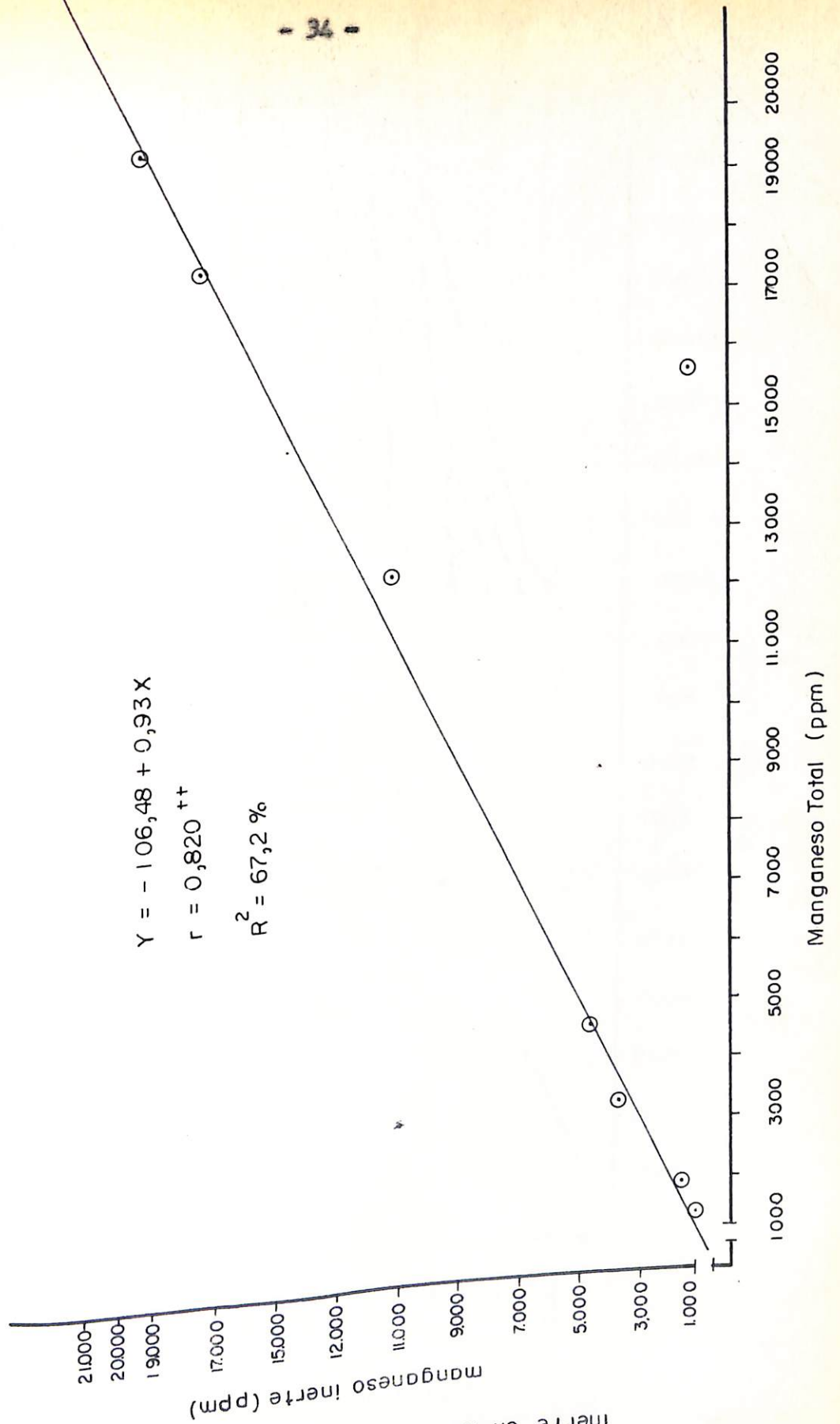
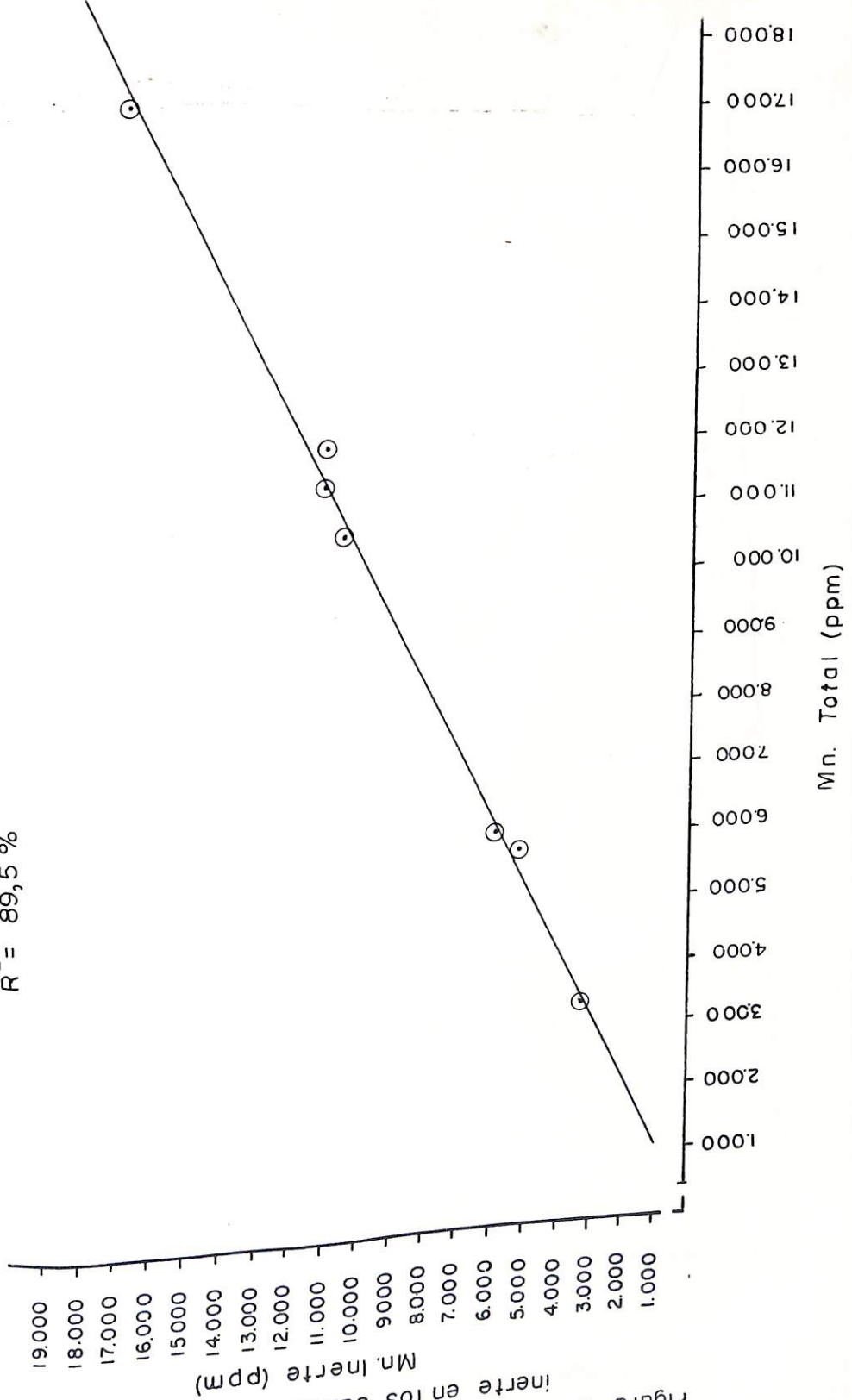


