

FORMAS DE MANGANESO EN SUELOS DE CLIMA MEDIO
EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

Por

Jorge Daniel Castro Polanco

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

Presidente de Tesis
MARIO BLASCO L., I.A., Ph.D.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
INSTITUTO TECNOLÓGICO AGRÍCOLA

Pasto - Colombia

1,969

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

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 (Octubre 11) de 1.966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

A LOS SACRIFICIOS DE MIS PADRES
A MI ESPOSA
A MIS HERMANOS
A MIS FAMILIARES
A MIS AMIGOS

D E D I C O

Jorge Castro Polanco.

UNIVERSIDAD DE MARINÓ	
AL DE	FECA
1957	O QUER.
Ej. _____ Vol. _____	8] _____
Valor \$ _____	_____
Fecha _____	Resp. _____

AGRADECIMIENTOS A:

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

FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA

VICTOR MONTENEGRO GALVEZ I.A.

EFREN CORAL QUINTERO I.A.

Personal del Laboratorio de Suelos del Instituto Tecnológico - Agrícola.

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

CONTENIDO

	Pag.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Historia	2
2.2 Contenido de manganeso en los suelos	2
2.3 Ciclo del manganeso en el suelo	3
2.4 Formas de manganeso asequibles a las plantas	5
2.5 Factores que afectan al manganeso	6
2.5.1 pH	6
2.5.2 Temperatura	7
2.5.3 Humedad	7
2.5.4 Coloides	7
2.5.5 Efecto del nitrógeno	8
2.5.6 Efectos del fósforo	8
2.5.7 Efectos del encalamiento y acidificación	9
2.6 Antagonismo del manganeso con otros elementos	9
2.7 El manganeso en las plantas	10
2.8 Microorganismos que intervienen en la oxidación-reducción del manganeso en los suelos	11
III. MATERIALES Y METODOS	13
3.1 Materiales	13
3.2 Métodos	13
3.2.1 Determinaciones generales	13
3.2.1.1 Color	13
3.2.1.2 Textura	13
3.2.1.3 pH	13
3.2.1.4 Carbono orgánico	14
3.2.1.5 Materia orgánica	14
3.2.1.6 Nitrógeno total	14
3.2.1.7 Capacidad catiónica de cambio y cationes intercambiables	14

	Pag.
3.2.1.8 Bases de cambio	14
3.3 Determinación de las distintas formas de manganeso	14
3.3.1 Manganeso total	14
3.3.2 Manganeso soluble en agua	15
3.3.3 Manganeso de cambio	16
3.3.4 Manganeso fácilmente reducible	16
3.3.5 Manganeso activo	17
3.3.6 Manganeso inerte	17
3.3.7 Solución standard	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	30
4.1 Manganeso total	30
4.2 Manganeso activo	31
4.3 Manganeso inerte	32
4.4 Relación de las formas de manganeso con la profundidad del perfil	32
4.5 Relación entre el manganeso total y el manganeso activo	33
4.6 Relación entre el manganeso activo y pH	33
4.7 Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de arcillas	34
4.8 Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de materia orgánica	34
V. CONCLUSIONES	58
VI. RESUMEN	59
SUMMARY	60
VII. BIBLIOGRAFIA	61

ILUSTRACIONES

	Pag.
Figura 1. Localización del área estudiada en el Departamento de Nariño, en la República de Colombia.	18
Figura 2. Relación entre el manganeso total y el manganeso activo en los suelos estudiados	42
Figura 3. Relación entre el manganeso total y el manganeso activo en los subsuelos estudiados.	44
Figura 4. Relación entre el manganeso activo y pH en los suelos estudiados.	46
Figura 5. Relación entre el manganeso activo y pH en los subsuelos estudiados.	48
Figura 6. Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de arcillas en los suelos estudiados.	50
Figura 7. Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de arcillas en los subsuelos estudiados.	52
Figura 8. Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de materia orgánica en los suelos estudiados.	54
Figura 9. Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de materia orgánica en los subsuelos estudiados.	56

Tabla	I.	Contenido de algunas formas de manganeso en distintos suelos del mundo	12
Tabla	II.	Algunas características geográficas y climáticas de las zonas estudiadas	19
Tabla	III.	Algunas características químicas de los suelos y subsuelos de Ancuya	20
Tabla	IV.	Algunas características químicas de los suelos y subsuelos de Chachagüí	21
Tabla	V.	Algunas características químicas de los suelos y subsuelos de Cónsacá	22
Tabla	VI.	Algunas características químicas de los suelos y subsuelos de El Peñol	23
Tabla	VII.	Algunas características químicas de los suelos y subsuelos de La Unión	24
Tabla	VIII.	Algunas características químicas de los suelos y subsuelos de Linares	25
Tabla	IX.	Algunas características químicas de los suelos y subsuelos de Samaniego	26
Tabla	X.	Algunas características químicas de los suelos y subsuelos de Sandoná	27
Tabla	XI.	Algunas características químicas de los suelos y subsuelos de San José	28
Tabla	XII.	Algunas características químicas de los suelos y subsuelos de San Pablo	29
Tabla	XIII.	Contenido de manganeso total, activo e inerte en los suelos estudiados	35
Tabla	XIV.	Contenido de manganeso total, activo e inerte en los subsuelos estudiados	36
Tabla	XV.	Formas y cantidades de manganeso asequibles a las plantas en los suelos estudiados	37
Tabla	XVI.	Formas y cantidades de manganeso asequibles a las plantas en los subsuelos estudiados	38

		Pag.
Tabla	XVII. Contenido mínimo, promedio y máximo de las diferentes formas de manganeso en los suelos estudiados	39
Tabla	XVIII. Contenido mínimo, promedio y máximo de las diferentes formas de manganeso en los subsuelos estudiados	40
Tabla	XIX. Resumen de las relaciones estadísticas efectuadas	41
Tabla	XX. Relación entre manganeso total y manganeso activo en los suelos estudiados	43
Tabla	XXI. Relación entre manganeso total y manganeso activo en los subsuelos estudiados	45
Tabla	XXII. Relación entre manganeso activo y pH en los suelos estudiados	47
Tabla	XXIII. Relación entre manganeso activo y pH en los subsuelos estudiados	49
Tabla	XXIV. Relación entre manganeso activo y % de arcillas en los suelos estudiados	51
Tabla	XXV. Relación entre manganeso activo y % de arcillas en los subsuelos estudiados	53
Tabla	XXVI. Relación entre manganeso activo y % de materia orgánica en los suelos estudiados	55
Tabla	XXVII. Relación entre manganeso activo y % de materia orgánica en los subsuelos estudiados	57

FORMAS DE MANGANESO EN SUELOS DE CLIMA MEDIO
EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO (1)

Por

JORGE DANIEL CASERO FOLANCO

I. INTRODUCCION

El manganeso, al igual que otros oligoelementos del suelo, se presenta en distintas formas más o menos oxidadas, relacionadas generalmente con los cambios de pH de los suelos.

No obstante ser un elemento esencial, y además característico de los suelos tropicales, su estudio ha recibido poca atención, a pesar de que su ciclo de oxidación-reducción es uno de los más interesantes dentro de la bioquímica de los suelos.

La presente investigación se desarrolló encaminada a obtener una información básica acerca de la presencia del manganeso, en sus distintas formas, en los suelos volcánicos de Nariño.

(1) Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo; bajo la presidencia de Mario Blasco L., I.A., Ph.D.

mente queda en el intervalo de 200 a 3.000 ppm. con promedios próximos a las 6000 ppm. (Swaine, 58; De Groot, 17 ; Mitchell, 42).

En Colombia (Sabana de Bogotá), conforme al estudio de Benavides (7), se encontraron valores promedios de 259,9 ppm. de manganeso total, con un máximo de 594 ppm. y un mínimo de 87,1 ppm.

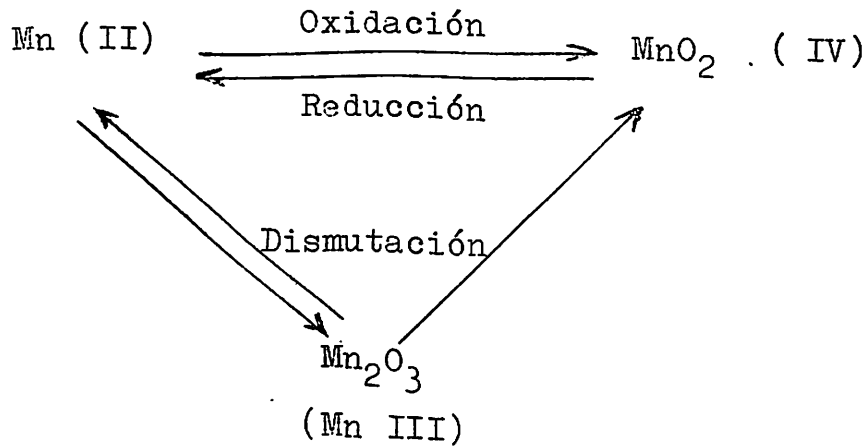
En la Tabla I se presentan resumidos los resultados de algunas investigaciones, correspondientes a distintas formas de manganeso en diferentes suelos del mundo.

2.3 Ciclo del manganeso en el suelo.

Como regla general puede decirse que el manganeso se solubiliza a potenciales redox bajos, mientras que se precipita a potenciales redox altos, dominando la forma mangánica en reacciones neutras o alcalinas, y la manganesa en reacciones ácidas (Rankana y Sahama, 47).

Durante la meteorización el manganeso se disuelve mediante la acción de aguas carbonatadas, formando bicarbonatos (Rankana y Sahama, 47), mientras que en condiciones de buena aireación se precipita, principalmente, en formas de óxidos y fosfatos (Hodgson, 30).

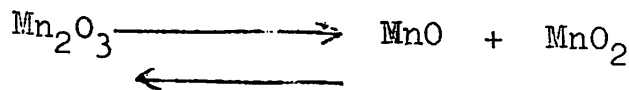
El ciclo del manganeso propuesto por Dion y Mann (cit. Buckman y Brady, 12; Gallego y Bueno, 24), se presenta en el siguiente esquema:



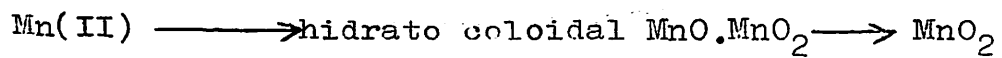
Según dichos autores, la oxidación de Mn (II) a Mn (IV) es importante a pH superiores a 8.0. En suelos básicos con pH inferiores a 8.0, la oxidación más probable es de Mn (II) a Mn (III) para formar Mn (OH)₃. En medio ácido se produce la dismutación de acuerdo a la ecuación:



La forma intercambiable corresponde a MnO, mientras que las formas insolubles son MnO₂ y Mn₂O₃, aunque este último óxido puede reducirse parcialmente, pasando, según Duchaufor (19), a posición de intercambio:

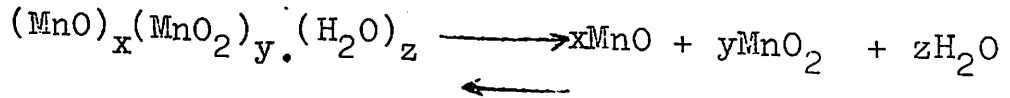


A su vez la forma intercambiable, de acuerdo a Sherman (51), puede revertir a posiciones no aseguibles:



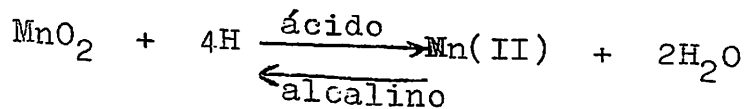
Fujimoto y Sherman (23), y Sherman (51), sugieren que el manganeso también puede existir en el suelo co-

no un óxido hidratado complejo $(\text{MnO})_x(\text{MnO}_2)_y \cdot (\text{H}_2\text{O})_z$, que es inestable cuando pierde el agua de hidratación, dando lugar a la reacción:



La presencia en el suelo de estados intermedios de oxidación, como Mn_3O_4 y Mn_2O_3 , quedó confirmada cuando Nichols y Walton (45), demostraron que el hidróxido manganeso en medio básico no se oxidaba en su totalidad para originar bióxido, ya que el oxígeno adsorbido oscilaba entre 67 y 83% del teóricamente necesario.

Los microorganismos del suelo intervienen así mismo en las distintas transformaciones del manganeso, principalmente en un rango de pH comprendido entre 5,5 y 8,0 (Alexander, 1). La reacción procede, según el mencionado autor, en la forma siguiente:



El MnO_2 sirve como electrón aceptor de las enzimas respiratorias, que así obtienen el oxígeno molecular - (Alexander, 1).

2.4 Formas de manganeso asequibles a las plantas

En un principio se creyó (Heintze, 27; Steenbjer, 56), que solamente las fracciones de manganeso, soluble en agua e intercambiable, eran asequibles a las plantas. Sin embargo, Leeper (35), demostró que también ciertos óxidos, que llamó reducibles, eran asimilados por las plantas mediante absorción coloidal o por reducción en la superficie de las raíces.

Conforme a lo anotado por distintos autores (Heintze, 27; Stoenbjer, 56; Leeper, 33; Sherman y Harmer, 53), el manganeso soluble en agua se encuentra en la fase líquida del suelo, el intercambiable es retenido como catión Mn (II) en las posiciones de cambio de los coloides, y la fracción reducible corresponde al manganeso divalente formado a partir de los óxidos mangánicos. La suma de estas tres fracciones recibe la denominación de manganeso activo. Según Enderedy (21), la fracción de manganeso soluble en agua es muy pequeña, comparada con las otras dos, estando ausente en algunos suelos.

