

FRACCIONAMIENTO DE LAS DIFERENTES FORMAS DE MANGANESO EN LOS SUELOS
DEL ALTIPLANO DE PASTO

Por

CARLOS VELASCO DE LA ROSA

Tesis de grado presentada como requisito parcial para
optar al título de Ingeniero Agrónomo

Presidentes de Tesis

RICARDO GUERRERO RIASCOS, I.A., M.Sc.

JORGE CASTRO POLANCO, I.A.

887800

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

1.971

T
631.82
V.433

b

A MIT. HANSEN

A ST. ANDERSON

A NEW. DANIELSON

A NEW. ANDERSON

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

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

COPIA
\$600

Requisito: del autor

AGRADECIMIENTOS A :

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

DEDICO :

CARLOS VELASCO DE LA ROSA

AGRADECIMIENTO A :

RICARDO GUERRERO RIASCOS, I.A., M.Sc.

JORGE CASTRO POLANCO, I.A.

ANTONIO ARIAS HERNANDEZ, I.A.

FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA

PERSONAL DE LABORATORIO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA UNIVERSIDAD
DE NARIÑO.

LAS PERSONAS QUE EN UNA U OTRA FORMA CO
LABORARON EN EL DESARROLLO DEL PRESENTE
TRABAJO.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	2
2.1 BREVE RESEÑA HISTORICA	2
2.2 EL MANGANESO EN EL SUELO	2
2.2.1 <u>Contenido.</u>	2
2.2.2 <u>Formas y dinámica.</u>	3
2.2.3 <u>Factores que regulan su aprovechabi-</u> <u>lidad.</u>	7
2.3 EL MANGANESO EN LA PLANTA	10
2.3.1 <u>Funciones.</u>	10
2.3.2 <u>Síntomas de deficiencia y toxicidad.</u>	11
III. MATERIALES Y METODOS	15
3.1 GENERALIDADES DEL AREA	15
3.1.1 <u>Localización</u>	15
3.1.2 <u>Ecología y Climatología.</u>	15
3.1.3 <u>Suelos.</u>	15
3.2 METODOS	16
3.2.1 <u>Manganeso total</u>	16
3.2.2 <u>Manganeso soluble en agua</u>	16
3.2.3 <u>Manganeso de cambio.</u>	17
3.2.4 <u>Manganeso fácilmente reducible</u>	17
3.2.5 <u>Manganeso activo.</u>	18
3.2.6 <u>Manganeso inerte</u>	18
3.2.7 <u>Solución standard.</u>	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	22
4.1 MANGANESO TOTAL	22

	Pág.
4.2 MANGANESO ACTIVO	23
4.2.1 <u>Manganeso fácilmente reducible.</u>	23
4.2.2 <u>Manganeso cambiabile.</u>	24
4.2.3 <u>Manganeso soluble en agua.</u>	25
4.3 MANGANESO INERTE	26
V. CONCLUSIONES	37
VI. RESUMEN.	38
VII. SUMMARY	40
VIII. BIBLIOGRAFIA	42
IX. <u>Características físicas, químicas y biológicas de los manganesos en el ambiente de Puerto Rico.</u>	43
X. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	44
XI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	45
XII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	46
XIII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	47
XIV. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	48
XV. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	49
XVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	50
XVII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	51
XVIII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	52
XIX. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	53
XX. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	54
XXI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	55
XXII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	56
XXIII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	57
XXIV. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	58
XXV. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	59
XXVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	60
XXVII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	61
XXVIII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	62
XXIX. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	63
XXX. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	64
XXXI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	65
XXXII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	66
XXXIII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	67
XXXIV. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	68
XXXV. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	69
XXXVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	70
XXXVII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	71
XXXVIII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	72
XXXIX. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	73
XL. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	74
XLI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	75
XLII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	76
XLIII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	77
XLIV. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	78
XLV. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	79
XLVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	80
XLVII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	81
XLVIII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	82
XLIX. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	83
L. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	84
LI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	85
LII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	86
LIII. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	87
LIV. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	88
LIV. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	89
LVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	90
LVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	91
LVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	92
LVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	93
LVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	94
LVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	95
LVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	96
LVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	97
LVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	98
LVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	99
LVI. <u>Manganeso en el ambiente de Puerto Rico.</u>	100

T A B L A S

		Pág.
TABLA	I. Forma de manganeso en algunos suelos.	13
TABLA	II. Distribución de manganeso en algunos suelos . Resultados en ppm.	14
TABLA	III. Algunas características generales de los sue- los del Altiplano de Pasto...	20
TABLA	IV. Algunas características generales de los sub- suelos del Altiplano de Pasto	21
TABLA	V. Manganeso total, activo e inerte en los sue- los del Altiplano de Pasto. Resultados en ppm.	28
TABLA	VI. Manganeso total, activo e inerte en los sub- suelos del Altiplano de Pasto. Resultados en ppm.	29
TABLA	VII. Manganeso activo en los suelos del Altiplano de Pasto. Resultados en ppm.	30
TABLA	VIII. Contenido de manganeso activo en los subsue- los del Altiplano de Pasto. Resultados en ppm.	31
TABLA	IX. Contenido máximo, promedio y mínimo de las di- ferentes formas del manganeso en los suelos del Altiplano de Pasto. Resultados en ppm.	32
TABLA	X. Contenido máximo, promedio y mínimo de las diferentes formas de manganeso en los sub- suelos del Altiplano de Pasto. Resultados en ppm.	33

TABLA XI. Ecuación de regresión y coeficiente de correlación entre las diferentes formas de manganeso.

Pág.

34

ILUSTRACIONES

Pág.