Figura 6 Relacion entre el manganeso total y el manganeso
inerte en los subsuelos estudiados

$$Y = -100,25 + 0,98 X$$

$$r = 0,946 ++$$

$$R^2 = 89,5 \%$$



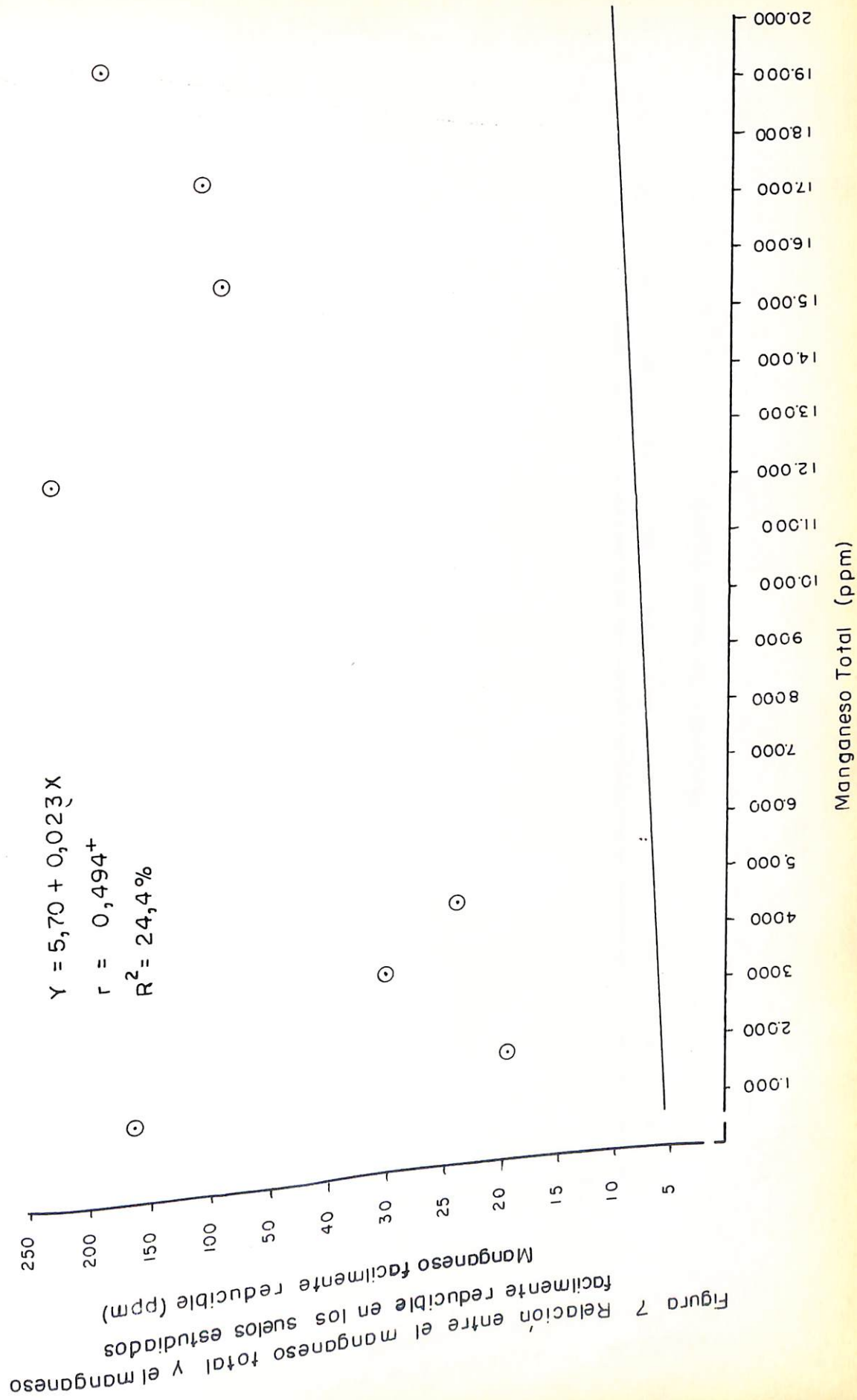
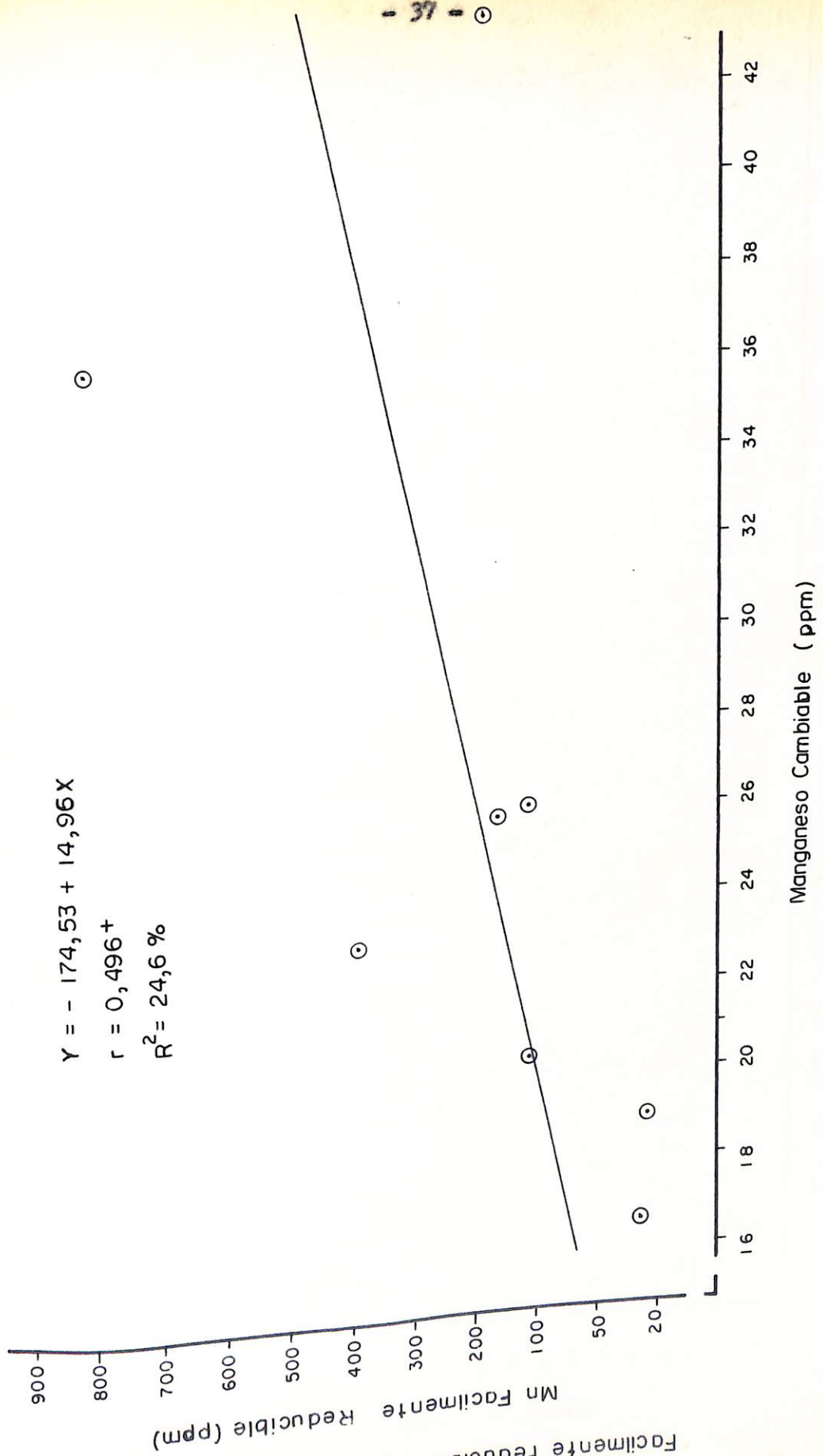