2.5 Factores que afectan al manganeso.

2.5.1 pH.

En forma general se puede indicar que el manganeso es una base fácilmente cambiante en condiciones ácidas (Mattson, 38). Cuando el pH aumenta el manganeso se oxida (mayor fijación), y la acidez favorece su reducción (mayor solubilidad) (Fujimoto y Sherman, 23; Hem, 28) ya que según Sherman (51), el potencial redox en condiciones ácidas favorece la reducción de la forma manganeso-ica, insoluble, a la forma manganeso-osa asequible.

De acuerdo a Tisdale y Nelson (60), a medida que aumenta el pH, las formas divalentes del manganeso pasan a trivalentes y tetravalentes, siendo en conversión una función lineal del pH entre 3,3 y 8,0.

Como indican Cox y Reid (16), a un pH de 4,0 el manganeso es extremadamente soluble, presentándose su toxicidad en el rango de pH 4,0-5,0, que generalmente queda eliminada cuando el pH sube por encima de 5,5.

(Leeper, 34). En suelos básicos, donde predominan arcillas de tipo 2:1, la lixiviación del manganeso es prácticamente inexistente (Sherman, 51).

Según Cox y Reid (26), y Hemstock y Low (29), la materia orgánica afecta al manganeso en dos formas distintas. Por una parte, la materia orgánica retiene al manganeso a través de la formación de quelatos. Por otro lado, puede aumentar la solubilidad del manganeso mediante la reducción causada por los ácidos orgánicos.

De acuerdo a Meek, et al. (40), la materia orgánica afecta la movilidad del manganeso. Parte de la materia orgánica se solubiliza liberando a la vez el manganeso del suelo. A medida que esta solución del suelo se mueve hacia abajo, parte de la materia orgánica es retenida por adsorción de las arcillas y por los microorganismos, precipitándose a su vez el manganeso.

En relación con la materia orgánica hay un factor que tiene importancia desde el punto de vista de la fertilidad. Se ha comprobado (Sherman, 51), que la quema de suelos orgánicos produce una gran deficiencia de manganeso, que pasa a óxido inerte, debido a la condición de alta oxidación que se genera después de la quema.

2.5.5 Efecto del nitrógeno.

Según las investigaciones de Millikan (11), Garey y Barber (25), y Carnena et al. (13), el nitrógeno nítrico favorece la absorción del manganeso por las plantas.

2.5.6 Efectos del fósforo.

Cuando la humedad de los suelos es adecuada, la fertilización fosfatada produce una influencia beneficiosa

sobre la absorción de manganeso por las plantas, debido a la formación de fosfato manganeso. Sin embargo, en condiciones de buena aireación, pueden presentarse deficiencias en la asequibilidad, debido a la formación de los fosfatos mangánicos (Hodgson, 30; Kawaguchi, et al. 32; Steckel, et al).

2.5.7 Efectos del enclamiento y acidificación.

Teniendo en cuenta la relación existente entre la reacción del suelo y la solubilidad del manganeso, el enclamiento reduce la cantidad de manganeso soluble o asimilable de los suelos (Totev, 61; Beer, et al. 6; Leonard y Stewart, 36; Anderson, 2).

Por otra parte, la acidificación del suelo produce una mayor solubilidad del manganeso (Vavra y Frederick, 62; Anderson, 2). No obstante, no siempre ocurre así. Cuando se acidifica un suelo, el azufre requiere algún tiempo para oxidarse y, durante el mismo lapso el manganeso puede transformarse en óxidos insolubles que dificultan su asequibilidad (Leonard y Stewart, 36).

2.6 Antagonismo del manganeso con otros elementos.

De acuerdo a Bertrand (8), Stiles (57), y Gallego y Bueno (24), la toma del hierro y manganeso por las plantas se dificulta cuando hay hidrógeno adsorbido en grandes proporciones. Por otra parte, se presenta antagonismo entre el hierro y manganeso, cuando su relación Fe/Mn no es idónea (para el trigo la mejor relación es 2,5; para el maíz 7; para la soya 2,5).

2.7 El manganeso en las plantas.

El manganeso tiene varias funciones importantes en las plantas. En primer lugar, es requerido para el desarrollo del ciclo de Krebs, además, tiene influencia directa en los fenómenos de oxidación-reducción. Está así mismo relacionado con la reducción de los nitratos en la planta. Actúa como agente oxidante convirtiendo el hierro ferroso en férrico (si la oxidación es excesiva, induce síntomas de deficiencia de hierro). Interviene en diversas reacciones enzimáticas, glicólisis principalmente, siendo requerido para el funcionamiento de muchas enzimas, v.g. peptidasa, fosfoglucomutasa, carboxilasa, etc. Finalmente, se puede agregar que el manganeso es necesario para la síntesis de la clorofila (Anderson, 2; Gallego y Bueno, 24).

El contenido de manganeso en las plantas es muy variable, comprendiendo cantidades que van de 5 a 5.000 ppm. cifras comparativamente muy elevadas con relación a las de otros elementos menores (Bear, 5).

La deficiencia se manifiesta en las plantas por el achaparramiento, la disminución (o total supresión) en la producción de semilla y la característica peculiar clorótica en el tejido reticular intervenal, que en condiciones severas puede ser necrótica. Cuando las venas son paralelas la clorosis es general, apareciendo además unas "pecas" de color gris. La clorosis se muestra generalmente en las hojas jóvenes (Anderson, 2; Tincknell y López, 59).

La toxicidad del manganeso se puede presentar en suelos ácidos, con altas concentraciones de manganeso aprovechable. Como síntomas de toxicidad se anotan la clorosis y necrosis, distribuidas irregularmente y, así mismo el arrugamiento de las hojas (Gavalas, 26; Tincknell y López, 59).

TABLA I

Contenido de algunas formas de manganeso en distintos suelos del mundo

Suelos	Manganeso en ppm.				Autor
	Soluble en H ₂ O	Cambiabile	Fácilmente reducible	Activo	
Kentucky y Minnesota, USA	Tr. - 0,8	1,0 - 7,8 Prm. 3,2	1 - 541 Prm. 114	2 - 550 Prm. 118	Sherman Mc Hargue Hodgkiss (54)
Minnesota, Michigan y Texas, USA	-----	-----	Tr. - 436	-----	Sherman y Harmer (53)
Florida, USA	-----	Tr. - 3,4	-----	-----	Peech (46)
Bretaña, Francia	-----	1,5	29	-----	Demolon (18)
India, India	0,26 - 0,78 Prm. 0,44	4,0 - 11,6 Prm. 7,0	29 - 140 Prm. 72	33 - 152 Prm. 79	Vinayak (63)
India, India	Tr. - 5,60 Prm. 2,8	4,8 - 57,0 Prm. 23,2	6 - 828 Prm. 118	15 - 891 Prm. 141	Biswas (9)
Chile, Chile	-----	0,5 - 2,6 Prm. 1,1	30,4 - 456 Prm. 2,0	-----	Schalscha y otros (49)
Costa Rica, Costa Rica	-----	0,1 - 19,8 Prm. 3,25	-----	-----	Cervajal Romírez y López (14) Roldán (48)
Meseta Central, Costa Rica	Tr. - 1,30	0,1 - 36,6	9 - 705	13 - 732	
Sabana de Bogotá, Colombia	0,0 - 168	1,3 - 30,57	2,05 - 59,1	3,35 - 78,32	Benavides (7)

Tr. = Trazas

Prm. = Promedio

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales.

El área escogida para este estudio fue la correspondiente a las regiones Templada y Subtropical (fajas Montano Bajo y Subtropical) del Departamento de Narifio. La localización geográfica, altitud y clima de los sitios elegidos para la toma de muestras aparecen en la Tabla II. En la Figura 1, se encuentra el mapa del área estudiada.

El muestreo (suelos y subsuelos) se realizó en terrenos cultivados, en las vertientes de los ríos Guátara, Juanambú y Mayo. Las muestras se tomaron utilizando barreno o pala, anotándose la profundidad correspondiente. Las características generales de estos suelos aparecen en las Tablas III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI y XII.

3.2 Métodos.

Todas las muestras se secaron al aire y se molieron tamizándolas a un grado de 2 mm.

3.2.1 Determinaciones generales.

3.2.1.1 Color.

Se determinó en seco y en húmedo, utilizando las Tablas de Munsell (44).

3.2.1.2 Textura.

Método de Bouyoucus (10).

3.2.1.3 pH.

Método potenciométrico (1:1) (Jackson, 31).

solvió en 10 ml. de HCl (1:1), y se llevó a sequedad. Nuevamente se adicionaron 10 ml. de HCl (1:9) y se filtró (Whatman No. 40), lavando con agua acidulada (5 ml. de Hcl por litro de agua).

El filtrado se deshidrató al baño María hasta que la sílice presentó aspecto cristalino. Se volvió a humedecer el residuo con HCl concentrado, repitiéndose la deshidratación por espacio mínimo de 2 horas, para insolubilizar la sílice completamente, la cual se procedió a separar mediante filtrado, previa adición de 5 ml. de HCl concentrado y 100 ml. de agua caliente, lavando cuando fue necesario con agua caliente.

Se evaporó el filtrado hasta formarse una costra en el vaso, se agregó luego HNO_3 para evaporar el HCl, y se evaporó nuevamente. Se procedió a disolver la costra con H_2SO_4 (1:4) calentándose hasta humos blancos.

Se volvió a disolver el residuo en 60 ml. de agua destilada, agregando a continuación 15 ml. de H_2SO_4 concentrado y 10 ml. de H_3PO_4 (85%). Luego se agregaron 3 g. de KIO_4 , y se hirvió la mezcla durante 1 minuto, sosteniéndose después la temperatura a 90 grados centígrados por espacio de 10 minutos. Se enfrió y llevó a volumen (100 ml.) con agua destilada, y se tomó 1 alicuota para la lectura en el fotocolorímetro. (Sherman, Mc Hargue y Hodgkiss, 54).

3.3.2 Manganeso soluble en agua.

En un erlenmeyer de 500 ml. se colocaron 20 g. de suelo y 200 ml. de agua destilada, agitando por 30 minutos. Se filtró (') en embudo Buchner, llevando a continuación el

La mezcla se filtró y al filtrado se le adicionaron 10 ml. de H_2SO_4 (1:1) y 10 ml. de HNO_3 concentrado, evaporando lentamente hasta sequedad. El residuo se disolvió en H_2SO_4 (1:4) y se calentó hasta la aparición de humos blancos.

Seguidamente se procede como en la determinación del manganeso total. (Se volvió a disolver el residuo en 60 ml. de agua destilada, agregando a continuación....) (Sherman, Mc Hargue y Hodgkiss, 54).

3.3.5 Manganeso activo.

Se obtuvo sumando las cantidades correspondientes a las determinaciones de manganeso soluble en agua, manganeso de cambio y el fácilmente reducible. (Sherman, Mc Hargue y Hodgkiss, 54).

3.3.6 Manganeso inerte.

Se dedujo mediante la diferencia del manganeso total menos manganeso activo. (Sherman, Mc Hargue y Hodgkiss, 54).

3.3.7 Solución standard.

La solución standard para el manganeso se preparó disolviendo 0,2886 g. de $KMnO_4$ en 100 ml. de agua, acidificando la solución con 1,25 ml. de H_2SO_4 (1:1) y se calentó nuevamente hasta ebullición. Una vez que la solución se enfrió, se añadió gota a gota ácido oxálico del 10% para descargar el color. Finalmente se diluyó a un litro l ml. de esta solución equivale a 0,1 mg. de Mn. (Anónimo, 3).

Figura 1. Localización del área estudiada en el Departamento de Nariño, en la República de Colombia.