Figura 1. Localización de los suelos estudiados en el municipio de Pasto.	19
---	----

Figura 2. Contenido máximo, promedio y mínimo de las diferentes formas de manganeso en los suelos del Altiplano de Pasto.	35
---	----

Figura 3. Contenido máximo, promedio y mínimo de las diferentes formas del manganeso en los sub-suelos del Altiplano de Pasto.	36
--	----

FRACCIONAMIENTO DE LAS DIFERENTES FORMAS DE MANGANESO EN LOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO (+)

Por

CARLOS VELASCO DE LA ROSA

I. INTRODUCCION

El manganeso es uno de los elementos esenciales para el desarrollo de la planta. Sin embargo, su estudio ha sido descuidado por parte de los investigadores latinoamericanos; solamente en los últimos años se han realizado algunos estudios, especialmente en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica y en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

El presente trabajo hace parte del programa de investigaciones que viene desarrollando la Sección de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas y pretende evaluar las diferentes fracciones de manganeso en suelos del Altiplano de Pasto.

(+) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Ricardo Guerrero Riascos, I.A., M.Sc. y Jorge Castro Polanco, I.A.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 BREVE RESEÑA HISTORICA

Plinio Cayo P. Segundo, en su libro de "Historia natural", lo reporta con el nombre de "magnes" de donde se denomina actualmente como manganeso. Lo considera como una variedad de mineral magnético de hierro. En 1740 Pott, descubrió que la pirolucita no contiene hierro, 34 años más tarde, Scheele, confirmó esto y demostró que el manganeso se encuentra como constituyente común de rocas y suelos y lo determinó en las cenizas de las plantas. Luego, en el siglo XIX, Shasch, encontró que este no puede reemplazar al hierro en el crecimiento de las plantas; y Bertrand, en sus investigaciones demostró que la deficiencia de manganeso detiene el crecimiento de los vegetales y esto fue comprobado por Mc Hargue (47), quien verificó que el manganeso es esencial en la fisiología de las plantas. Desde entonces, hasta hoy, se han realizado numerosas investigaciones, en las cuales se ha encontrado que enfermedades como la clorosis (en muchos cultivos como el de frijol, remolacha, etc.) está altamente correlacionada con la deficiencia y exceso de manganeso en cantidades tóxicas. Otras investigaciones han demostrado asociaciones entre diferentes clases de suelos y la proporción del manganeso (7, 14, 47).

2.2 EL MANGANESO EN EL SUELO

2.2.1 Contenido

El manganeso constituye el 0,08% de la corteza terrestre, y el 0,02% de la litosfera (7, 21, 69). Goldschmidt, citado por De Santana (18) dice que constituye el 0,09% y que su contenido total en el suelo varía desde trazas hasta un 7%, dependiendo del clima y material

de origen. En los suelos normales se encuentra entre 0,01 y 0,03%. En la capa arable de una hectárea los suelos contienen entre 225 y 11.250 kilos de este elemento (5, 7).

En la Sabana de Bogotá, Benavides (7), encontró un promedio de 259,9 ppm. de manganeso total, 43,88 ppm. de activo, 215,97 ppm. de inerte, 0,43 ppm. de manganeso soluble en agua, 11,65 ppm. de manganeso de cambio y 31,87 ppm. de manganeso fácilmente reducible. Castro (14), en los suelos de clima medio del departamento de Nariño, encontró un promedio de 1.099,6 ppm. de manganeso total, 196,84 ppm. de manganeso activo, con un máximo de 1.048,4 ppm., un mínimo de 17,6 ppm. y para el subsuelo presentó un máximo de 461,0 ppm. y un mínimo de 17,7 ppm. de manganeso activo, 175,17 ppm. de manganeso fácilmente reducible, Roldán (57), en los suelos de la Región Oriental de la Meseta Central en Costa Rica, encontró promedios de 175,0 ppm. de manganeso activo, 11,5 ppm. de cambiable, 176,0 ppm. de fácilmente reducible, DeSantana (18) señala un promedio de 515,6 ppm. de manganeso total, 14,9 ppm. de fácilmente reducible en algunos suelos del Brasil. Swaine, citado por Hodgson (35) expone un promedio mundial de 1.000 ppm. de manganeso total. Labanauskas (40), cita a Vinogradov, quien indica un límite mínimo mundial de 200 ppm. DeSantana (18), cita a Sauchelli quien registra valores de manganeso total que oscilan desde trazas hasta 7.000 ppm., en suelos de diferentes regiones (En las Tablas I y II se pueden observar datos de contenidos de las diferentes formas de manganeso en algunos suelos del mundo).

2.2.2 Formas y dinámica

El manganeso se halla en el suelo formando un sistema manganeso mangánico dinámico, que se expresa en esta ecuación:





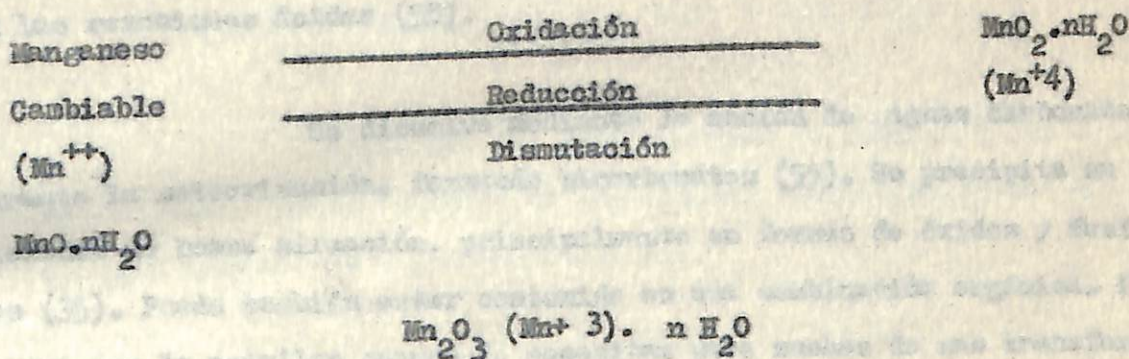
El ión que se encuentra en la fase líquida del suelo es el manganeso soluble en agua, esta forma y la de manganeso de cambio, determinan la cantidad del elemento que puede ser aprovechado por la planta (44). El manganeso total no indica la cantidad aprovechable para la nutrición. El manganeso fácilmente reducible, considerado como el contenido de óxidos manganésicos en los que se incluyen Mn_3O_4 , MnO_2 "fácilmente reducibles", cuando las condiciones son propicias, proporcionan Mn^{++} . Estos óxidos son disueltos por una solución de hidroquinona del 0,2% en acetato de amonio normal y neutro.

Los óxidos que no son disueltos con este tratamiento se los considera como componentes del manganeso inerte (44), esta forma se encuentra inasequible a las plantas (37). El manganeso activo es la suma del soluble en agua, más el de cambio y más el fácilmente reducible (62). Estas tres formas son asequibles a las plantas (37).

El manganeso junto con el hierro y el cobre se halla en estado con más de una valencia. Los cambios de un estado de valencia a otro son producidos en muchos casos por microorganismos y materia orgánica. La oxidación del bivalente (Mn^{++}) a (MnO_2) tetravalente, puede producirse por ciertas bacterias y hongos. Los altos valores del pH favorecen la oxidación, mientras que las condiciones ácidas conducen más frecuentemente a la reducción (11), y favorecen la formación de (MnO_2) y baja la asimilabilidad del manganeso (19).

Aunque solamente se considera útil para las plantas, la forma divalente, estas también pueden aprovechar las otras dos formas (11, 19, 18).

Varios autores presentan el siguiente esquema redox para el manganeso en los suelos:



El manganeso cambiable (Mn^{++}) es asimilable por las plantas, pero está sujeto a la oxidación de los microorganismos a la forma trivalente (Mn_2O_3) o a la tetravalente (MnO_2) que es más insoluble. El (Mn_2O_3) puede cambiarse (dismutación) en (Mn^{++}) y (MnO_2) (11, 19, 26).

Roldán (57), dice que la auto-oxidación del manganeso divalente a tetravalente probablemente será de significancia solamente a pH mayor de 8 y que cuando los suelos son menos alcalinos la oxidación se asume como resultado de la producción de manganeso trivalente.

Todos los suelos alcalinos que contienen más de 100 ppm. de manganeso fácilmente reducible, producen plantas normales, y los que contienen menos de 15 ppm. muestran deficiencia (7, 44).

Un suelo normal y bien aireado tiene el 90% de su manganeso activo como bióxido fácilmente reducible. Sherman y Mc Hargue (62), confirman lo anterior. La cantidad óptima de manganeso de cambio encontrada por Sheiluna y Davis citados por Benavides (7) cae entre 4 y 5 ppm. en suelos intensamente ácidos con pH de 3.4 a 4.0.

El manganeso se solubiliza a potenciales redox bajos, mientras se precipita a potenciales redox altos, dominando en las reacciones neutras o alcalinas la forma manganica y la forma manganosa en las reacciones ácidas (55).

Se disuelve mediante la acción de aguas carbonatadas durante la meteorización, formando bicarbonatos (55). Se precipita en condiciones de buena aireación, principalmente en formas de óxidos y fosfatos (35). Puede también estar contenido en una combinación orgánica. Los organismos lo asimilan cuando lo necesitan para muchas de sus transformaciones microbianas (11). De acuerdo a Alexander (1) y Castro (14), en rangos de pH entre 5,5 y 8,0, intervienen en las transformaciones del manganeso los microorganismos del suelo.

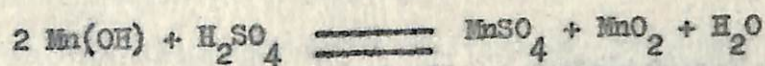
Los compuestos orgánicos en los cuales este oligoelemento está combinado, varían considerablemente, pero incluyen proteínas, aminoácidos, constituyentes del humus y ácidos como el cítrico y tartárico (5, 11).

El manganeso puede existir en el suelo como un complejo de óxido hidratado, $(\text{MnO})_x(\text{MnO}_2)_y$ y $(\text{H}_2\text{O})_z$, cuando pierde el agua de hidratación, pierde la estabilidad, dando lugar a la reacción:

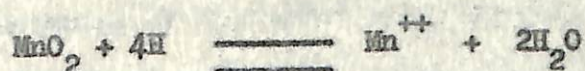


Nichols y Walton confirmaron la existencia de los estados intermedios de oxidación en el suelo, (53). (Mn_3O_4) y (Mn_2O_3) , demostrando que en un medio básico, el hidróxido manganoso se oxidaba para originar bióxido, debido a que el oxígeno adsorbido oscilaba entre 67% y 83% del necesario (14).

En soluciones ácidas los hidróxidos se descomponen de acuerdo a la siguiente ecuación:



Alexander (1) dice que para la obtención del oxígeno molecular como electrón aceptor de las enzimas respiratorias se utiliza el MnO_2 , y presenta la siguiente reacción:



2.2.3 Factores que regulan su aprovechabilidad

Los factores que influyen sobre el estado del manganeso en los suelos son:

a) pH. El manganeso es más soluble y asimilable bajo condiciones ácidas. En suelos muy ácidos existe una abundancia relativa de iones de manganeso y concentraciones tóxicas para la mayoría de las plantas. Es una base fácilmente cambiante en condiciones ácidas, y la acidez favorece su reducción, cuando el pH aumenta el manganeso se oxida (11, 46).