Figura 8 Relación entre el manganeso Cambiable y el manganeso Facilmente reducible en los Subsueltos estudiados



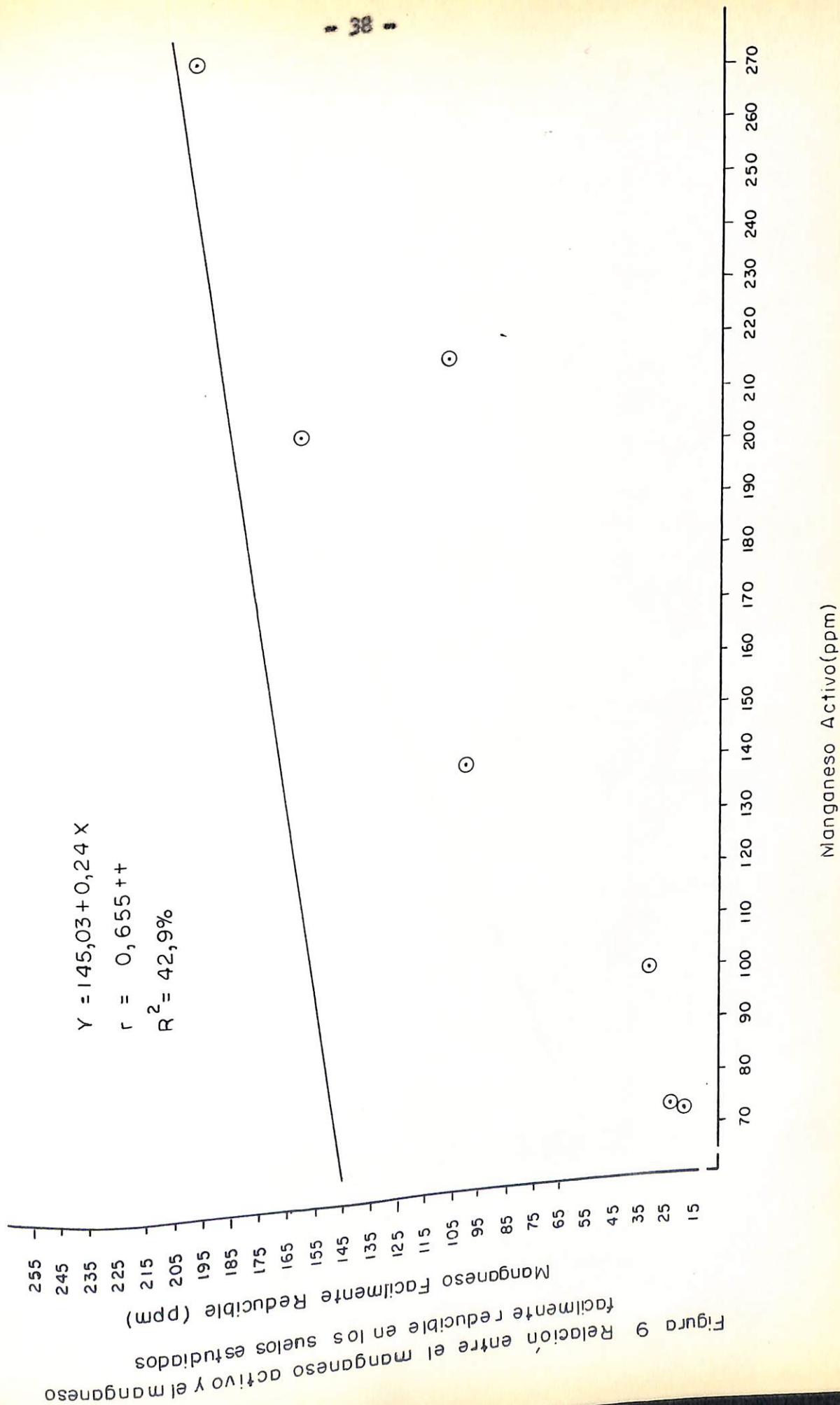


Figura 10 Relación entre el porcentaje de Materia Orgánica y el Manganeso activo en los suelos estudiados