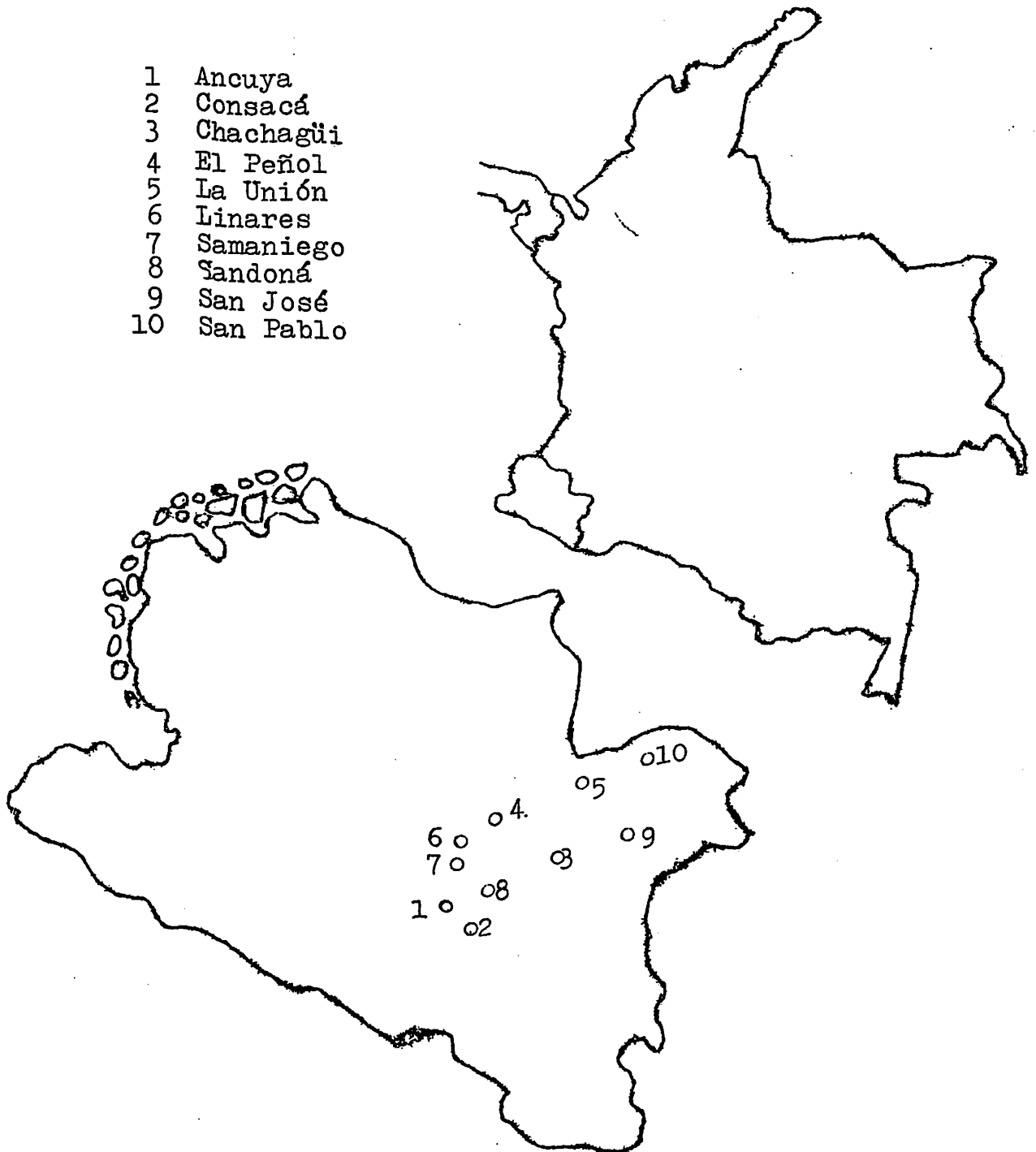


TABLA II

Algunas características geográficas y climáticas de las zonas estudiadas

Nombre	Localización geográfica		Altura sobre el nivel del mar m.	Temperatura °C	Precipitación mm/año.
	Longitud	Latitud			
Ancuya	77°-30'-57" W.G.	1°-15'-38" N.	1.538	20	-----
Chachagüf	77°-15'-56" W.G.	1°-21'-40" N.	1.935	18	-----
Consacá	77°-29'-10" W.G.	1°-12'-15" N.	1.400	20	1.392,3
El Peñol (El Tambo)	77°-23'-20" W.G.	1°-26'-00" N.	1.575	22	-----
La Unión	77°-09'-16" W.G.	1°-35'-06" N.	1.375	22	1.864,6
Linares	77°-30'-03" W.G.	1°-22'-46" N.	1.200	22	-----
Samaniego	77°-35'-26" W.G.	1°-20'-24" N.	1.535	21	1.312,3
Sandoná	77°-28'-53" W.G.	1°-17'-22" N.	1.848	18	1.392,3
San José	77°-04'-45" W.G.	1°-28'-00" N.	1.935	18	1.397,7
San Pablo	77°-08'-19" W.G.	1°-40'-05" N.	1.729	19	1.441,1

TABLA III

Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Ancuya

Características	Suelo	Subsuelo
Pendiente aproximada %	15	15
Profundidad cm.	0-30	30-80
Color en seco	10YR-3/1	10YR-4/2
Color en húmedo	10YR-2/2	10YR-3/2
Arenas %	40,30	46,30
Arcillas %	27,68	33,12
Limos %	32,02	20,58
Textura	F.	F-Ar-A.
pH	6,40	6,30
Carbono orgánico %	2,10	0,57
Materia orgánica %	3,62	0,98
Nitrógeno total	0,57	0,09
Relación C/N	3,68	6,33
Capacidad de cambio me./100 g.	40,38	40,76
Calcio de cambio ppm.	2.260,94	1.818,40
Potasio de cambio ppm.	324,94	64,37
Sodio de cambio ppm.	29,94	34,33
Magnesio de cambio ppm.	786,43	968,61
Aluminio de cambio ppm.	---	9,40
Hierro de cambio ppm.	18,53	28,16

TABLA IV

Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Chachagüí

Características	Suelo .	Subsuelo
Pendiente aproximada	15	15
Profundidad cm.	0-60	60-X
Color en seco	10YR-4/3	10YR-4/4
Color en húmedo	10YR-2/2	10YR-3/4
Arenas %	35,96	33,88
Arcillas %	35,04	46,04
Limos %	29,00.	20,08
Textura	F-Ar.	A.
pH	5,60	5,70
Carbono orgánico %	2,51	0,90
Materia orgánica %	4,33	1,55
Nitrógeno total %	0,19	0,13
Relación C/N	3,21	6,92
Capacidad de cambio me./100 g.	17,76	20,63
Calcio de cambio ppm.	1.711,52	1.232,00
Potasio de cambio ppm.	299,52	50,54
Sodio de cambio ppm.	34,23	40,43
Magnesio de cambio ppm.	364,11	244,85
Aluminio de cambio ppm.	-----	-----
Hierro de cambio ppm.	8,02	21,90

TABLA V

Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Gonsacá

Características	Suelo	Subsuelo
Pendiente aproximada %	10	10
Profundidad cm.	0-40	40-100
Color en seco	10YR-3/3	10YR-3/2
Color en húmedo	10YR-2/1	10YR-2/2
Arenas %	36,64	34,98
Arcillas %	27,02	34,02
Limos %	36,34	31,00
Textura	F.	F-Ar.
pH	6,40	6,30
Carbono orgánico %	3,54	1,44
Materia orgánica %	6,10	2,48
Nitrógeno total %	0,48	0,20
Relación C/N	7,38	7,20
Capacidad de cambio me./100 g.	36,17	28,85
Calcio de cambio ppm.	2.842,88	2.323,29
Potasio de cambio ppm.	546,92	545,70
Sodio de cambio ppm.	40,07	45,39
Magnesio de cambio ppm.	586,03	499,32
Aluminio de cambio ppm.	---	---
Hierro de cambio ppm.	15,56	22,29

TABLA VI

Algunas características generales de los suelos y subsuelos de El Peñol

Características	Suelo	Subsuelo
Pendiente aproximada %	20	20
Profundidad cm.	0-60	60-120
Color en seco	10YR-3/2	10YR-6/4
Color en húmedo	10YR-2/2	10YR-4/4
Arenas %	21,62	34,30
Arcillas %	48,38	38,38
Limos %	30,00	27,32
Textura	Ar.	F-Ar a Ar.
pH	5,60	5,40
Carbono orgánico %	2,74	1,70
Materia orgánica %	4,72	2,93
Nitrógeno total %	0,33	0,13
Relación C/N	8,30	13,08
Capacidad de cambio me./100 g.	45,17	19,55
Calcio de cambio ppm.	3.963,00	2.359,12
Potasio de cambio ppm.	215,92	55,05
Sodio de cambio ppm.	62,59	46,13
Magnesio de cambio ppm.	34,26	1.014,72
Aluminio de cambio ppm.	---	14,14
Hierro de cambio ppm.	5,09	1,57

TABLA VII

Algunas características generales de los suelos y subsuelos de La Unión

Características	Suelo	Subsuelo
Pendiente aproximada %	5	5
Profundidad cm.	0-50	50-X
Color en seco	10YR-4/3	10YR-7/2
Color en húmedo	5YR-3/2	10YR-4/2
Arenas %	45,86	53,86
Arcillas %	23,70	19,70
Limos %	30,44	26,44
Textura	F a F-A	F-A.
pH	5,80	6,40
Carbono orgánico %	1,23	1,18
Materia orgánica %	2,12	2,03
Nitrógeno total %	0,17	0,06
Relación C/N	7,23	19,67
Capacidad de cambio me./100 g.	14,99	5,30
Calcio de cambio ppm.	1.037,61	443,18
Potasio de cambio ppm.	178,18	48,39
Sodio de cambio ppm.	35,64	52,46
Magnesio de cambio ppm.	267,64	59,69
Aluminio de cambio ppm.	28,20	6,87
Hierro de cambio ppm.	6,28	12,23

TABLA VIII
 Algunas características generales de los suelos y
 subsuelos de Linares

Características	Suelo	Subsuelo
Pendiente aproximada %	15	15
Profundidad cm.	0-30	30-50
Color en seco.	10YR-3/2	10YR-4/3
Color en húmedo	10YR-2/2	7,5YR-3/2
Arenas %	40,98	38,88
Arcillas %	21,38	31,12
Limos %	37,65	30,00
Textura	F.	F-Arc.
pH	5,70	5,80
Carbono orgánico %	2,47	1,10
Materia orgánica %	4,26	1,89
Nitrógeno total %	0,33	0,17
Relación C/N	7,48	6,47
Capacidad de cambio me./100 g.	26,72	21,59
Calcio de cambio ppm.	1.795,58	1.559,87
Potasio de cambio ppm.	155,79	70,16
Sodio de cambio ppm.	40,13	59,37
Magnesio de cambio ppm.	443,10	334,73
Aluminio de cambio ppm.	---	---
Hierro de cambio ppm.	79,21	17,41

TABLA IX

Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Samaniego

Características	Suelo	Subsuelo
Pendiente aproximada %	60	60
Profundidad cm.	0-30	30-100
Color en seco	10YR-4/3	10YR-3/1
Color en húmedo	10YR-3/3	10YR-2/1
Arenas %	28,30	27,30
Arcillas %	32,70	42,70
Limos %	39,00	30,00
Textura	F.Ar.	A.
pH	6,10	5,10
Carbono orgánico %	2,54	1,11
Materia orgánica %	4,38	1,91
Nitrógeno total %	0,28	0,13
Relación C/N	7,70	8,54
Capacidad de cambio me./100 g.	21,16	19,15
Calcio de cambio ppm.	2.760,24	1.840,23
Potasio de cambio ppm.	276,02	44,94
Sodio de cambio ppm.	89,71	51,35
Magnesio de cambio ppm.	573,39	390,29
Aluminio de cambio ppm.	14,19	36,08
Hierro de cambio ppm.	3,01	6,82

TABLA X

Algunas características generales de los suelos y subsuelos de Sandoná

Características	Suelo	Subsuelo
Pendiente aproximada %	20	20
Profundidad cm.	0-25	25-100
Color en seco	10YE-3/3	10YR-4/3
Color en húmedo	10YE-2/2	5YR-3/2
Arenas %	33,98	40,62
Arcillas %	23,36	33,12
Limos %	42,66	26,26
Textura	F.	F-Ar.
pH	5,80	6,20
Carbono orgánico %	2,53	0,73
Materia orgánica %	4,36	1,26
Nitrógeno total %	0,34	0,11
Relación C/N	7,44	6,64
Capacidad de cambio me./100 g.	25,13	15,24
Calcio de cambio ppm.	1.505,68	1.061,93
Potasio de cambio ppm.	167,52	38,09
Sodio de cambio ppm.	49,14	82,71
Magnesio de cambio ppm.	278,40	185,27
Aluminio de cambio ppm.	----	----
Hierro de cambio ppm.	16,33	10,61

TABLA XI

Algunas características generales de los suelos y subsuelos de San José

Características	Suelo	Subsuelo
Pendiente aproximada %	50	50
Profundidad cm.	0-70	70-150
Color en seco	2,5Y-3/2	10YR-4/3
Color en húmedo	10YR-3/1	10YR-3/2
Arenas %	41,98	49,98
Arcillas %	13,70	12,02
Limos %	44,32	38,00
Textura	F a F-L.	F a F-A.
pH	7,20	7,50
Carbono orgánico	1,53	2,19
Materia orgánica	2,64	3,77
Nitrógeno total	0,15	0,11
Relación C/N	10,20	19,91
Capacidad de cambio me./100 g.	16,25	22,79
Calcio de cambio ppm.	1.907,90	1.825,75
Potasio de cambio ppm.	81,84	35,07
Sodio de cambio ppm.	30,69	41,26
Magnesio de cambio ppm.	360,75	545,62
Aluminio de cambio ppm.	---	---
Hierro de cambio ppm.	13,85	4,25

TABLA XII

Algunas características generales de los suelos y
subsuelos de San Pablo

Características	Suelo	Subsuelo
Pendiente aproximada %	10	10
Profundidad cm.	0-60	60-90
Color en seco	10YR-4/2	10YR-6/1
Color en húmedo	10YR-2/2	10YR-4/2
Arenas %	61,96	64,88
Arcillas %	10,04	9,00
Limos %	28,00	26,12
Textura :	F-A.	F-A.
pH	6,25	7,20
Carbono orgánico %	1,84	0,21
Materia orgánica %	3,17	0,36
Nitrógeno total %	0,25	0,06
Relación C/N	7,36	3,50
Capacidad de cambio me./100 g.	15,49	6,53
Calcio de cambio ppm.	2.106,71	251,13
Potasio de cambio ppm.	733,22	163,23
Sodio de cambio ppm.	57,83	31,14
Magnesio de cambio ppm.	351,61	61,07
Aluminio de cambio ppm.	---	10,80
Hierro de cambio ppm.	2,32	1,50

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos para las distintas fracciones de manganeso, aparecen en las Tablas XIII a XVI. El resumen de las distintas relaciones estadísticas estudiadas corresponde a la Tabla XIX. Las relaciones estadísticas se encuentran en las Tablas XX a XXVII. Gráficamente dichas relaciones se muestran en las figuras 2 a 9.