Cuando el pH es alto, hay mayor fijación y en cambio en un medio ácido hay mayor solubilidad (23). La disminución del pH libera manganeso (7). El potencial redox favorece la reducción de la forma manganésica, en condiciones ácidas a la forma manganosa asequible (14, 23, 33, 61).

Cuando el pH es de 4,0 el manganeso es extremadamente

soluble, entre 4,0 y 5,0 se presenta en cantidades tóxicas, que luego desaparecen a medida que aumenta el pH a más de 5,5, el manganeso divalente (Mn^{++}) pasa a trivalente (Mn_2O_3) y a tetravalente (MnO_2) (15, 68).

La adición de álcalis y fertilizantes que dejan residuos básicos también fijan manganeso; en cambio, la adición de fertilizantes con residuos ácidos lo liberan (7).

b) Cambios de temperatura. Cuando la temperatura aumenta el manganeso se solubiliza y se libera (50). La temperatura influye más en la liberación de éste, que la humedad del suelo (52). La esterilización con vapor aumenta la solubilidad del manganeso (7).

c) Cambios de humedad. Cuando hay inundación se solubiliza y se libera, pero cuando ésta desaparece, aún en condiciones húmedas, se fija y cuando las condiciones de sequedad coinciden con altas temperaturas el manganeso vuelve y se libera, debido a la facilidad con que se oxida cuando hay un buen contenido de oxígeno (7, 14, 23, 70).

d) Influencia del encalamiento y de la acidificación. En algunas zonas hortícolas y en general en los suelos excesivamente encalados, se observa deficiencias de manganeso, puesto que el sobre-encalado reduce la cantidad de manganeso aprovechable, a similar o soluble del suelo. Es al mismo tiempo el responsable de todas las enfermedades causadas por la deficiencia de este elemento (2, 5). Harner (31) recomienda adicionar $MnSO_4$ y Bear (5), 57 kilos por hectárea del mismo después de la encalada, con la seguridad de que las plantas darán respuesta a esta aplicación.

En cambio, el manganeso se torna más soluble cuando se

acidifica, aunque se corre el riesgo de que el manganeso se transforme en óxido insoluble dificultando su asequibilidad, o que los suelos ácidos tengan una cantidad menor a 25 ppm. de manganeso como óxido fácilmente reducible, entonces se puede presentar una deficiencia. Según Willis citado por Benavides (7), en los Estados Unidos se ha presentado el dilema de mantener los suelos ácidos, para que puedan suministrar las cantidades de manganeso requeridas por las plantas; o encalar y luego corregir la deficiencia, aplicando fertilizantes con manganeso, con lo que se ha obtenido mejores resultados (7, 14).

e) Otros factores. La adición de cloruros y yoduros libera manganeso, en cambio los bromuros y yoduros fijan el manganeso (7).

Dependiendo de la humedad y buena aireación de los suelos con la adición de fosfatos, el manganeso es fijado algunas veces y otras es liberado, los resultados son contradictorios, cuando hay una buena humedad se libera y se forma el fosfato manganeso, cuando la aireación es buena puede ocurrir una disminución del manganeso libre (7, 14, 35).

La adición de compuestos nitrogenados, especialmente el nitrógeno nítrico, también lo liberan (13, 14, 27).

La mont-morillonita fija el manganeso, y la caolinita lo libera (14, 44). Otras arcillas también lo liberan (14, 60).

La materia orgánica libera manganeso cuando se libera la misma materia orgánica y cuando hay reducción de los ácidos orgánicos, y lo fija cuando hay formación de quelatos (14, 15, 34, 50).

La actividad microbiana desempeña un papel importante

en la fijación del manganeso, ya que los microorganismos intervienen en las transformaciones del mismo. En cuanto al estado de óxido-reducción y acidez, éstos influyen en alto grado y manejan ampliamente la aprovechabilidad de éste, Castro (14) y Vabra (73), anotan que la liberación de éste es mayor cuando la acidez del suelo ha sido producida por la oxidación de azufre del Thiobacillus thiooxidans, que la producida por adición de ácido sulfúrico (7, 52).

2.3 EL MANGANESO EN LA PLANTA

2.3.1 Funciones

El manganeso es fisiológicamente importante en muchas funciones en la planta, especialmente en la formación de la clorofila (30), aumentando el contenido de carotenos en las hojas (12), como también incrementando el contenido de ácido ascórbico en las partes verdes de la planta (46).

Es también importante para el desarrollo del ciclo de Krebs, influye directamente en los procesos de óxido-reducción, tomando parte en la reducción de los nitratos en la planta (2, 39).

Actúa como agente oxidante al convertir el hierro ferroso en férrico, produciendo deficiencia de hierro cuando la oxidación es excesiva. También interviene en diversas reacciones enzimáticas, principalmente en la glicólisis, siendo necesario para el funcionamiento de peptidasa, carboxilasa, y de otras enzimas (2, 26, 24).

Según Gross (30), cantidades de 400 a 500 grs. de manganeso extraídas por las plantas pueden ser ampliamente suficientes para

satisfacer las necesidades de éstas, pero el manganeso del suelo puede estar en forma no asimilable, lo que acusaría una deficiencia de este elemento.

El contenido de manganeso en las plantas varía de 5 a 5.000 ppm. es muy variable y sus cifras muy elevadas en relación a las de otros elementos menores (5, 38, 51).