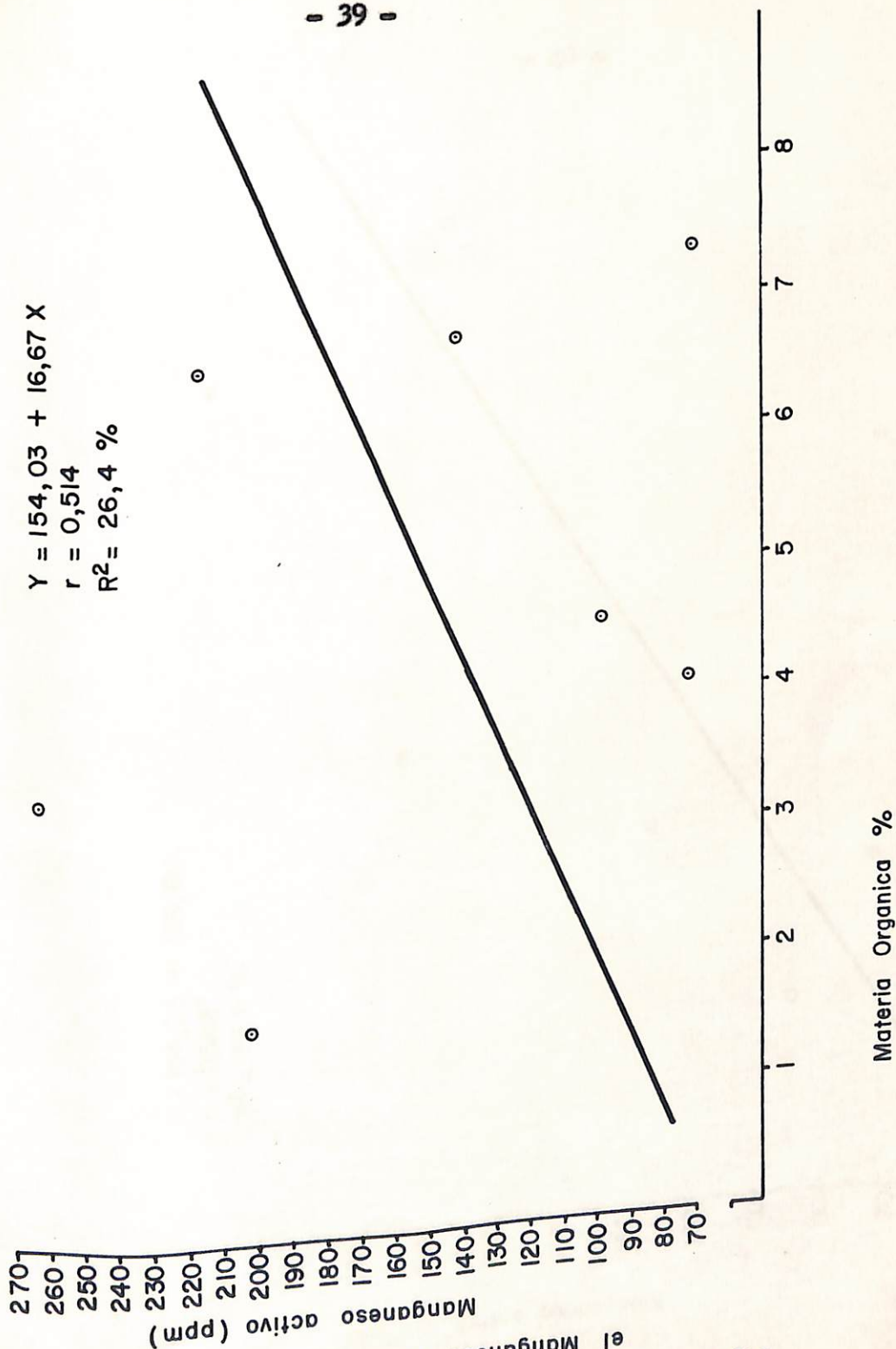


Figura II
Relación entre el pH y el manganeso activo en los
suelos estudiados

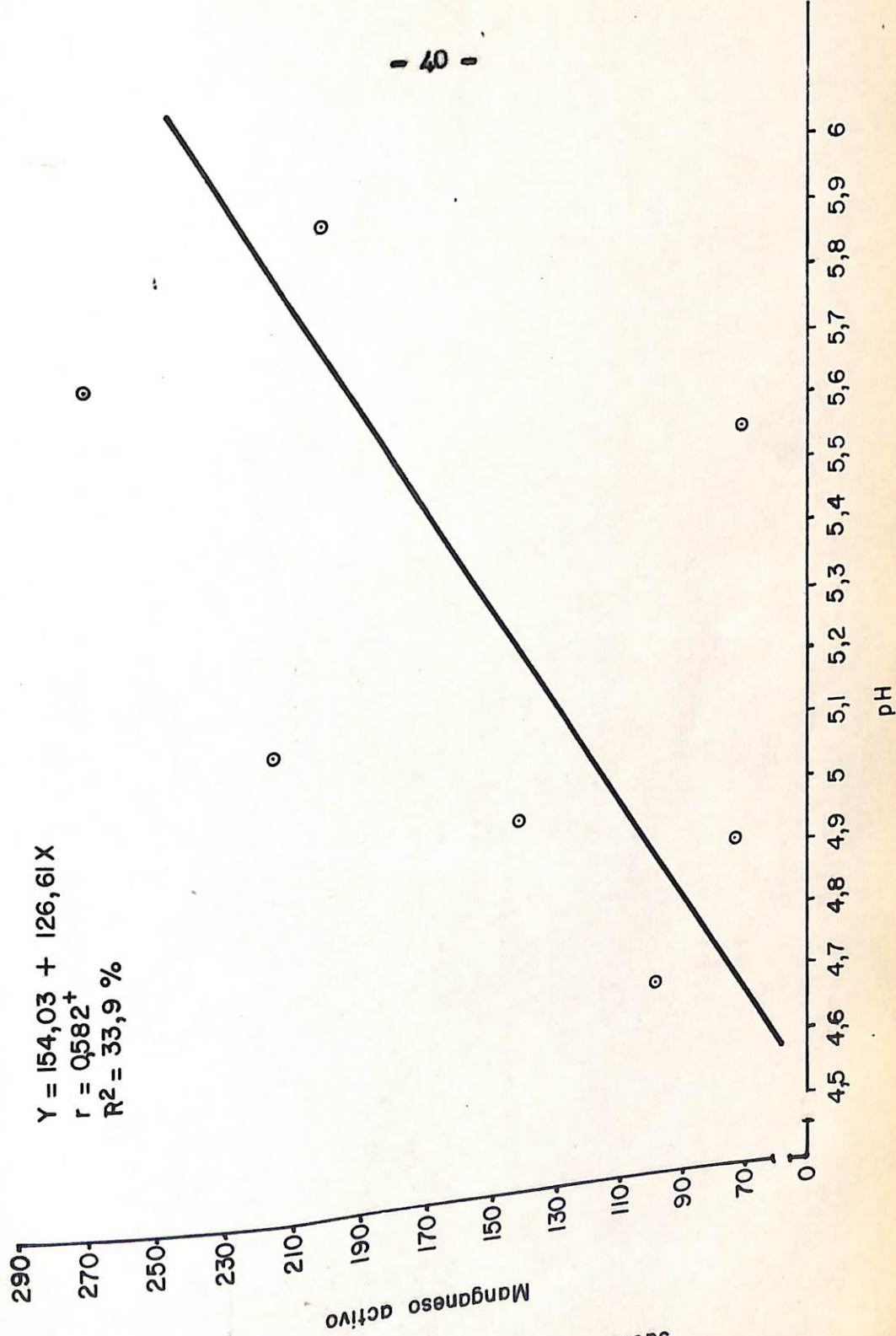
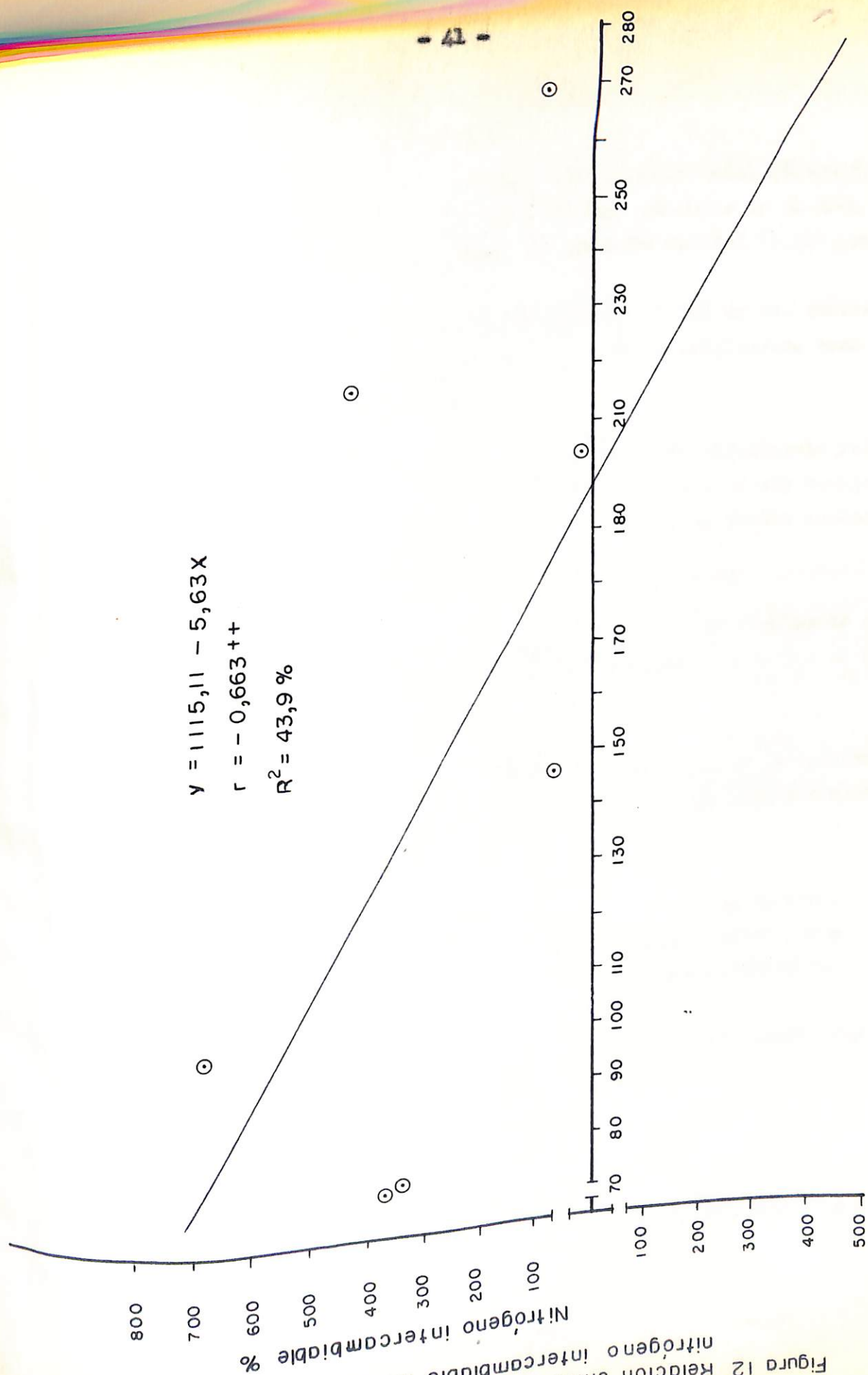
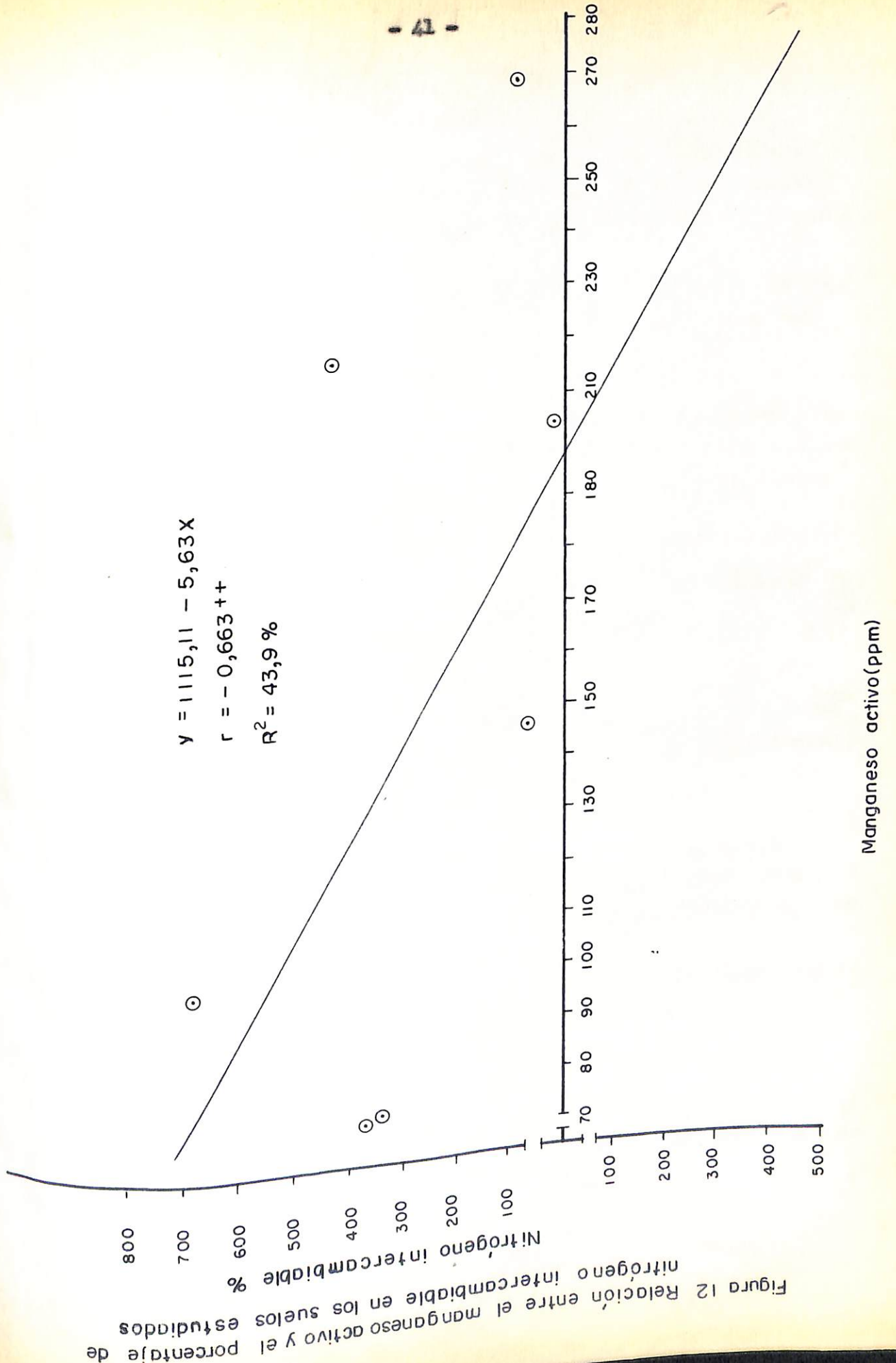