4.1 Manganeso total.

El contenido promedio de manganeso total de los suelos volcánicos nariñenses (1.099,6 ppm. para suelos y 1.111,1 ppm. para subsuelos), es ligeramente superior al reportado por Swaine (cit. Hodgson, 30), para los suelos del mundo, cuyo promedio es de 1.000 ppm.

El máximo contenido de manganeso total correspondió a los suelos de Chachagüí con 2.471,0 ppm. y el mínimo se registró en La Unión con 209,6 ppm. En subsuelos, el máximo se encontró en San José, con 2.692,2 y el mínimo en El Peñol con 267,3 ppm.

Del estudio de las Tablas XIII y XIV, se desprende que no obstante la relativa abundancia de manganeso, su distribución geográfica en los suelos de clima medio Nariñenses es bastante irregular.

La comparación de los resultados obtenidos en esta investigación con los reportados por Benavides (7), cuyo promedio para la Sabana de Bogotá es de 259,9 ppm., permiten suponer, a manera de hipótesis, que probablemente en los suelos volcánicos se presenta mayor acumulación de manganeso total.

En el reciente Panel de suelos volcánicos (Turrialba, Julio 1.969), algunos investigadores chilenos expusieron (sin concretar datos) la creencia de que los suelos volcánicos de Chile tenían abundancia de manganeso. (').

4.2 Manganeso activo.

Los resultados obtenidos presentan cantidades de manganeso activo superiores a las registradas en suelos de influencia volcánica en Costa Rica (Roldán, 48), y en los suelos de la Sabana de Bogotá (Benavides, 7).

El promedio de manganeso activo fue de 196,0 ppm. para suelos y 136,5 ppm. para subsuelos. La máxima acumulación se encontró en el suelo de Chachagüí (1.048,4 ppm.), y la mínima en el suelo de San José (17,6 ppm.). En subsuelos el máximo se registró en Ancuya (461,0 ppm.) y el mínimo en San Pablo (17,7 ppm.).

La máxima cantidad registrada en los Andosoles costarricenses (Roldán, 48) fue de 257 ppm. La diferencia con los resultados obtenidos en esta investigación, viene explicada por la gran cantidad de manganeso fácilmente reducible encontrado en los suelos de Nariño.

El manganeso activo se considera como la suma de las fracciones de manganeso soluble en agua, manganeso de cambio, y manganeso fácilmente reducible. Tanto en suelos como en subsuelos los promedios correspondientes al manganeso fácilmente reducible (175,1 ppm. en suelos y 125,0 ppm. en subsuelos), son mayores que los referidos al manganeso de cambio (16,4 ppm. en suelos y 8,9 ppm. en subsuelos), y al manganeso soluble en agua (4,4 ppm. en suelos y 2,5 ppm. en subsuelos).

(') Blasco L, M. Comunicación personal.

La relación manganeso fácilmente reducible > manganeso de cambio > manganeso soluble en agua, es un resultado que está de acuerdo con los encontrados en otras investigaciones (Benavides, 7; Roldán, 48; Vinayak, 69; Biswas, 9).

En general, se puede decir que el promedio de las fracciones de manganeso reducible, intercambiable y soluble en agua, es superior a los reportados por los autores citados anteriormente, y a los encontrados por Schalscha, et al. (49), para los suelos volcánicos de Chile.

El manganeso activo representó el 17,8% del manganeso total en los suelos y el 12,2% en los subsuelos.

4.3 Manganeso inerte.

Esta fracción presenta en promedio 903,5 ppm. en los suelos y 974,5 ppm. en los subsuelos. Son también promedios altos que señalan la abundancia de óxidos superiores y minerales manganésicos en los suelos nariñenses.

El manganeso inerte representó el 82,1% del manganeso total en los suelos y el 87,7% en los subsuelos.

4.4 Relación de las formas de manganeso con la profundidad del perfil.

Los resultados obtenidos permiten señalar que - mientras las fracciones de manganeso total e inerte aumentaron en los subsuelos, las formas de manganeso soluble en agua, de cambio y fácilmente reducible, fueron mayores en los suelos.

Esto significa que las condiciones de solubilidad son mejores en el suelo que en el subsuelo, lo cual in

dica, a su vez, que las condiciones de acidez y reducción son mayores en el suelo que en el subsuelo.

4.5 Relación entre el manganeso total y el manganeso activo.

Según los datos obtenidos (Tablas XX y XXI, figuras 2 y 3), hay una relación altamente significativa entre el manganeso total y activo en los suelos, y significativa en los subsuelos.

A medida que aumenta el manganeso total aumenta la fracción activa, resultado que debe considerarse normal, porque con altas cantidades de manganeso total hay más posibilidades de una mayor reducción.

4.6 Relación entre el manganeso activo y el pH.

No se encontró correlación significativa entre la presencia de manganeso activo y el pH de los suelos y subsuelos (Tablas XXII y XXIII, figuras 4 y 5). Resultados similares reportaron Benavides (7), para los suelos de la Sabana de Bogotá, y Roldán (48), en los suelos de Costa Rica.

Estudiando estas tres investigaciones, se piensa que a este resultado se llega por comparar muestras heterogéneas, antes que por usar pocas muestras. Esta hipótesis parece deducirse de la correlación anterior (Mn total x Mn activo). Vale decir, que si se estudiase una sola muestra, entonces si se podría esperar cambios en el manganeso activo con los cambios del pH, variación que en su magnitud dependería del potencial manganeso de la muestra.

4.7 Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de arcillas.

No se presentó correlación significativa entre el contenido de manganeso activo y el porcentaje de arcillas presente en suelos y en subsuelos (Tablas XXIV y XXV, figuras 6 y 7). Este resultado concuerda con el obtenido por Roldán (48), en los suelos de Costa Rica.

Esto significa, que no existe asociación entre el manganeso activo y la presencia de arcillas en los suelos estudiados.

4.8 Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de materia orgánica.

Al igual que sucedió con los coloides inorgánicos, tampoco hubo correlación significativa entre el manganeso activo y la presencia de materia orgánica en suelos y subsuelos (Tablas XXVI y XXVII, figuras 8 y 9). Similar resultado se obtuvo en los suelos de Costa Rica (Roldán, 48).

Teniendo en cuenta las dos relaciones anteriores, se puede decir, que el manganeso activo de los suelos nariñenses estudiados, no está asociado con los porcentajes de los coloides del suelo.

TABLA XIII

Contenido de manganeso total, activo e inerte
en los suelos estudiados
Resultados en ppm.

Nombre	Manganeso total	Manganeso activo	Manganeso inerte	$\frac{\text{Mn activo}}{\text{Mn total}} \times 100$
Ancuya	1.156,760	136,180	1.020,580	11,772
Chachagüí	2.471,007	1.048,434	1.422,573	40,665
Consacá	633,550	83,119	550,431	13,119
El Peñol	709,308	82,013	627,295	11,561
La Unión	209,620	59,478	150,142	28,374
Linares	1.056,200	117,450	938,750	11,120
Samaniego	1.115,597	308,040	807,557	27,612
Sandoná	1.100,048	53,605	1.046,443	4,872
San José	1.728,870	17,646	1.711,224	1,020
San Pablo	815,833	54,870	760,693	6,725
Porcentajes promedios de Mn total	100	17,831	82,169	

TABLA XIV

Contenido de manganeso total, activo e inerte
en los subsuelos estudiados
Resultados en ppm

Nombre	Manganeso total	Manganeso activo	Manganeso Inerte	$\frac{\text{Mn activo}}{\text{Mn total}} \times 100$
Ancuya	1.126,440	461,008	665,432	40,926
Chachagüí	1.791,504	46,612	1.744,892	2,601
Consacá	805,047	92,525	712,522	11,493
El Peñol	267,367	14,028	253,339	5,246
La Unión	743,724	28,016	715,708	3,766
Linares	1.273,810	145,326	1.128,484	11,408
Samaniago	1.091,298	55,231	1.036,067	5,061
Sandoná	642.097	64,209	577,888	9,990
San José	2.692,215	440,965	2.251,250	16,379
San Pablo	678,037	17,702	660,335	2,610
Porcentajes promedios de Mn total	100	12,290	87,710	

TABLA XV

Formas y cantidades de manganeso asequibles a las plantas en los suelos estudiados

Resultados en ppm.

Nombre	Manganeso sol. agua	Manganeso de cambio	Manganeso reducido	$\frac{\text{Mn reducido} \times 100}{\text{Mn activo}}$
Ancuya	5,388	14,065	116,727	85,715
Chachagüí	1,738	30,486	1.016,210	96,926
Consacá	8,528	15,026	59,565	71,662
El Peñol	5,737	14,212	62,064	75,675
La Unión	2,620	6,026	50,832	85,483
Linares	6,601	12,410	98,439	83,813
Samaniego	2,300	44,566	261,174	84,785
Sandoná	4,327	8,794	40,484	75,522
San José	4,987	6,010	6,649	37,679
San Pablo	2,462	12,908	39,500	71,988

sol = soluble

reducido = reducible

TABLA XVI

Formas y cantidades de manganeso asequibles a las plantas en los subsuelos estudiados

Resultados en ppm.

Nombre	Manganeso sol. agua	Manganeso de cambio	Manganeso reducido	$\frac{\text{Mn reducido}}{\text{Mn activo}} \times 100$
Ancuya	2,011	8,421	450,576	97,737
Chachagüí	1,404	4,352	40,856	87,651
Consacá	7,294	12,561	72,670	78,540
El Peñol	1,310	2,490	10,228	72,911
La Unión	0,127	5,221	22,668	80,910
Linares	0,809	13,898	130,619	89,879
Samaniego	6,151	22,066	27,014	48,910
Sandoná	3,809	8,434	51,966	80,932
San José	1,160	6,575	433,230	98,246
San Pablo	1,004	5,775	10,923	61,704

Sol= soluble

reducido=reducible

TABLA XVII

Contenido mínimo, promedio y máximo de las diferentes formas de manganeso en los suelos estudiados
Resultados en ppm.

Formas	Mínimo	Promedio	Máximo
Manganeso total	209,620	1.099,679	2.471,007
Manganeso activo	17,646	196,084	1.048,434
Manganeso inerte	150,142	903,596	1.711,224
Manganeso soluble en agua	1,738	4,469	8,528
Manganeso de cambio	6,010	16,450	44,566
Manganeso reducible	6,649	175,164	1.016,210

TABLA XVIII

Contenido mínimo, promedio y máximo de las diferentes formas de manganeso en los subsuelos estudiados
Resultados en ppm.

Formas	Mínimo	Promedio	Máximo
Manganeso total	267,367	1.111,154	2.692,215
Manganeso activo	14,028	136,562	461,008
Manganeso inerte	253,339	974,592	2.251,250
Manganeso soluble en agua	0,127	2,508	7,294
Manganeso de cambio	2,490	8,979	22,066
Manganeso reducible	10,228	125,075	450,576

TABLA XIX

Resumen de las relaciones estadísticas efectuadas

<u>Relaciones</u>	"t" obtenido (.)	"t" requerido	
		a n. 5%	n. 1%
Manganeso total X Manganeso activo	5,518 (++)	2,306	3,355
Manganeso activo X pH	-1,380 N.S.	"	"
Manganeso activo X Arcillas	1,346 N.S.	"	"
Manganeso activo X Materia orgánica	0,851 N.S.	"	"
<u>Subsuelos</u>			
Manganeso total X Manganeso activo	3,290 (+)	2,306	3,355
Manganeso activo X pH	1,772 N.S.	"	"
Manganeso activo X Arcillas	-0,838 N.S.	"	"
Manganeso activo X Materia orgánica	0,817 N.S.	"	"

- (.) : 8 grados de libertad
n. : Nivel
N.S. : No significativo
(+) : Significativo al nivel del 5%
(++) : Significativo al nivel del 1%

Figura 2. Relación entre el manganeso total y el manganeso activo en los suelos estudiados.