2.3.2 Síntomas de deficiencia y toxicidad.

La deficiencia de manganeso se manifiesta en las venas verde-oscuras de las hojas más jóvenes y en el oscurecimiento de los tejidos intervenales, también se manifiesta por el achaparramiento en las plantas, la total supresión o disminución en la producción de semilla y la característica peculiar clorótica en el tejido reticular intervenal que puede ser necrótica en condiciones severas. La clorosis es más común en las hojas nuevas, y se generaliza cuando las venas son paralelas, apareciendo unas manchas de color gris (2, 5, 11, 67, 28). De allí el nombre de "mancha gris" (grey spot, grey speck, y dry spot), muy común en la avena, trigo y cebada, aunque en mayor extensión en la avena debido a que es tal vez más sensible a la deficiencia de manganeso. Esta deficiencia es conocida no únicamente como mancha gris, sino también como "mancha fungosa" de las judías, "enfermedad de las rayas" y "pahalla blight" en la caña de azúcar, "enfermedad amarilla" en la espinaca, "Speckled yellow" de la remolacha azucarera, el "marsh spot" en las alverjas y otras leguminosas. El "frenching" en los árboles de tung (tung oil)... Todas estas anomalías son causadas por la deficiencia de manganeso (6, 7, 11, 41).

Como el enanismo, es otro síntoma muy frecuente y notorio cuando hay deficiencia de manganeso, y muchos autores entre ellos Loeper (42), Steembjer (66), han encontrado deficiencia de este elemento

muy frecuente en suelos arenosos, se cree que la enfermedad del cocotero llamada "perroca" es causada por deficiencia de manganeso. (51).

La clorosis y la necrosis no son únicamente síntomas de deficiencia de este elemento, sino también de toxicidad del mismo, al encontrarse en suelos ácidos y en elevadas concentraciones de manganeso a provechable. Otro de los síntomas de toxicidad es el arrugamiento de las hojas (14, 67).

López y Ayala citados por Castro (14), descubrieron que el ajonjolí es deficiente en manganeso cuando se obtiene menos de 45 ppm. en el análisis foliar. Leonard y Stewart citados por el mismo autor, señalan que el nivel de toxicidad en los cítricos se detecta cuando es de 1.000 ppm. aproximadamente. Loew and Sawa (45) encontraron síntomas de toxicidad en la cebada también al nivel de 1.000 ppm. en materia seca.

Asō (4) descubrió una señal de daño en la cebada con 700 ppm. de manganeso en la parte alta de las plantas. Funchess (25) encontró también señales de daño en las plantas causado por manganeso soluble en suelos. Deatrick (17) demostró que tanto el cloruro como el sulfato de manganeso producían toxicidad en el trigo. Rippel (56) experimentando con avena en cultivos húmedos, observó que las sales solubles de manganeso causaban una clorosis en las hojas.

El exceso de nutrientes puede producir deficiencia en otros, por ejemplo el exceso de manganeso puede causar deficiencia de hierro y viceversa (22). Es muy fácil confundir los síntomas de deficiencia de manganeso con los de zinc y hierro (40). Las plantas especialmente sensitivas al exceso del manganeso son entre otras: la alfalfa, repollo, coliflor, los cereales, el clavel, la piña, la papa, frijol, la batata y el tomate (63).

Suelos	Manganeso en ppm.			Autor
	Soluble en agua	Cambiable	Fácilmente redu- cible	
Diferentes suelos hú- medos de Kentucky y Minnesota, USA	Trazas - 0,8	Promedio 3,2	Promedio 114	Promedio 118 Sherman McHargue Hodgkiss
Diferentes suelos hú- medos de Minnesota, Michigan y Texas, USA	—	—	Trazas - 436	— Sherman Harner
Diferentes suelos de Florida secados al aire libre, USA	—	Trazas - 3,4	—	— Peech
Suelo de Bretaña seca do al aire libre	—	1,5	29	— Demolon
Diferentes series de suelos húmedos. India	Trazas - 5,60 Promedio 0,44	4,0 - 11,6 Promedio 7,0	29 - 140 Promedio 72	33 - 152 Promedio 79 Vinayak
Diferentes series de suelos húmedos. India	Trazas - 5,60 Promedio 2,8	4,8 - 57,0 Promedio 23,2	6 - 828 Promedio 118	15 - 891 Promedio 141 Bismas
Diferentes suelos vol- cánicos. Chile	—	0,6 - 2,6 Promedio 1,1	30,4 - 456 Promedio 2	— Schalscha y otros
Diferentes series de suelos húmedos. C.R.	—	0,1 - 19,8 Promedio 3,25	—	— Carvajal Ramírez y López
Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez Guanaacaste. C.R.	—	8	—	— Cordero
Estación Agrícola Ex- perimental Socorrito (Puntarenas) C.R.	—	0,02	—	— Cordero y Carvajal

Tomado de Roldán (57).

DISTRIBUCION DE MANGANESO EN ALGUNOS SUELOS
Manganeso en ppm.