Figura 12 Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de nitrógeno intercambiable en los suelos estudiados



Manganeso activo (ppm)



V. CONCLUSIONES

1. El contenido promedio de manganeso total (9.536,81 ppm.), en los suelos y (8.642,74 ppm.) en los subsuelos en el área estudiada, resultaron muy superiores al promedio mundial (1.000 ppm.).

2. El alto contenido de manganeso total en los suelos estudiados indica que posiblemente los materiales originarios sean ricos en compuestos de manganeso.

3. Las fracciones de manganeso activo (fácilmente reducible, cambiabile y soluble en agua), presentaron valores muy semejantes a los reportados por diferentes investigadores en varios suelos del mundo.

4. En los suelos estudiados el manganeso fácilmente reducible, fué mayor que el manganeso cambiabile y éste mayor que el manganeso soluble en agua.

5. Al correlacionar las distintas formas de manganeso, y éstas con varios parámetros edafológicos, se encontraron correlaciones altamente significativas entre:

a) Mn Total	Vs.	Mn inerte - en el suelo
b) Mntotal	Vs.	Mn inerte - en el suelo
c) Mn activo	Vs.	Mn fácilmente reducible - en el suelo
d) Mn activo	Vs.	Nitrógeno intercambiable - en el suelo.

Y significativas entre:

a) Mn total	Vs.	Mn fácilmente reducible - en el suelo.
-------------	-----	--

- | | | |
|-------------------------------|-----|---|
| b) Mn cambiable | Vs. | Mn fácilmente reducible - en los subsuelos |
| c) pH | Vs. | Mn activo - en el suelo |
| d) Porcentaje de materia org. | Vs. | Mn activo - en el suelo |
| e) Mn soluble en agua | Vs. | Fósforo aprovechable (Bray II) en el suelo. |

6) Los pH ácidos de los suelos estudiados favorecen la liberación de manganeso activo.

7. En forma general se puede decir que los contenidos de las diferentes formas de manganeso encontrados en los suelos del Sector Santander - Villarrica son muy altos comparados con las pocas investigaciones que se han adelantado para otros suelos colombianos.

8. Por la revisión de literatura, no se encontraron datos que permitan afirmar que los suelos estudiados poseen niveles tóxicos de manganeso.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo ensayos de invernadero y campo, para poder confirmar un posible efecto fitotóxico de manganeso en los suelos estudiados.

- Se recomienda, en vista del alto contenido de manganeso cambiabile, hacer ensayos de invernadero y comparación de soluciones extractoras de manganeso cambiabile para determinar niveles críticos de toxicidad.

Los resultados nos indican que, el contenido promedio de manganeso total (9.536,61 y 8.642,74 ppm.), en los suelos y sub suelos estudiados respectivamente, resultaron muy superiores al promedio mundial (1.000 ppm.). Este alto contenido de manganeso total, nos indica que posiblemente los materiales originarios son ricos en manganeso.

La fracción de manganeso activo (fácilmente reducible, cambiabile y soluble en agua), presentó valores semejantes a los reportados por diferentes investigadores de varios suelos del mundo; el manganeso fácilmente reducible fue mayor que el manganeso cambiabile y este mayor que el manganeso soluble en agua.