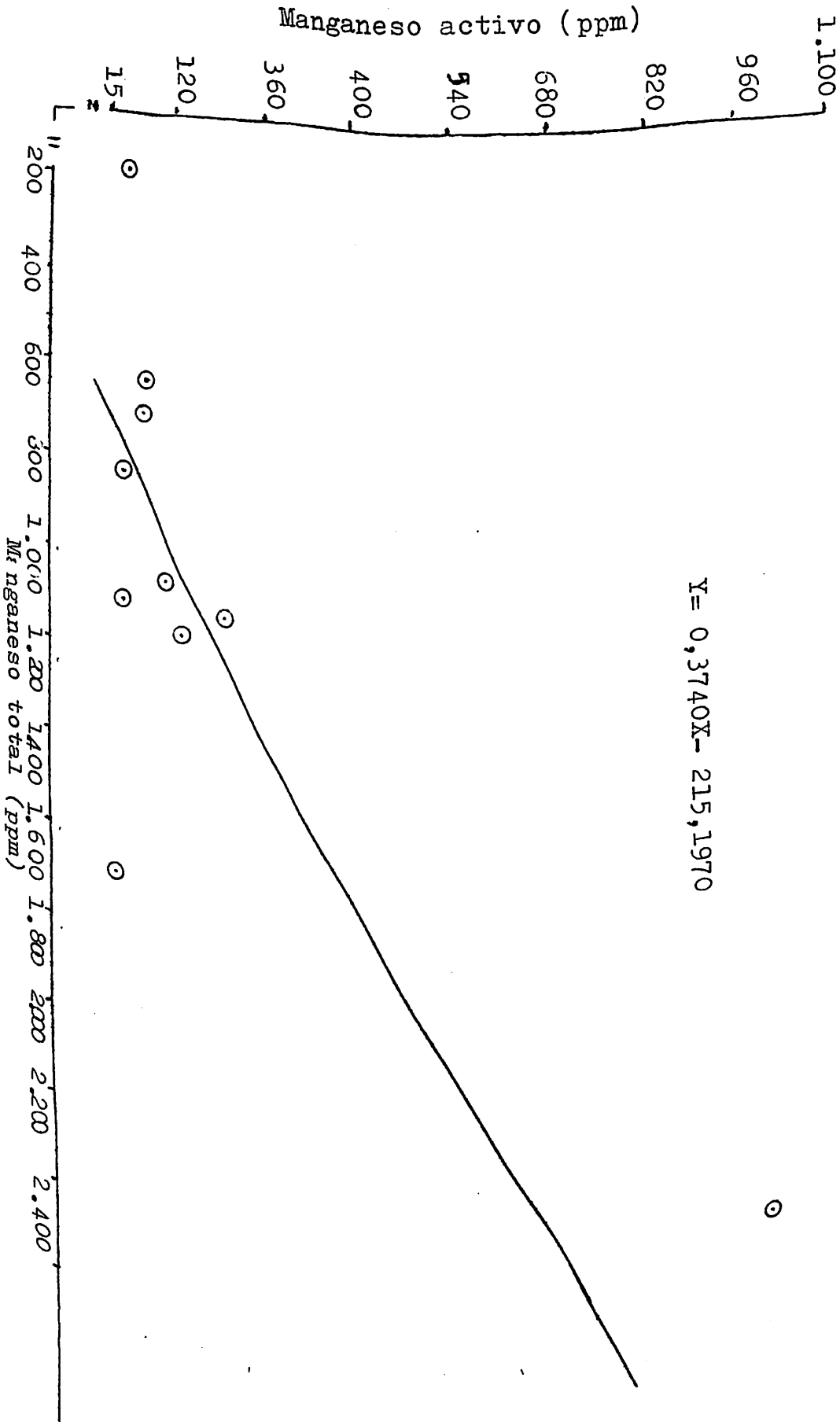


TABLA XX

Relación entre manganeso total (X) y manganeso activo (Y)
en los suelos estudiados

X	Y	XY	\bar{X}^2	\bar{Y}^2
1.156,760	136,180	157.527,577	1.338.093,697	18.544,992
2.471,007	1.048,434	2.590.687,753	6.105.875,594	1.099.213,852
633,550	83,119	52.650,042	401,385,602	6.908,768
709,308	82,013	58.172,477	503.117,838	6.726,132
209,620	59,478	12.467,778	43.940,544	3.537,632
1.056,200	117,450	124.050,690	1.115.558,440	13.794,502
1.115,597	308,040	343.548,499	1.244.556,664	94.888,641
1.100,048	53,605	58.968,073	1.210.105,602	2.873,496
1.728,870	17,646	30.507,640	2.988.991,476	311,381
815,833	54,870	44.764,756	665.583,483	3.010,716

$\Sigma X=10.996,793$ $\Sigma Y=1.960,835$ $\Sigma XY=3.473.455,285$ $\Sigma X^2=15.617.208,940$ $\Sigma Y^2=1.249.810,112$

$Sc(X)=3.524.263,311$ $Sc(Y)=565.322,722$ $Sp(XY)=1.317.165,625$

$a=0,374$ $b=-215,197$ $r=0,754$

"t" obtenido=5,518 (**)
"t" requerido al nivel 5%=2,306
al nivel 1%=3,355

(++)=Significativo al nivel del 1%

Figura 3. Relación entre el manganeso total y el manganeso activo en los subsuelos estudiados.

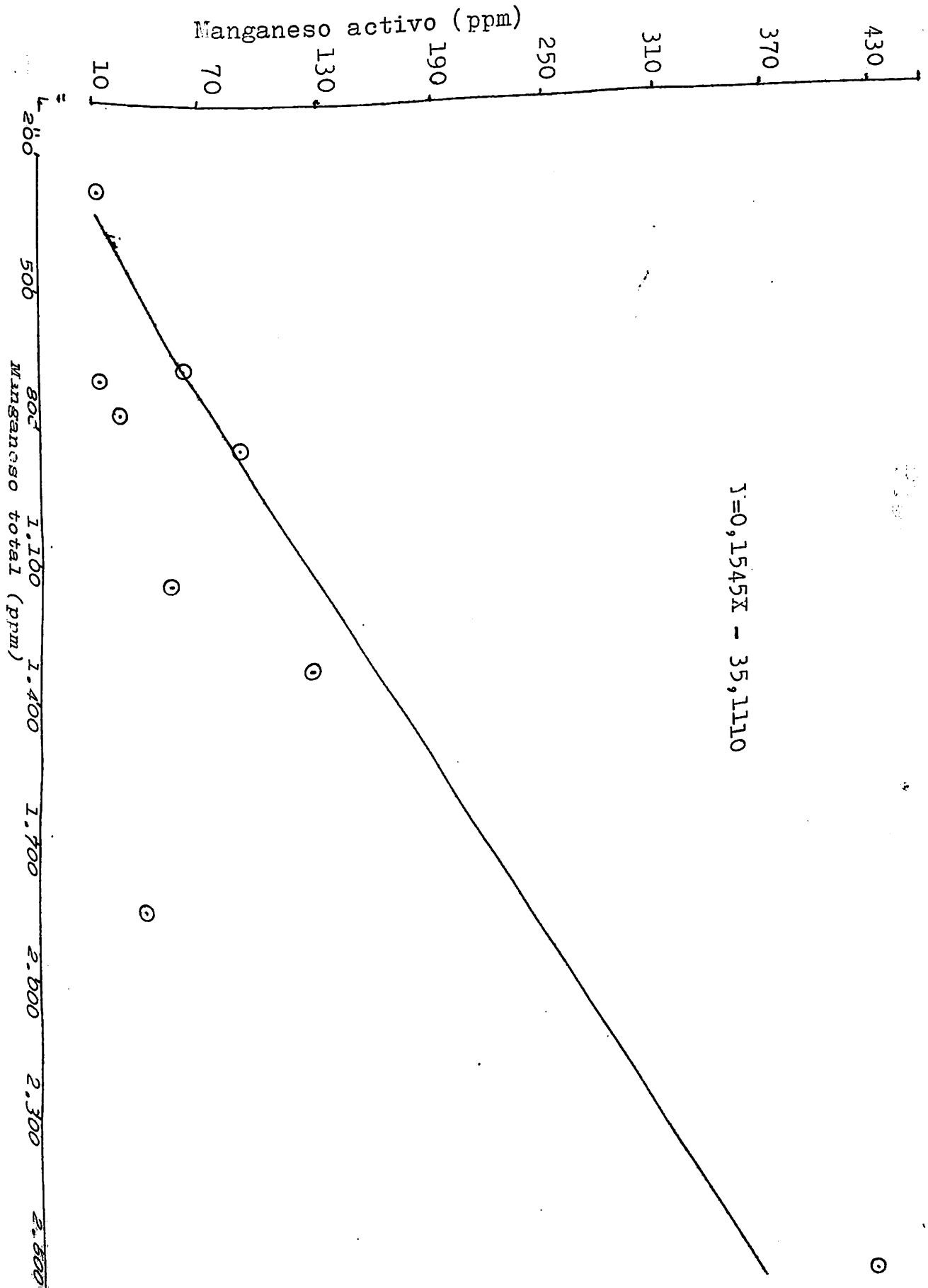


TABLA XXI

Relación entre manganeso total (X) y manganeso activo (Y)
en los subsuelos estudiados

X	Y	XY	X ²	Y ²
1.126,440	461,008	519.297,852	1.268.867,074	212.528,376
1.791,504	46,612	83.505,584	3.209.486,582	2.172,678
805,047	92,525	74.486,973	648.100,672	8.560,876
267,367	14,028	3.750,624	71.485,113	196,785
743,724	28,016	20.836,171	553.125,388	784,896
1.273,810	145,326	185.117,712	1.622.591,916	21.119,646
1.091,298	55,231	60.273,480	1.190.931,325	3.050,463
642,097	64,209	41.228,406	412.288,557	4.122,796
2.692,215	440,965	1.187.172,587	7.248.021,606	194.450,131
678,037	17,702	12.002,611	459.734,173	313,361
$\Sigma X=11.111,539$	$\Sigma Y=1.365,622$	$\Sigma XY=2.187.672,000$	$\Sigma X^2=16.684.632,406$	$\Sigma Y^2=447.300,008$

Sc(X)=4.338.002,511 Sc(Y)=260.877,663 Sp(XY)=670.255,789

a=0,1545 b=- 35,1111 r=0,630

"t" obtenido=3,290 (+) "b" requerido al nivel 5%=2,306 Para 8 G.L.
al nivel 1%=3,355

(+) = Significativo al nivel del 5%

Figura 4. Relación entre el manganeso activo y el pH en los suelos estudiados.

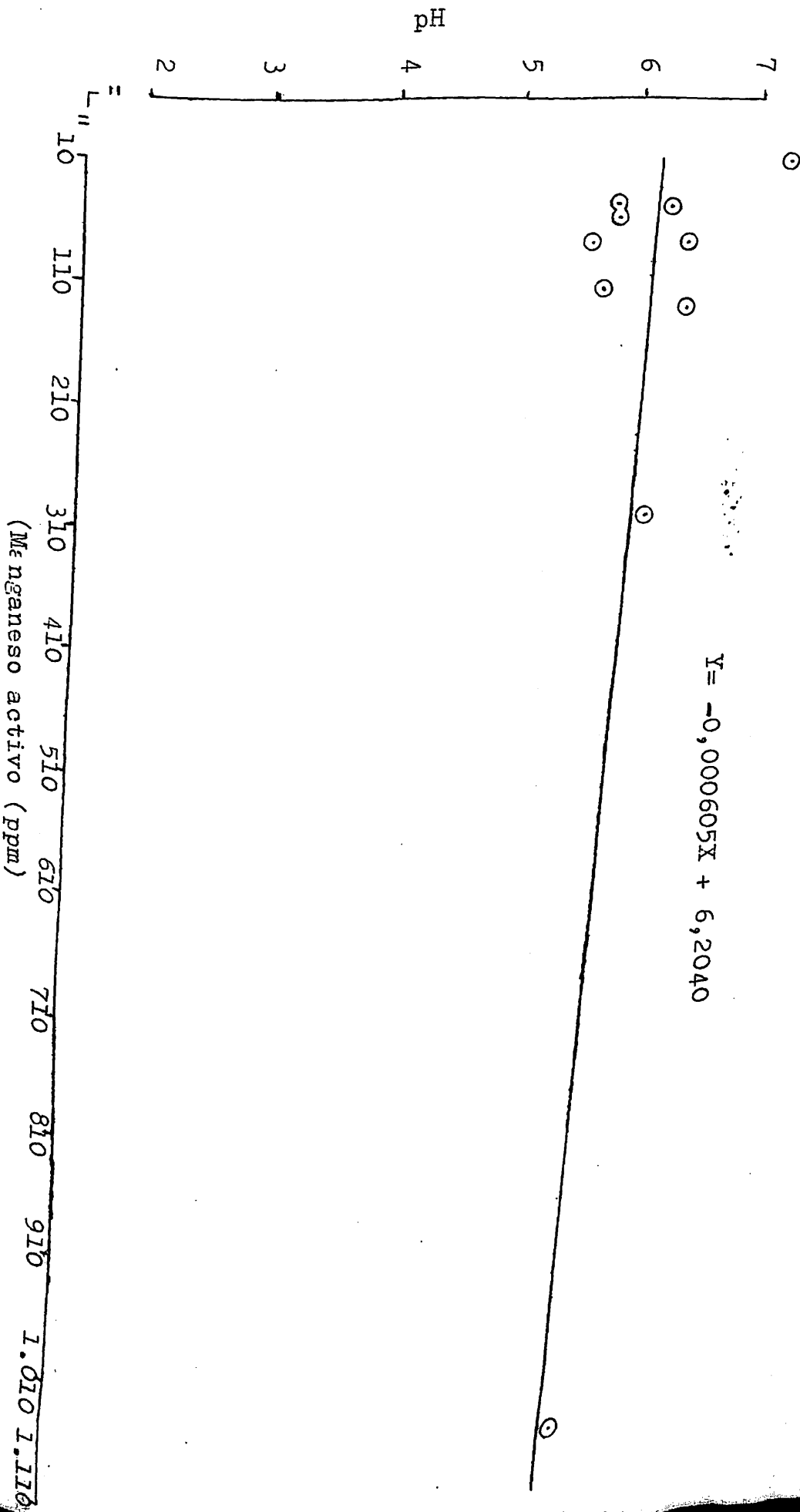


TABLA XXII

Relación entre manganeso activo (X) y pH (Y)
en los suelos estudiados

X	Y	XY	X ²	Y ²
136,180	5,40	871,552	18.544,992	40,96
1.048,434	5,60	5.871,230	1.099.213,852	31,36
83,119	6,40	531,961	6.098,768	40,96
82,013	5,60	459,273	6.725,132	31,36
59,478	5,80	344,972	3.537,632	33,64
117,450	5,70	669,465	13.794,502	32,49
308,040	6,10	1.879,044	94.888,641	37,21
53,605	5,80	310,909	2.873,496	33,64
17,646	7,20	127,051	311,381	51,84
54,870	6,25	342,938	3.010,716	39,06
$\Sigma X=1.960,835$	$\Sigma Y=60,85$	$\Sigma XY=11.408,395$	$\Sigma X^2=1.249.810,112$	$\Sigma Y^2=372,52$