Suelos	Profundidad	Total	Disponible	Extractor	Referencia
Suelos aluvionales de California	0 - 30 30 - 96 96 - 180	540,0 515,0 441,0	— — —	HClO ₄ /H ₂	Bradford
Suelos laterol de Costa Rica	0 - 20	—	3,8	ACONH ₄ pH 7,0	Retana
Suelo aluvional de Costa Rica	0 - 20	—	10,0	ACONH ₄ pH 7,0	Retana
Suelo ácido de Kentucky	0 - 20	—	2,8	ACONH ₄ pH 7,0	Sherman y colaboradores
Suelo arcillo-arenoso de España	0 - 25 25 - 80	25,0 175,0	— —	H ₂ SO ₄ / HNO ₃	Gallego y Fernández
Suelos Forestales de Escocia	6 - 20 33 - 48 60 - 76 90 - 106	— — — —	87,0 15,0 6,0 13,0	Acido - Acético 2,5%	Swaine y Mitchell
Suelos ferralíticos de Angola	0 - 6 6 - 13 13 - 32 32 - 58	300,0 300,0 206,0 200,0	— — — —		Pragoso
Suelo arcilloso del Sudoeste del Pacifico	0 - 15	900,0	—		Wells
Suelo Podzol de Australia	0 - 10	2.670,0	—	HCl 6N	Williams y Moore

Tomado de Desantana (18).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 GENERALIDADES DEL AREA

3.1.1 Localización

El Altiplano de Pasto que corresponde a la región de los suelos estudiados, se encuentra en el Municipio de Pasto (1° 10' Lat. Norte; 77° 18' Long. Oeste) (74) (Véase figura No. 1).

3.1.2 Ecología y Climatología

Zona montañosa de la Cordillera Central del macizo andino, con diferentes clases de pisos y bosques: Piso Montano Bajo - Bosques seco y húmedo; Piso Montano - Bosque húmedo; Piso Subalpino - Monte húmedo; Piso Alpino (8, 20), se encuentra a una altura aproximada de 2500 a 2.900 mts. sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 13°C. a 14°C. y una precipitación anual de 700 a 780 mm. (datos reportados por las Estaciones Meteorológicas de las Granjas Experimentales de Obonuco y Botana).

3.1.3 Suelos

Suelos de origen volcánico, ácidos, con altos contenidos de materia orgánica, carbón orgánico, nitrógeno total, nitrógeno orgánico, potasio intercambiable y bajos niveles de fósforo aprovechable y magnesio intercambiable (20).

En las Tablas III y IV se presentan las características generales de los suelos estudiados, determinados por Rodríguez y Domínguez (20) quienes utilizaron el método de Bouyoucos (9), para la determina-

ción de textura y el de Bremner (10), para determinación de la existencia de nitrógeno en el suelo.

3.2 METODOS

3.2.1 Manganeso total

Se determinó por fusión en un crisol de platino, se pesaron 0,5 gr. de suelo tamizado y se llevó a la mufla, calcinándolo durante media hora para destruir la materia orgánica. Después de enfriar la muestra, se le adicionó carbonato de sodio (NaCO_3) en la proporción 1:4, se fundió por espacio de 15 minutos, se volvió a enfriar y se disolvió en 10 ml. de HCl (1:1) y se llevó a sequedad tratándolo con 10 ml. de HCl (1:9), se filtró y lavó con agua acidulada que contiene 5 ml. de HCl por litro de agua. Se evaporó el filtrado hasta que se formó en el recipiente una costra, se le agregó H_2SO_4 para evaporar el HCl hasta humos blancos y luego volver a disolver el residuo en 60 ml. de agua destilada, luego se agregaron 15 ml. de H_2SO_4 concentrado y 10 ml. de H_3PO_4 (85%). Después se agregaron 3 gr. de KIO_4 (periyodato de potasio), se hirvió durante un minuto, se mantuvo a 90°C . durante 10 minutos. Se enfrió y llevó a volúmen en un balón aforado de 250 ml. con agua destilada, se tomó alícuota y se hizo la lectura en el fotocolorímetro Coleman, se utilizó una longitud de onda de 540 m μ . (Sherman, 61; Willard, 72 y Mc Hargue, 49).

3.2.2 Manganeso soluble en agua

Se pesaron 20 gr. de suelo y se depositaron en un erlenmeyer de 500 ml., luego se agregaron 200 ml. de agua destilada, se agitó durante media hora, se filtró a través de un embudo Buchner. A continuación se llevó el contenido a sequedad, destruyendo la materia orgánica en el mechero Bunsen. Se disolvió en H_2SO_4 (1:4) y se hirvió hasta apari-

ción de humos blancos. Seguidamente, se disolvió el residuo en 60 ml. de agua destilada el mismo método utilizado para la extracción del manganeso total (Sherman, 62; Willard y Greathouse, 72; Mc Hargue, 48).

3.2.3 Manganeso de cambio

El residuo de la misma muestra usada para la extracción del manganeso soluble, se trasladó a otro erlenmeyer de 500 ml. y se le agregaron 200 ml. de $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ^{PH 5.4} 1N y neutro. Se agitó la mezcla durante media hora e intermitentemente por un tiempo de 6 horas.

Se filtró y se evaporó el filtrado hasta sequedad, y se calcinó, el residuo se disolvió en HNO_3 (1:4), adicionando ácido sulfúrico (H_2SO_4) evaporando hasta humos blancos. Luego se procedió como en la determinación del manganeso total y soluble en agua según el método empleado por Sherman, 62; Willard y Greathouse, 72; Mc Hargue, 48.

3.2.4 Manganeso fácilmente reducible

Al residuo procedente de las muestras anteriores (manganeso soluble en agua y de cambio), se agregaron 200 ml. de $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ normal y neutro que contengan 0,2% de hidroquinona. Se agitó a intervalos frecuentes durante 6 horas para asegurar una completa reducción. Se filtró a través del embudo Buchner y al filtrado se le añadió 10 ml. de H_2SO_4 (1:1) y 10 ml. de HNO_3 concentrado. Se evaporó lentamente y se llevó a sequedad. Luego el residuo se disolvió en H_2SO_4 (1:4) calentándolo hasta la aparición de humos blancos.

Nuevamente se disolvió el residuo en 60 ml. de agua destilada como en los métodos anteriores de acuerdo a Sherman, 62; Willard y Greathouse, 72, Mc Hargue, 48; Silva, 65 y Schollenberger, 59).