VII. RESUMEN

En suelos del norte del Departamento del Cauca (Sector Santander - Villarrica), se llevó a cabo un estudio sobre el fraccionamiento de las distintas formas de manganeso, en una área aproximada de 35.000 has., ubicada en la región sureste del Valle geográfico del Río Cauca, limitada: al norte con el Río Palo y la población de Puerto Tejada; al sur la formación montañosa de Suárez; al oriente el pie de monte de la Cordillera Central; y al occidente la planicie de inundación del Río Cauca. La zona presenta un clima cálido moderado con una temperatura de 24,8 grados centígrados y una altura media de 1.100 m.s.n.m.

Los resultados nos indican que, el contenido promedio de manganeso total (9.536,81 y 8.642,74 ppm.), en los suelos y subsuelos estudiados respectivamente, resultaron muy superiores al promedio mundial (1.000 ppm.). Este alto contenido de manganeso total, nos indica que posiblemente los materiales originarios son ricos en manganeso.

La fracción de manganeso activo (fácilmente reducible, cambiable y soluble en agua), presentó valores semejantes a los reportados por diferentes investigadores de varios suelos del mundo; el manganeso fácilmente reducible fué mayor que el manganeso cambiable y este mayor que el manganeso soluble en agua.

SUMMARY

With soil of the North of the "Departamento del Cauca" (Between Santander and Villarrica) a research was carried out to determine the fractioning of the various forms of manganese within an area of approximately 35.000 hectares, located in the South East region of the Cauca River. This region limits to the north with the "Palo" river, and "Puerto Tejada"; To the south with the mountainous region of "Suárez"; to the West with the flooded Valley of the "Cauca" river. The climate is a moderate warm one with a temperature of 24,8 degrees centígrades; its average altitude is 1.1000 meters above sea level.

The results show that the average content of total manganese (9.536,81 and 8.642,74 ppm.), in the soil and subsoils under study, is highly superior to the world average (1.600 ppm.). This high content of total manganese indicates that the volcanic materials and the accumulation of materials from lakes are probably rich in manganese.

The fraction of active manganese (easily reducible, changeable, and soluble in water), showed values similar to the ones reported by different researchers over various soils of the world; the manganese easily reducible was greater than the manganese changeable, the later, in turn, was greater than the one soluble in water.

7. BERNAL, F. M. M. Mineralogía de las arcillas de suelos derivados de cenizas volcánicas de Chile. II. Ier. Panel sobre suelos derivados de Cenizas Volcánicas de América Latina. Editorial, Costa Rica, (p. 1.) 1969.

8. MONTGOMERY, C. R. A comparison between the pipette method and the densimeter method for making mechanical analysis of soil. Sci. 28:335-349. 1934.

VIII. BIBLIOGRAFIA

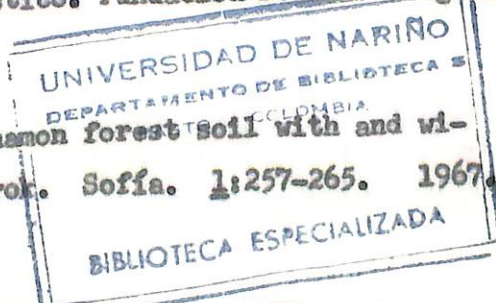
1. ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. Wiley. New York. 1956. 472 p.
2. ANDERSON, E. Manganese. Giogia Agricultural Experiment Stations. University of Georgia. College of Agriculture bull. 1964. 126, p.
3. BEAR, E. F. Progress report on research with particular reference to New Jersey soils. Agricultural and Food chemistry. 2: 254 p. 1954.
4. ———. Suelos y Fertilizantes. 2a. ed. Trad. J. Bozal. Barcelona. Omega. 1963. 438 p.
5. BEER, K., GRUNDLER, C., PRAUSSE A., Effect of lime and fertilizers on dynamic of manganese fractions in an eluvial soil on Bunter Sandstone in turingia, and on Manganese uptake by Solanum Tuberosum L. Jena. 10:909-926. 1966
6. BENAVIDES, S. T. Estado del manganeso en suelos de la Sabana de Bogotá. Instituto Geográfico, Agustín Codazzi, Bogotá. 49p. 1958.
7. BESOAIN, E. et. Al. Mineralogía de las arcillas de suelos derivados de cenizas volcánicas de Chile. In. 1er. Panel sobre suelos derivados de Cenizas Volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica, (p. 1.). 1969.
8. BONYOUCOS, G. H. A comparison between the pippet method and hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Sci. 38:335-343. 1934.

9. BREMNER, J. M. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldhal method. Jour. Agric. Sci. 55:11-13. 1960.
10. BUCKMAN, H. and BRADY, N. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. R. Salord Méjico. Utha. 1966. 590 p.
11. CARPENA, DE., GUILLEN, L. y COSTA, M. G. Deficiencia de manganeso en cítricos. Anal. de Edaf. y Fis. Veg. Madrid. 17:765-766. 1959.
12. CASTRO, J. D. Formas de manganeso en suelos de Clima Medio en el Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. 1969. 68 p. (mecanografiada).
13. CIFUENTES, L. Relación del aluminio, el hierro y el pH, con las deficiencias de manganeso inducidas por la cal. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé. 8:17-23. 1957.
14. COX, F. and REID, P. Manganese status and needs of the southern region. Department of soil science Univ, of North Carolina State. Raleigh. USA. 4p. 1964.
15. DE SANTANA, C. J. Formas totales y disponibles de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno en suelos de la región cacaotera de Bahía, Brasil. ICA, Turrialba, Costa Rica. 86 p. 1971.
16. EMERSON, F. V. Minerals. Agricultural Geology. 1 - 5 pp. 1946.
17. FASSBENDER, H. W. Química de suelos. IICA, Turrialba. 266 p. 1969.
18. FUJIMOTO, C. K. and SHERMAN, D. C. Behavior of manganese in the soil and the manganese cycle. Soil Sci. 66:131-134. 1948.

19. GALLEG0, R. y BUENO, C. Contenido y distribución de manganeso en suelos del centro y norte de España. Anal. de Edaf. y Fís. Veg. Madrid. 28:347-388. 1959.
20. GAVALAS, N. A. Manganese toxicity in cultivated plants on soil Crece. Anals. Inst. Phythopath. Benaki. 7:133-143. 1967.
(In Abs. Soil and Fertilizar 30:2951).
21. HEMSTOCK, C. A. and LOW, P. F. Mechanisms responsible for the retention of manganese in the colloidal fraction of soil. Soil Science. 76:333-343. 1953.
22. HODGSON, J. F. Chemistry of the micronutrient elements in soil. Adv. in Agr. New York, Acad. Press. 15:119-159 p. 1963.
23. JACOB, A. Fertilización. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Trad. L. López. Amsterdam, Ins Handelmaatschappij, 1961. 626 p.
24. JACKSON, M. L. Análisis químico de suelos. 1a. ed. Trad. J. Beltrán. Barcelona. Ed. Omega. 1964. 295-296 p.
25. JONES, L. H. P. and LEEPER, G. W. The availability of various manganese oxides to plants. Plant and soil. 3:141-153 p. 1951.
26. LABANAUSKAS, C.K., JONES, E. R. and EBLETON, T. W. Field studies on interrelationships of micronutrients and nitrogen in leaf tissue when applied as foliar sprays problems. W. Reuther, ed. by Amer. Inst. Biol. Sci., Washington, D. C. 244-256 p. 1961.
27. LEEPER, C. W. Relationship of soils to manganese deficiency of plants. Nature. 134:972-973. 1934.
28. ———. Forms and reactions of manganese in the soil. Soil Sci. 63:79-94. 1947.