$Sc(X)=865.322,722$ $Sc(Y)=2,240$ $Sp(XY)=-523,286$

$a=-0,000605$ $b=6,204$ $r=-0,375$

"t" obtenido= -1,380 N.S. "t" requerido al nivel 5% =2,306 Para 8 G.L.
al nivel 1% =3,355

N.S. = No significativo

Figura 5. Relación entre el manganeso activo y el pH en los subsuelos estudiados

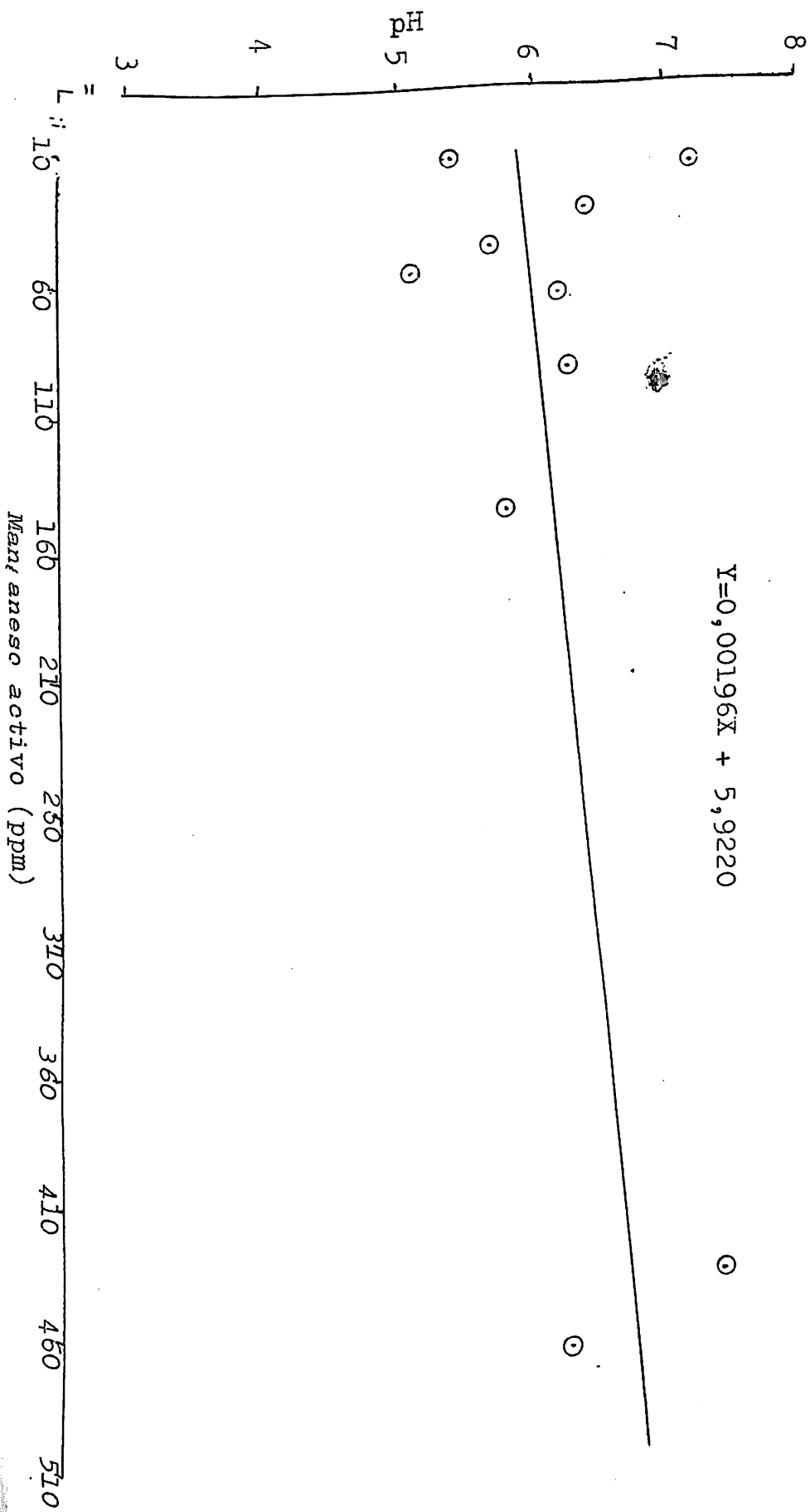


TABLA XXIII

Relación entre manganeso activo (X) y pH (Y)
en los subsuelos estudiados

X	Y	XY	X ²	Y ²
461,008	6,30	2.904,350	212.528,376	39,69
46,612	5,70	265,688	2.172,679	32,49
92,525	6,30	582,908	8.560,876	39,69
14,028	5,40	75,751	196,785	29,16
28,016	6,40	179,302	784,896	40,96
145,326	5,80	842,891	21.119,646	33,64
55,231	5,10	281,678	3.050,463	26,01
64,209	6,20	398,096	4.122,796	38,44
440,965	7,50	3.307,238	194.450,131	56,25
17,702	7,20	127,454	313,361	51,84
$\Sigma X=1.365,622$	$\Sigma Y=61,90$	$\Sigma XY=8.965,356$	$\Sigma X^2=447.300,009$	$\Sigma Y^2=388,17$

$Sc(X)=260.807,664$ $Sc(Y)=5,009$ $Sp(XY)=512,156$

$a=0,00196$ $b=5,922$ $r=0,448$

"t" obtenido=1,772 N.S. "t" requerido al nivel 5%=2,306 Para 8 G.L.

N.S.=No significativo
al nivel 1%=3,355

Figura 6. Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de arcillas en los suelos estudiados.

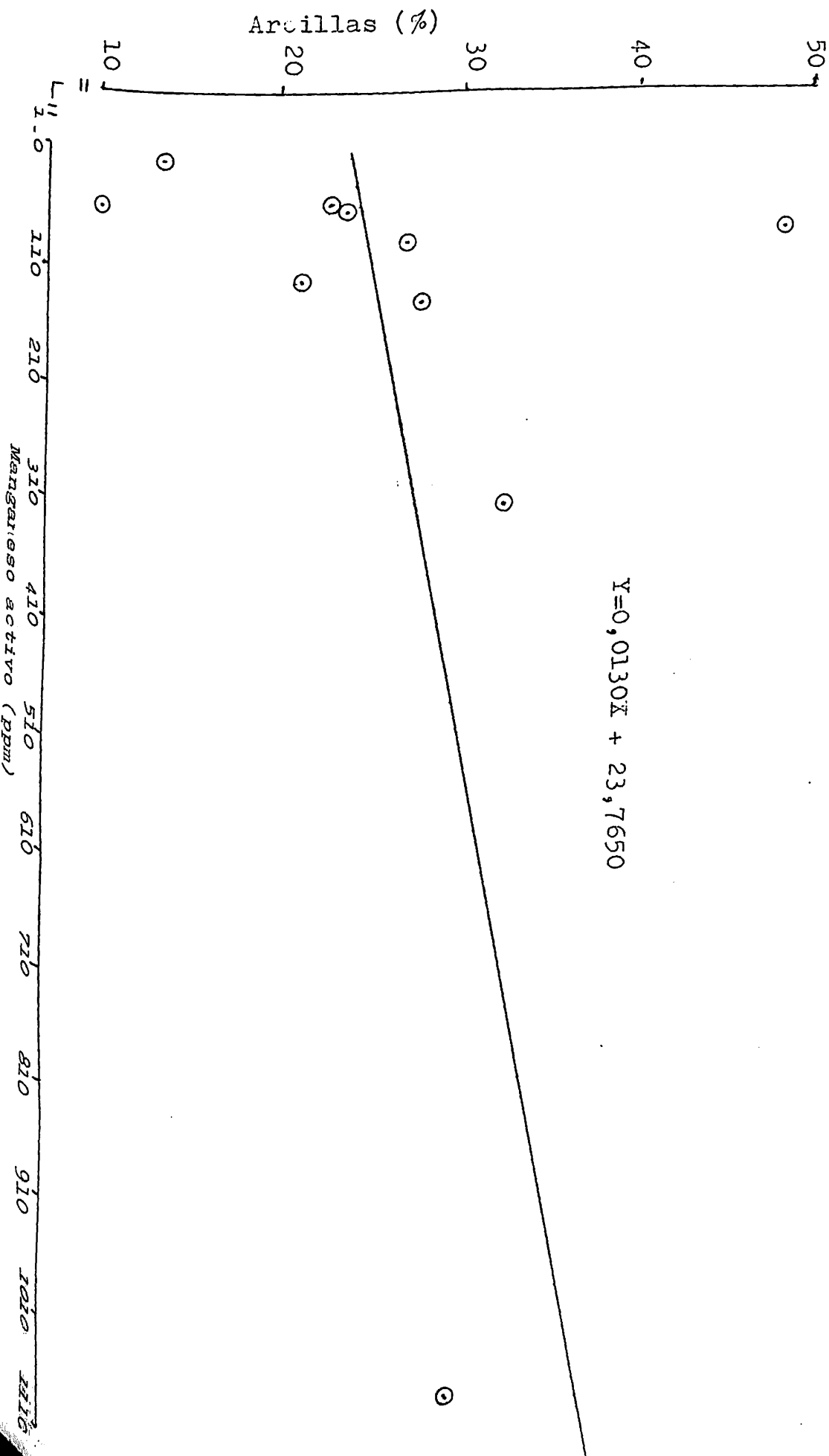


TABLA XXIV

Relación entre manganeso activo (X) y arcillas (Y)
en los suelos estudiados

X	Y	XY	X ²	Y ²
136,180	27,68	3.769,462	18.564,992	766,182
1.048,434	35,04	36.737,127	1.099.213,852	1.227,802
83,119	27,02	2.245,875	6.908,768	730,080
82,013	48,38	3.967,789	6.726,132	2.340,624
59,478	23,70	1.409,629	3.537,632	561,590
117,450	21,38	2.511,081	13.794,502	457,104
308,040	32,70	10.072,908	94.888,641	1.069,290
53,605	23,36	1.252,213	2.873,496	545,690
17,646	13,70	241,750	311,381	187,690
54,870	10,04	550,895	3.010,716	100,802
$\Sigma X=1.960,835$	$\Sigma Y=263,00$	$\Sigma XY=62.758,729$	$\Sigma X^2=1.249.810,112$	$\Sigma Y^2=7.986,954$

$Sc(X)=865.322,722$ $Sc(Y)=1.070,054$ $Sp(XY)=11.188,769$

$a=0,01300$ $b=23,7646$ $r=0,368$

"t" obtenido=1,346 N.S. "t" requerido al nivel 5%=2,306

Para 8 G.L.

al nivel 1%=3,355

N.S.= No significativo

Figura 7. Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de arcillas en los subsuelos estudiados