3.2.5 Manganeso activo

Este se obtuvo por medio de la suma de las cantidades pertenecientes a las tres determinaciones anteriores (manganeso soluble en agua, manganeso de cambio, y manganeso fácilmente reducible), de acuerdo a lo señalado por Sherman, 62; Willard y Greathouse, 72 y Mc Hargue, 48.

3.2.6 Manganeso inerte

Se obtuvo por medio de la diferencia del manganeso total menos el manganeso activo (Sherman, 61; Willard y Greathouse, 72 y Mc Hargue, 49).

3.2.7 Solución standard

La preparación de la solución standard para el manganeso se hizo disolviendo 0,2886 gr. de KMnO_4 en 100 ml. de agua, después se acidificó esta preparación con 1,25 ml. de H_2SO_4 (1:1) y se calentó la solución hasta el punto de ebullición. Una vez enfriada esta solución, se le agregó ácido oxálico (10%) lentamente gota a gota para obtener el color, luego se tomó un mililitro de esta solución equivalente a 0,1 mg. de manganeso y se lo diluyó a un litro (Anónimo, 3).

3.2.5 Manganeso activo

Este se obtuvo por medio de la suma de las cantidades pertenecientes a las tres determinaciones anteriores (manganeso soluble en agua, manganeso de cambio y manganeso fácilmente reducible), de acuerdo a lo señalado por Sherman, 62; Willar y Greathouse, 72 y Mc Hargue, 48.

3.2.6 Manganeso inerte

Se obtuvo por medio de la diferencia del manganeso total menos el manganeso activo (Sherman, 61; Willard y Greathouse, 72 y Mc Hargue, 49).

3.2.7 Solución standard

La preparación de la solución standard para el manganeso se hizo disolviendo 0,2886 gr. de KMnO_4 en 100 ml. de agua, después se acidificó esta preparación con 1,25 ml. de H_2SO_4 (1:1) y se calentó la solución hasta el punto de ebullición. Una vez enfriada esta solución se le agregó ácido oxálico (10%) lentamente gota a gota para obtener el color, luego se tomó un mililitro de esta solución equivalente a 0,1 de manganeso y se lo diluyó a un litro con agua destilada (Anónimo, 3).

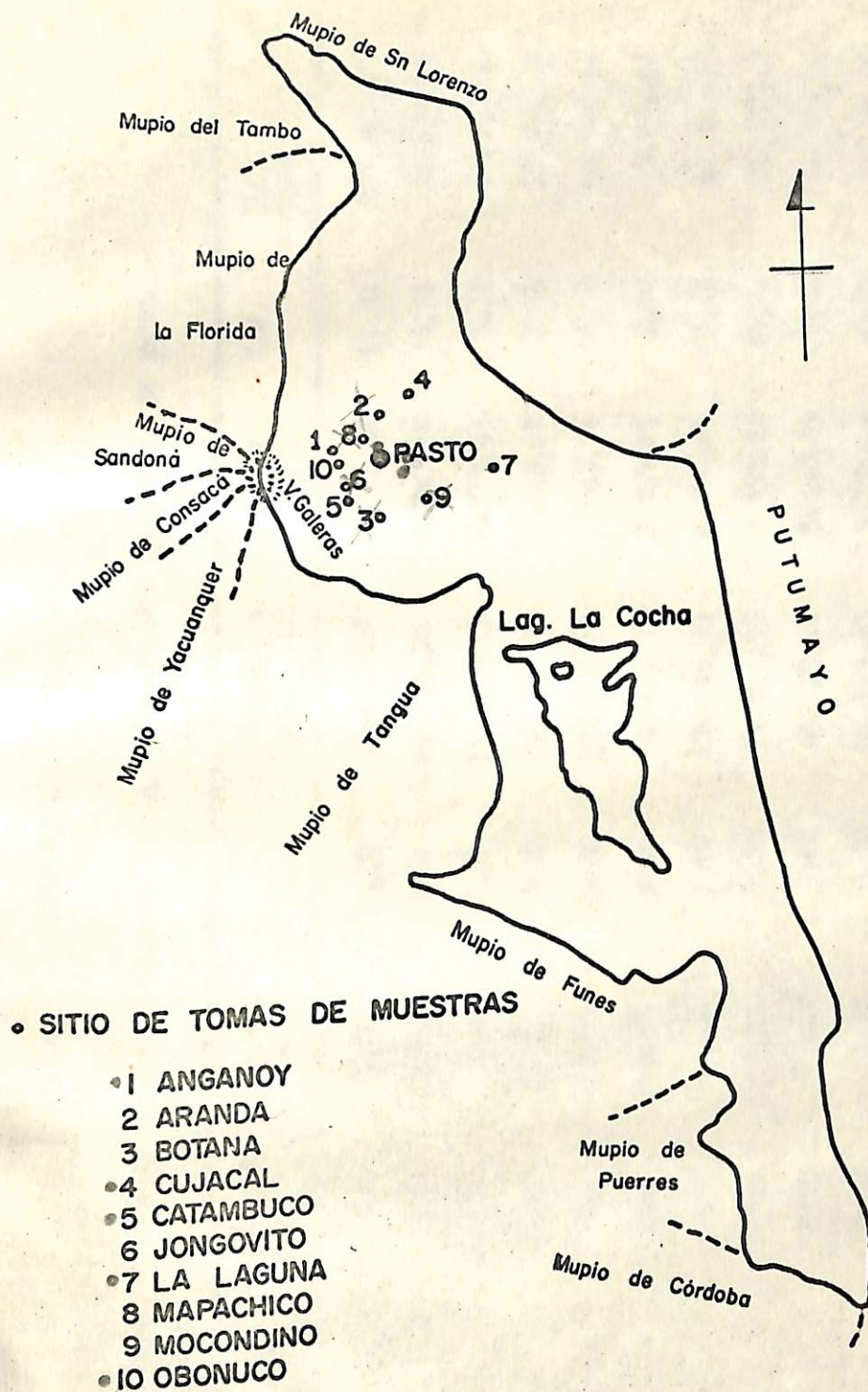


Figura No. 1. Localización de los suelos estudiados en el
Municipio de Pasto.