29. LEONARD, C. D. and STEWART, I. Soil application of manganese for citrins. Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 72:28-29. 1959.
30. MC. HARGUE, J. S. Association of manganese with the called vitamins. Science 58:186. 1948. (Res. in Bibliogr. of the literature on the minor elements. 1:1366).
31. _____. The role of the manganese in agriculture. Soil Sci. 60:115-118. 1945.
32. MEEK, B. D., MACKENZIE, A. J. and GRASS, L. B. Effect of organic matter, flooding time and temperature on the desolution of iron and manganese from soils in situ. Soil Science. Society of America. Proceeding. 32:634-638. 1968.
33. MESA BERNAL, D. La enfermedad del cocotero denominada "Hoja pequeña" o "Porroca". Colombia. Ministerio de Agricultura. Publicación miscelánea. 1:1-15. 1952.
34. OTERO, C. Reconocimiento general de suelos. "Japio-Río Palo". Municipio de Santander y Caloto, Dpto. del Cauca. CVC (p. i.). 1963.
35. POWERS, W. L. and PANG, S. T. Status of zinc in relation to Oregon soil fertilizar. soil Science Society of America Proceedings. 51:473-486. 1941.
36. REVELO, D. C. Aspectos de fertilidad y acidez en los suelos del Sector Villarrica - Santander (Cauca). Corporación Autónoma Regional del Cauca. Dpto. Agropecuario. Sección de Suelos. 83 p. 1970.

37. ROLDAN, I. A. Diferentes formas de manganeso en suelos de la región oriental de la Meseta Central. Universidad de Costa Rica, San José. FAC. Cienc. Dp. Química. 61 p. 1969.
38. SCHOLLEMBERGER, C. J. and SIMON, L. Determination of cation change properties of soil by ammonium acetat method. Soil Science. 59:14 p. 1945.
39. SCHEELLE, J. El manganeso como elemento esencial para el crecimiento de las plantas. Fertilisantes comerciales, sus fuentes y su uso. Trad. R. Salord. Méjico, Uteha. 1948. 123-135 p.
40. SHERMAN, G. D. Manganese and soil fertility, Yearbook of Agriculture. USA. Deptmt of Agriculture. New York. 135-139. 1957.
41. _____ and FUJIMOTO, C. H. The effect of the use of lime, soil fumigants and mulch on the solubility of manganese in manganese in Hawaiian soils. Soli Sci. of Amer. Proc. 11:206-210. 1946.
42. SILVA, F. et al. Métodos analíticos del Laboratorio de Suelos. 2a. ed. Insti Geogr. Agustín Codazzi. Bogotá. Dpto. Agrológico. 138. 1963.
43. STILES, N. Los vestigios de elementos en las plantas y animales. Madrid, Saeta, 1953. 57-63 p.
44. TEUSCHER y ADLER, L. El suelo y su fertilidad. México. Ed. Continental. 1965. 370-371 p.
45. TINGHNELL, R. C. and LOPEZ RITAS, J. Estudios de los suelos venezolanos con fines de diagnóstico. Fundación Schell. Cagua. Aragua. 118 p. 1961.
46. TOTEV, T. Liming of leached cinnamon forest soil with and without irrigation. Pochu. Agrol. Sofia. 1:257-265. 1967.



47. TOTH, S. J. Manganese status of some New Jersey soils. Soil Sci. 71:467-472. 1951.
48. WALKLEY, A. and BLACK, I. A. An examination of the Destjarteff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37:29-38. 1934.
49. WILLARD, H. and CREATHOUSE, H. The colorimetric determination of manganese by oxidation with periodate. Jour Amer. Chem. Soc. 39:2366-2377. 1917.
50. WORTHEN, M. S. and ALDRICH, S. Suelos agrícolas, su conservación y fertilización. Trad. L. de la Loma. Madrid, Omega. 1959. 182-183.
51. VAVRA, J. and FREDERICK, L. R. The effect of sulfur oxidation on availability of manganese. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc. 16:141-144. 1952.
52. VELASCO DE LA R. C. Fraccionamiento de las distintas formas de manganeso en los suelos del Altiplano de Pasto, Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. 1971. 50 p. (mecanografiada).

Tabla 1

ANÁLISIS DE LOS SUELOS, HUMOS Y MINIMO DE FOSFORO APROVECHABLE (BRAY II),
MATERIA INAPROVECHABLE, AMONÍAC, NITRÓGENO, LÍPIDO, MATERIA ORGÁNICA, Y
CAPACIDAD DE LOS SUELOS Y HUMOS DEL NOROCCIDENTE DEL CAUCA
(SECTOR BARRANDER - VILLAMERICA)
Resultados en Porcentaje

Factor	Mínimo %	Mínimo %	promedio %
Carbono orgánico	1,76 (*)	0,05	1,04
Nitrógeno orgánico	0,55 (*)	0,05	0,53
Amóníaco	672,65	11,98	297,92
Carbono inorgánico	629,69	27,98	295,29
Lípidos	23,17	21,47	21,17
Proteína	20,10	21,47	20,17
Almidón	53,12	35,17	44,34
Glucosa	99,12	21,47	98,92
Albúmina	23,72	14,41	21,49
Caseína	35,41	10,12	23,82
Materia orgánica	7,47	1,55	5,17
Materia orgánica	0,97	1,82	4,41
Materia orgánica	4,55	0,96	3,06
Materia orgánica	4,02	1,06	2,96

A P E N D I C E

TABLA I

CONTENIDO MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE FOSFORO APROVECHABLE (BRAY II),
NITROGENO INTERCAMBIABLE, ARENAS, ARCILLAS, LIMOS, MATERIA ORGANICA, Y
CARBONO EN LOS SUELOS Y SUBSUELOS DEL NORTE DEL CAUCA
(SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)
Resultados en Porcentaje

Formas	Máximo %	Mínimo %	promedio %
Fósforo aprovecha- ble (Bray II)	1,76 (") 0,86 (")(")	0,05 0,05	1,04 0,53
Nitrógeno inter- cambiable	678,62 829,89	11,98 27,98	257,92 295,29
Arena	33,17 36,88	21,47 21,47	31,17 30,17
Arcillas	53,12 57,12	35,17 21,47	44,34 38,92
Limos	31,71 35,41	14,41 10,10	24,49 20,82
Materia orgánica	7,41 6,93	1,55 1,83	5,17 4,41
Carbono orgánico	4,85 4,02	0,90 1,06	3,08 2,56

(") SUELO

(") (") SUBSUELO.

TABLA II
CONTENIDO MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE BASES CAMBIABLES (Na, Mg, K y
Ca), EN LOS SUELOS Y SUBSUELOS DE NORTE DEL CAUCA
(SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)
Resultados en ppm.

Formas	Máximo	Mínimo	Promedio
Sodio	492,87 (")	249,41	356,79
	458,69 (") (")	216,13	324,08
Magnesio	171,42	149,90	158,19
	181,08	141,19	158,94
Potasio	259,87	100,42	157,13
	489,19	64,88	171,69
Calcio	775,90	147,58	485,62
	905,62	108,95	427,07

(") Suelo

(") (") Subsuelo.

TABLA III

RELACION ENTRE EL MANGANESO TOTAL (X) Y EL MANGANESO INERTE (Y) EN LOS SUELOS DEL NORTE DEL CAUCA (SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)

X	Y	XY	X ²	Y ²
3.590,60	3.490,74	12.533.851,04	12.892.408,36	12.185.265,75
12.382,22	11.062,65	137.227.810,48	153.319.372,13	122.825.131,02
19.38289	19.111,37	370.433.582,46	375.696.424,75	365.244.463,27
1.385,92	1.182,03	1.638.199,02	1.921.774,25	1.397.194,92
15.659,24	15.518,65	243.010.264,83	245.211.297,38	240.828.497,82
4.625,88	4.551,98	21.056.913,24	21.398.765,77	20.720.521,92
1.862,93	1.790,55	3.335.669,11	3.470.508,18	32.060.069,30
37.404,78	17.188,72	299.165.890,08	302.926.366,85	295.452.095,24
X=76.294,46	Y=73.916,69	XY=1.088.482.180,46	X ² =1.116.836.417,67	Y ² =1.061859.239, 24

$$b = 0,98$$

$$r = 0,820^{++}$$

8 grados de libertad.