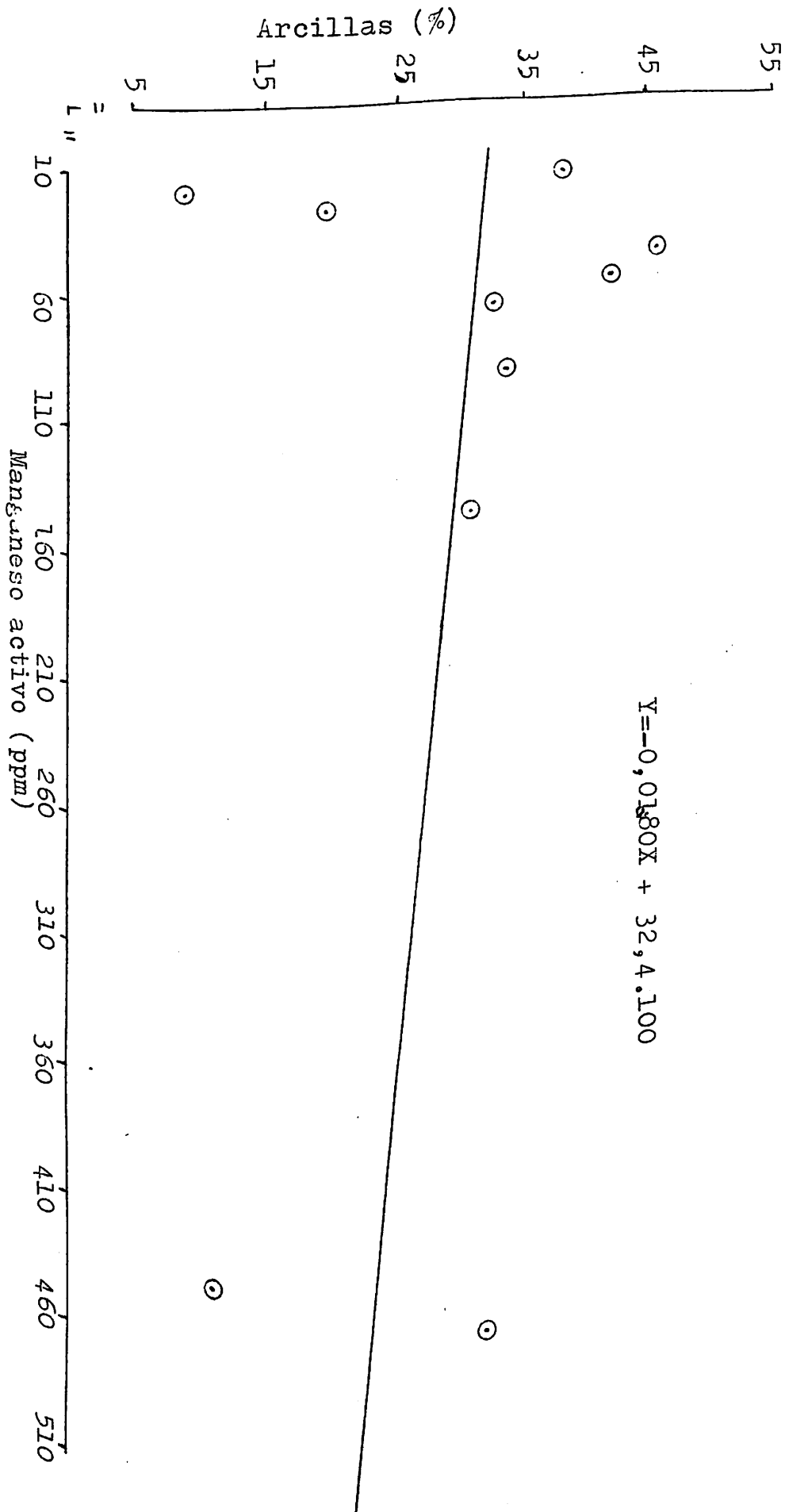


TABLA XXV

Relación entre manganeso activo (X) y arcillas (Y)
en los submuelos estudiados

X	Y	XY	X ²	Y ²
461,000	33,12	15.268,585	212.528,376	1.096,934
46,612	46,04	2.146,016	2.172,679	2.119,682
92,525	34,02	3.147,701	8.560,876	1.157,360
14,028	38,38	538,395	196,785	1.473,024
28,016	19,70	551,915	784,896	388,090
145,326	31,12	4.522,545	21.119,646	968,454
55,231	42,70	2.358,364	3.050,463	1.823,290
64,209	33,12	2.126,602	4.122,796	1.096,934
440,965	12,02	5.300,399	194.450,131	144,480
17,702	9,00	159,318	313,361	81,000
$\Sigma X=1.365,622$	$\Sigma Y=299,22$	$\Sigma XY=36.119,840$	$\Sigma X^2=447.300,009$	$\Sigma Y^2=10.349,248$

$Sc(\bar{X})=260.807,664$ $Sc(Y)=1.995,987$ $Sp(XY)=-4.742,302$

$a=-0,0180$ $b=32,4050$ $r=-0,2485$

"t" obtenido= -0,338 N.S. "t" requerido al nivel 5%=2,306 Para 8 G.L.

al nivel 1%=3,355
N.S. = No significativo

Figura 8. Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de materia orgánica en los suelos estudiados.

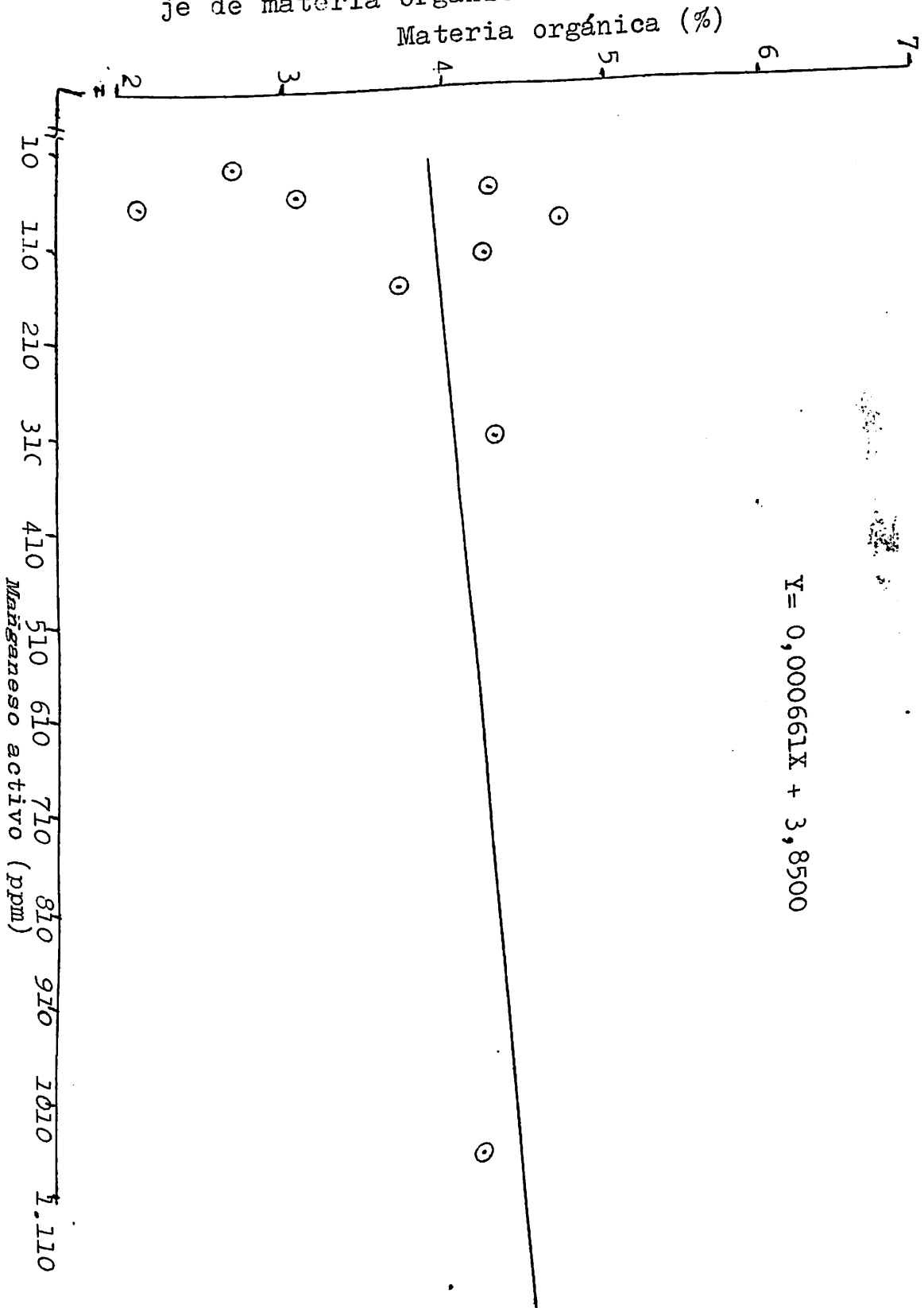


TABLA XXVI

Relación entre manganeso activo (\bar{X}) y materia orgánica (Y) en los suelos estudiados

X	Y	XY	$\frac{X^2}{n}$	$\frac{Y^2}{n}$
136,180	3,62	492,972	18.544,992	13,10
1.048,434	4,33	4.539,719	1.099.213,852	18,75
83,119	5,10	507,026	6.908,768	37,21
82,013	4,72	337,101	6.726,132	22,28
59,478	2,12	126,093	3.537,632	4,49
117,450	4,26	500,337	13.794,502	18,15
308,040	4,38	1.349,215	94.888,641	19,18
53,505	4,36	233,718	2.873.496	19,01
17,646	2,64	46,585	311,381	6,97
54,870	3,17	173,938	3.010,716	10,05
$\Sigma X=1.960,835$	$\Sigma Y=39,70$	$\Sigma XY=8.356,704$	$\Sigma X^2=1.249.810,112$	$\Sigma Y^2=169,19$

$Sc(X)=865.322,722$ $Sc(Y)=11,581$ $Sp(XY)=572,189$

$a=0,000661$ $b=3,850000$ $r=0,181$

"t" obtenido=0,851 N.S. "t" requerido al nivel 5%=2,306

Para 8 G.L.

al nivel 1%=3,355

N.S. = No significativo

Figura 9. Relación entre el manganeso activo y el porcentaje de materia orgánica en los subsuelos estudiados.

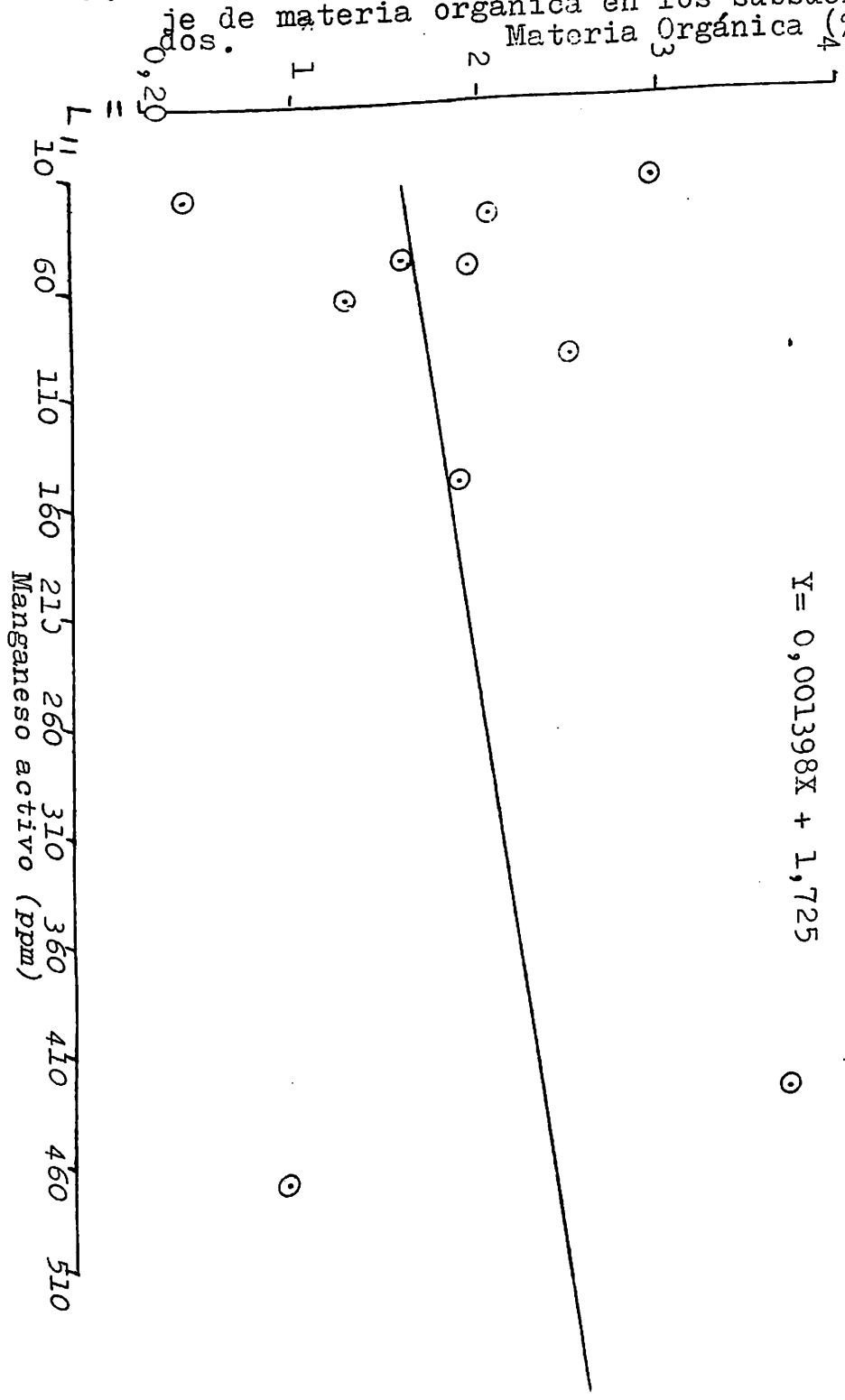


TABLA XXVII

Relación entre manganeso activo (X) y materia orgánica (Y)
en los subsuelos estudiados

X	Y	-Y	X ²	Y ²
461,008	0,98	451,788	212.528,376	9,96
46,612	1,55	72,249	2.172,679	2,40
92,525	2,48	229,462	8.560,876	6,15
14,028	2,93	41,102	196,785	8,58
28,016	2,03	56,872	784,896	4,12
145,326	1,89	275,538	21.119,546	3,59
55,231	1,91	105,491	3.050,463	3,65
64,209	1,26	80,903	4.122,796	1,59
440,965	3,77	1.662,438	194.450,131	14,21
17,702	0,36	5,373	313,361	0,13
$\Sigma X=1.365,622$	$\Sigma Y=19,16$	$\Sigma XY=2.982,216$	$\Sigma X^2=447.300,009$	$\Sigma Y^2=45,38$

Sc(X)=260.807,664 Sc(Y)=8,646 Sp(XY)=364,865

a=0,001399 b=1,725500 r=0,243

"t" obtenido=0,817 N.S. "t" requerido al nivel 5%=2,306

Para 8 G.L.

al nivel 1%=3,355

N.S.= No significativo

V. CONCLUSIONES

1. El contenido promedio de manganeso total (1.099,6 ppm. en suelos y 1.111,1 ppm. en subsuelos) en el área estudiada, es muy similar al promedio mundial (1.000 ppm.)
2. El manganeso activo representó el 17,8% del manganeso total en los suelos y el 12,2% en los subsuelos.
3. Tanto en suelos como en subsuelos los promedios correspondientes al manganeso fácilmente reducible (171,1 ppm. en suelos y 125,0 ppm. en subsuelos), son mucho mayores que los que corresponden al manganeso de cambio (16,4 ppm. en suelos y 8,9 ppm. en subsuelos), y al manganeso soluble en agua (4,4 ppm. en suelos y 2,5 ppm. en subsuelos).
4. Las formas de manganeso total e inerte presentaron cantidades mayores en los subsuelos, mientras que las fracciones de manganeso soluble en agua, de cambio y fácilmente reducible, fueron mayores en los suelos.
5. Se encontró una relación altamente significativa entre el manganeso total y activo en los suelos y significativa en los subsuelos.
6. No se encontró correlación significativa entre:
 - a) Manganeso activo y pH.
 - b) Manganeso activo y porcentaje de arcillas
 - c) Manganeso activo y porcentaje de materia orgánica.
7. Como conclusión final, se puede decir que los contenidos de las distintas fracciones de manganeso encontradas en los suelos nariñenses, son relativamente altas comparadas con los pocos datos que se tienen para otros suelos latinoamericanos.