TABLA IV

RELACION ENTRE EL MANGANESO TOTAL (X) Y EL MANGANESO INERTE (Y) EN LOS SUBUELOS DEL NORTE DEL CAUCA (SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)

X	Y	XY	X ²	Y ²
6.027,76	5.882,88	35.460.588,75	36.333.890,62	34.608.277,09
10.603,83	10.446,78	110.775.879,17	112.441.210,67	109.135.212,37
17.045,28	16.800,15	286.363.260,79	290.541.570,28	282.245.040,02
5.763,20	5.330,02	30.717.971,26	33.214.474,24	28.409.113,20
14.353,64	11.143,89	126.523.715,26	128.905.141,25	124.186.284,33
3.364,75	3.305,74	11.122.988,67	11.321.542,56	10.927.916,95
3.018,33	2.956,57	8.924.205,76	9.110.315,99	8.741.897,47
11.965,12	11.091,03	132.705.504,87	143.164.096,61	123.010.946,46
X=69.141,91	Y=66.957,16	XY=742.594.114,53	X²=765.032.242,22	Y²=721.264.687,91

b = 0,98

r = 0,946 ++

8 grados de libertad.

TABLA V

RELACION ENTRE EL MANGANESO TOTAL (X) Y EL MANGANESO FACILMENTE REDUCIBLE (Y) EN LOS
SUELOS DEL NORTE DEL CAUCA (SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)

X	Y	XY	X ²	Y ²
3.590,60	30,02	107.798,81	12.892.408,36	901,20
19.382,89	186,45	3.613.939,84	375.696.424,75	34763,60
1.385,92	160,48	223.105,40	1.920.774,25	25.914,56
15.659,24	90,87	1.422.955,14	245.211.797,38	8.257,36
4.625,88	24,19	111.900,04	21.398.765,77	585,16
1.862,93	19,69	36.681,09	3.470.508,18	387,70
17.404,78	10373	1.840.207,39	302.926.266,85	11.178,83
X=76.294,46	Y=864,45	XY=10.409.403,58	X ² =1.116.836.417,67	Y ² =42.760,50

$$b = 0,023$$

$$r = 0,494 +$$

7 grados de libertad.

TABLA VI

RELACION ENTRE EL MANGANESO CAMBIABLE (X) Y EL MANGANESO FACILMENTE REDUCIBLE (Y) EN
LOS SUBSUELOS DEL NORTE DEL CAUCA (SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)

X	Y	XY	X ²	Y ²
24,06	103,11	2480,83	578,88	10,631,67
26,08	107,18	2.795,25	680,17	11.487,55
43,31	182,11	7.837,18	1.875,77	33.164,05
23,16	387,80	8,981,45	536,39	150.388,84
25,70	160,15	4.115,86	660,49	25.648,02
18,96	22,16	420,15	359,58	491,07
16,65	24,72	411,59	277,22	611,09
35,74	813,20	29.063,77	1.277,35	661.294,24
X=213,66	Y=1.800,43	XY=36.156,08	X ² =6.245,75	Y ² =893.716,53

$b = 14,96$

$r = 0,496^+$

8 grados de libertad.

TABLA VII

RELACION ENTRE EL MANGANESO ACTIVO (X) Y EL MANGANESO FACILMENTE REDUCIBLE (Y) EN
LOS SUELOS DEL NORTE DEL CAUCA (SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)

X	Y	XY	X ²	Y ²
99,87	30,02	3.107,95	9.974,04	910,20
271,52	186,52	50.643,91	73.723,11	34.763,60
203,89	160,98	33.026,16	41.571,13	25.914,56
140,59	90,87	12.916,00	19.765,55	8.257,36
73,90	24,19	1.787,64	5.461,21	585,16
72,38	19,69	1.425,16	5.238,86	387,70
216,06	105,73	25.004,62	26.681,92	11.178,83
X=1.073,21	Y=864,45	XY=27.911,44	X ² =1.891.297,98	Y ² =142.760,50

$$b = 0,24$$

$$r = 0,655^{++}$$

7 grados de libertad.

TABLA VIII

RELACION ENTRE EL PORCENTAJE DE MATERIA ORGANICA (X) Y EL MANGANESO ACTIVO (Y) EN
LOS SUELOS DEL NORTE DEL CAUCA (SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)

X	Y	XY	X ²	Y ²
4,53	99,87	452,41	20,52	9.974,04
3,28	271,92	890,59	10,76	73.723,11
1,55	203,89	316,03	2,40	41.571,13
6,74	140,59	947,58	45,43	19.765,55
4,07	73,90	300,77	16,56	5.461,21
7,28	72,38	526,93	53,00	5.238,86
6,50	216,06	1.404,39	42,25	46.681,92
$\Sigma X = 41,36$	$\Sigma Y = 1.078,21$	$\Sigma XY = 4.838,70$	$\Sigma X^2 = 245,83$	$\Sigma Y^2 = 1.891.297,98$

$$B = - 0,00043$$

$$r = - 0,514^+$$

7 grados de libertad.

TABLA IX

RELACION ENTRE EL pH (X) Y EL MANGANESO ACTIVO (Y) EN LOS SUELOS DEL NORTE
DEL CAUCA (SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)

X	Y	XY	X ²	Y ²
4,70	99,87	469,39	22,09	9.974,04
5,67	271,52	1.539,52	32,15	73.723,11
5,90	203,89	1.202,95	34,81	41.571,13
4,98	140,59	700,14	24,80	19.765,55
4,91	73,90	362,85	24,11	5.461,21
5,55	72,38	401,71	30,80	5.238,86
5,11	216,06	1.104,07	26,11	46.681,92
X=142,72	Y=1.078,21	XY= 5.780,63	X ² =229,68	Y ² =1.891297,98

$$b = 0,000013$$

$$r = 0,582^+$$

7 grados de libertad.

TABLA IX

RELACION ENTRE EL MANGANESO ACTIVO (X) Y EL NITROGENO INTERCAMBIABLE (ppm.)
(Y) EN LOS SUELOS DEL NORTE DEL CAUCA
(SECTOR SANTANDER - VILLARRICA)

X	Y	XY	X ²	Y ²
99,87	688,62	67.773,78	9.974,04	460.585,10
271,52	73,15	19.861,69	73.723,11	5.250,92
203,89	11,94	2.434,45	41.571,13	14.256,36
140,59	46,09	6.479,79	19.765,55	2.124,29
73,90	333,49	24.644,91	5.461,41	111.215,58
72,38	364,84	26.407,12	5.238,86	133.108,23
216,06	425,09	91.844,95	46.681,92	180.701,51
$\Sigma X=1078,21$	$\Sigma Y=1.983,42$	$\Sigma XY=239.446,69$	$\Sigma X^2=1.891.297,98$	$\Sigma Y^2=909.802,03$

$$b = - 5,63$$

$$r = - 0,663^{++}$$

7 grados de libertad.

T
E-631.82
D878d
Ej.1

Inventario 12214

Autor Dulcey Murillo, Gerado

Título Fraccionamiento de manganeso en
suelos del norte del Depto del.

Fecha Devol.	NOMBRE	Carné
28 II-44	Eduardo Holguin	0388
3 MAYO	Eduardo Holguin	388
17 JUN. 1944	Eduardo Holguin	388

X

T
E-631.82
D878d
Ej.1

12214

X ①