VI. RESUMEN

La presente investigación se encaminó al estudio de las diferentes formas (total, inerte, fácilmente reducible, de cambio y soluble en agua) de manganeso presentes en los suelos volcánicos correspondientes a las áreas Templada y Subtropical de las vertientes del Guáitara, Juanambú y Mayo, Nariño, S.O. de Colombia.

En promedio se encontró, que el contenido de Mn total era de 1.099,6 ppm. en los suelos y 1.111,1 ppm. en los subsuelos. El Mn-activo representó el 17,8% del Mn-total en los suelos y el 12,2% en los subsuelos. Hubo una correlación significativa entre el Mn-total y el Mn-activo.

No se encontró correlación significativa entre el Mn-activo con el pH, el porcentaje de arcillas y el porcentaje de materia orgánica.

*Manganese forms in the volcanic soils of
Nariño (temperad climate area), Colombia.*

SUMMARY

This investigation was carried out to study the different forms (total, inert, reduced, exchangeable and water soluble) of manganese present in the volcanic soils corresponding to the Temperate and Subtropical areas of - Guáitara, Juanambú and Mayo basins, Nariño, S.W. of Colombia.

On average it was found, that total-Mn content was 1.099,6 ppm. in soils and 1.111,1 ppm. in subsoils. Active-Mn represented 17,8% of total-Mn in soils and 12,2% in subsoils. There was a significant correlation between total-Mn and active-Mn.

No significant correlation was found between active-Mn with pH, clay percentage and organic matter percentage.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Alexander, M. Introduction to soil microbiology. John Wiley & Sons. 472 p. 1965.
2. Anderson, O. B. Manganese. Georgia Agricultural Experiment Stations. University of Georgia. College of Agriculture. bull. 126 : 33-36. 1964.
3. (Anónimo). Chemical methods for the minor elements in plant and soil. Soil Department. New Jersey. Agric. Exp. Station. Arthur Prince. 12-22 pp. (Mimeografo).
4. Bear, E. F. Progress report on research with particular reference to New Jersey soils. Agricultural and Food Chemistry. 2 : 254 p. 1954.
5. . Suelos y fertilizantes. J. Bozal. 2a. ed. Ome ga. Barcelona. 438 p. 1963.
6. Beer, K., Gründler, C., A. Prausse. et al.. 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. Albretch-Thaer-Arch. Jena. 10 : 909-926 pp. 1966. (En Abs. Soil and Fertilizers. 30 : 1639. 1967.
7. Benavides, S. T. Estado del manganeso en suelos de la Sabana de Bogotá. Agustín Godazzi. (Bogotá). 49 p.
8. Bertrand, G. bull. Sci. Pharmacol. 19 : 321-324 pp. 1912.
9. Biswas, T. D. Manganese status of some indian soils. Indian Jour. of Agric. Sci. 21 : 97-107 pp. 1951.

10. Bouyoucus, G.H. A comparison between the pipette method and hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Soil Sci.* 38 : 335-343 pp. 1934.
11. Bremner, J.M. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldhal method. *Jour. Agric. Sci.* 55 : 11-13 pp. 1960.
12. Buckman, H. y N. Brady. Naturaleza y propiedades de los suelos. R. Salord. Uteha. Méjico. 590 p. 1966.
13. Carpena, D., Guillén, M.G. y F. Costa. Deficiencia de manganeso en citrus. *Anal. de Edaf. y Fis. Veg. Madrid.* 17 : 765-766 pp. 1959.
14. Carvajal, J.F., Ramírez, C.A. y C.A. López. Caracterización química de las series de suelo dedicadas al cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. Univ. de Costa Rica. Lab. de Invest. Agronómicas. Informe Anual. San José. 87-91 pp. 1965.
15. Colombia. Atlas. El Departamento de Nariño en el país geológico. Min. del Trabajo. Bogotá. 1959. (Sin paginación).
16. Cox, F. and P. Reid. Manganese status and needs of the southern region. Department of Soil Science Univ. of North Carolina State. Raleigh. Usa. 4 p. 1964.
17. De Groot, A.J. Mobility of trace elements in deltas. Institute of Soil Fertility. Groningen. Netherlands. Internacional Soc. of Soil Sci. Aberdeen. 267-279 pp. 1966.

18. Demolon, M.A. Arriere-action des manganesees et "manganese du soil reductible par l'hydroquinone". Comptes Rendus. Herdomadaires des seances de l'Academie D'Agriculture de France. 37 : 67-69 pp. 1951.
19. Duchaufour, P. Precis de P.dologie. 2me. ed. Masson. Paris. 481 p. 1965.
20. Emerson, F.V. Minerals. Agricultural Geology. 1-5 pp. 1946.
21. Endredy, E. The exchangeable manganese content of soils. Math. Naturw. Arz. ungar. Akad. Wiss. 59 : 290-297 pp. 1940. (En Chemical Abs. 34 : 7052. 1942.
22. Fujimoto, C.K. and G.D. Sherman. Physical treatment and soil manganese. Hawaii Agric. Exp. Station. Biennial Report. 1944-1946. 54-55 pp. 1946.
23. _____ . Behaviour of manganese in the soil and the manganese cycle. Soil Sci. 66 : 131-134 pp. 1948.
24. Gallego, R. y C. Bueno. Contenido y distribución del manganese en suelos del centro y norte de España. Anal. de Edaf. y Fis. Veg. Madrid. 28 : 347-388 pp. 1959.
25. Garey, C.L. and S.A. Barber. Evaluation of certain factors involved in increasing manganese availability with sulfur. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc. 16 : 173-175 pp. 1952.
26. Gavalas, N.A. Manganese toxicity in cultivated plants on soils on Greece. Annls. Inst. Phythopath. Bona-ki. 7 : 133-143 pp. 1966. (En Abs. Soil and Fertilizers. 30 : 2951. 1967.

27. Heintze, S.G. Studies os soil manganese. Journal of - Soil Science. 8 : 287-300 pp. 1957.
28. Ham, J.D. Chemical equilibria and rata of manganese ox*id*ation. Us. Geology. Survey Water-supply paper. 1667 A. 1963.
29. Hemstock, G.A. and P.F.Low. Mechanisms responsible for the retention of manganese in the colloidal frac-tion of soil. Soil Science. 76 : 333-343 pp. 1953.
30. Hodgson, J.F. Chemistry of the micronutrient elements in soils. Adv. in Agr. Acad. Press. New York. 15 : 119-159 pp. 1963.
31. Jackson, M.L. Análisis químico de suelos. J.B.Martínez. Omega. Barcelona. 662 p. 1964.
32. Kawaguchi, K. Sakagami, A. and S.Hashimoto. Journal Soil Science. Manure. Japan. 26 : 355-358 pp. 1956.
33. Leeper, G.W. Relationship of soils to manganese defi-ciency of plants. Nature. 134 : 972-973 pp. 1934. (En Chem. Abs. 29 : 1561. 1934.
34. _____ . Manganese deficiency of cereals. Pot expe-riments and a new hypotesis. Proceedings of the Ro-yal society Victoria. 47 : 225-261 pp. 1935.
35. _____ . Forms and reactions of manganese in the soils. Soil Science. 63 : 79-94 pp. 1947.
36. Leonard, C.D. and I.Stewart. Soil application of man-ganese for citrus. Proceedings of the Florida Sta-te Horticultural Society. 72 : 28-29 pp. 1959.

37. López Ritas, J. y H. Ayala. La deficiencia de manganeso en ajonjolí. Fundación Shell. Cagua. Aragua. Venezuela. 132 : 8 p. 1962.
38. Mattson, E. Electrolysis of the colloidal soil material and the exchangeable bases. Journal of Agriculture Research. 23 : 553-567 pp. 1962.
39. Mc Hargue, J.S. The role of the manganese in agriculture. Soil Sci. 60 : 115-118 pp. 1945.
40. Meek, B.D., Mackenzie, A.J. and L.B. Grass. Effect of organic matter, flooding time and temperature on the dissolution of iron and manganese from soils in situ. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc. 32 : 634-638 pp. 1968.
41. Millikan, C.R. Australian Journal Science Research: 33: 450-473 pp. 1950.
42. Mitchell, B.D., et al.. Amorphous inorganic material in soil. Adv. in Agr. 16 : 327-382 pp. 1964.
43. Mulder, E.G. and F.C. Gerretsen. Soil manganese in relation to plant growth. Adv. in Agr. 4 : 221-227 pp. 1952.
44. Munsell. Soil color chart. Baltimore. Munsell color. (Sin paginación). 1954.
45. Nichols, A.R. and J. Walton. The oxidation of manganese hydroxide. Jour. Amer. Chem. Soc. 64 : 1866-1870 pp. 1942.

46. Peech, M. and T.W. Young. Chemical studies on soils from Florida citrus groves. Florida Agricultural Station bull. 448 : 1-88 pp. 1948.
47. Rankana y Sahama. Geoquímica. Aguilar. Madrid. 1954.
48. Roldán Retana, J. Diferentes formas de manganeso en suelos de la región oriental de la meseta central. Universidad de Costa Rica. (Turrialba). 61 p. 1969. (Tesis no publicada).
49. Schalscha, E. et al.. Trazas de elementos en los suelos derivados de cenizas volcánicas. Agric. Téc. Chile. 28 : 137-143 pp. 1968.
50. Schollenberger, C.J. and M. Simon. Determination of cation exchange properties of soil by ammonium acetate method. Soil Science. 59 : 14 p. 1945.
51. Sherman, G.D. Manganese and soil fertility. Yearbook of Agriculture. Us. Department of Agriculture. 135-139. 1957.
52. _____ and C.K. Fujimoto. The effect of the use of lime, soil fumigants and mulch on the solubility of manganese in Hawaiian soils. Soil Sci. of Amer. Proc. 11 : 206-210 pp. 1946.
53. _____, and P.H. Harmer. The manganous-manganic equilibrium of soils. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc. 7 : 398-405 pp. 1942.
54. _____, Mc Hargue, J.S. and W.S. Hodkiss. Determination of active manganese in soils. Soil Science. 54 : 253-257 pp. 1942b.

55. Steckel, J. . ., Bertramson, B.R. and A.J. Ohlrogge. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc. 13 : 18-111 pp. 1948.
56. Strembjer, G. The exchangeable manganese in Danish soil and its relation to plant growth. International Congress of Soil Science. 3rd. London. Thomas Murby. 198-201 pp. 1935.
57. Stiles, N. Los vestigios de elementos en las plantas y animales. Saeta. Madrid. 1953.
58. Swaine, D.J. The trace elements content of soils. Commonwealth Bureau of Soils Science. Rothamsted. Technical Communication. 48 : 1.955.
59. Tincknell, R.C. y J. López Ritas. Estudio de los suelos venezolanos con fines de diagnóstico. Fundación Shell. Cagua. Aragua. 118 p. 1961.
60. Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. Soil fertility and fertilizers. 2nd. ed. New York. Mc Millan. 694 p. 1966.
61. Totev, T. Liming of leached cinnamon forest soil with and without irrigation. Pochv. Agrok. Sofia. 1 : 257-265 pp. 1966. (En Abs. Soil and Fertilizers. 30 : 2691. 1967.
62. Vavra, J. and Ll.R. Frederick. The effect of sulfur oxidation on availability of manganese. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc. 16 : 141-144 pp. 1952.
63. Vinayak, C.P., Metha, K.M. and S.P. Seth. Manganese status of Rajasthan soils. Soil Science and Plant Nutrition. 13 : 201-205 pp. 1967.

64. Vlamis, J. and D.E. Williams. Iron and manganese relation in rice and barley. *Plant and Soil*. 20 : 221 - 231 pp. 1964.
65. Walkley, A. and I.A. Black. An examination of the Degtjarev method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37 : 29-38 pp. 1934..

T
631.82
C355

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Inventario: 19571

Autor: Jorge Castro Polanco

Formas de manganso en



T
631.82
C355
Ej. 1

19571

Universidad de Nariño
Pasto (Nariño)

19571

Universidad de Nariño
BIBLIOTECA
ALBERTO QUILIANO GUERRERO