Tomado de Domínguez y Rodríguez (20).

TABLA III

ALGUNAS CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO

Suelos	Profundidad cms.	Humedad %	pH	C. Orgánico ppm.	N. Total	C/N	M.O. ppm.
ARECANOY	0-45	8,92	5,50	58.163,28	4.062,28	14,32	100.273,49
ARANDA	0-59	6,13	5,50	25.853,26	3.857,19	6,70	44.571,02
BOTANA	0-25	15,31	5,50	35.008,12	4.132,71	8,47	60.354,00
CATAMBUO	0-80	15,56	6,30	39.382,85	4.449,06	8,85	67.896,03
CUJACAL	0-62	11,13	5,70	32.938,93	5.149,76	6,39	56.786,71
JOHCOBITO	0-95	6,17	5,90	11.084,15	3.091,67	3,58	19.109,07
LA LAGUNA	0-74	12,63	5,90	23.381,99	4.068,20	5,75	40.310,55
MAPACHICO	0-65	9,01	5,20	51.801,55	3.693,26	14,02	89.305,87
MCCORDINO	0-92	11,15	5,80	44.548,92	5.446,35	8,18	76.802,34
OBOHUCO	0-30	5,33	5,70	30.587,83	3.716,04	8,23	52.733,42

Tomada de Rodríguez y Domínguez (20).

TABLA IV

ALGUNAS CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUBSUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO

Suelos	Profundidad Cm.	Humedad %	pH	C. Orgánico ppm.	N. Total	C/N	M.O. ppm.
ANCANCO B ₁	45-65	15,65	5,60	10.498,50	3.788,79	2,77	18.099,41
ARANDA	59-X	15,09	6,30	10.772,42	3.335,31	3,23	18.571,65
BOTANA	27-X	21,47	5,70	15.159,46	3.129,07	4,84	26.134,91
CATAMBUO	80-X	15,25	5,70	5.255,40	4.033,75	1,30	9.060,31
CUJACAL	67-X	8,65	6,10	4.954,44	4.365,56	1,13	8.541,45
JONCOBITO	95-X	19,86	6,20	8.173,58	2.970,13	2,75	14.091,25
LA LAGUNA	70-X	30,06	6,20	23.254,73	3.714,51	6,26	40.091,15
MAPACHICO B ₁	65-102	11,27	5,50	5.073,91	3.006,52	1,69	8.747,42
MOGONDINO	92-X	26,31	6,10	24.403,09	3.359,85	7,26	42.070,93
OBOBUO	30-X	3,41	6,60	10.051,45	1.997,88	5,03	17.328,70

Tomada de Rodríguez y Domínguez (20).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas V a X se presentan los resultados obtenidos para las diferentes fracciones de manganeso estudiadas.

4.1 MANGANESO TOTAL

La mayor concentración de manganeso total se registró en el suelo Cujacal (108,35 ppm.) y la menor en el suelo de Obonuco (18,78 ppm). El promedio obtenido fue de 68,61 ppm.

En los subsuelos, la máxima concentración (152,82 ppm.) se presentó en Aranda, la mínima (12,59 ppm.) en Mocondino, para un promedio de (80,67 ppm.).

Los anteriores valores son muchísimo más bajos que los encontrados por Castro (14) en suelos volcánicos de clima medio en el departamento de Nariño (1.99,6 ppm.) y en general inferiores a los valores encontrados por DeSantana (18), en suelos del Brasil y por varios autores en suelos de diferentes regiones del mundo (Cuadro 2).

Por supuesto, el promedio de manganeso total encontrado en los suelos estudiados es cerca de 10 veces menor del promedio mundial (1.000 ppm.) reportado por Hodgson (35).

De esta situación se puede concluir que los suelos estudiados tienen, relativamente, pequeñas concentraciones de manganeso total, pues el promedio encontrado es aún más bajo que el límite mínimo mundial, (200 ppm.) indicado por Vinogradov, citado por Labanauskas (40). De esta manera quedaría rechazada la hipótesis planteada por Castro (14), en el sentido de que los suelos volcánicos tienen altas concentraciones de Mn total.

4.2 MANGANESO ACTIVO

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

El promedio de manganeso activo en los suelos estudiados fue de 4,91 ppm. con un máximo de 16,21 ppm. y un mínimo de 0,67 ppm. En los subsuelos, el promedio fué un poco mayor 10,63 ppm., con un máximo de 29,74 ppm. y un mínimo de 0,63 ppm.

Estos promedios son mucho más bajos que los encontrados por Castro (14), en suelos de clima medio en Nariño (196,84 ppm.) y por Benavides (7), en suelos de la Sabana de Bogotá (43,8 ppm.) y por Roldán (57), en suelos de Costa Rica (181,0 ppm.). Así mismo, los promedios encontrados son notablemente inferiores a los obtenidos por varios autores en diferentes suelos del mundo (Ver Tabla I).

Al establecer la correlación entre el manganeso total y el manganeso activo no se encontró significancia estadística ($P = 0,05$), tanto en suelos como en subsuelos.

Excepción hecha del suelo Obonuco, el manganeso activo solamente representó entre el 2,54% y el 11,54% del manganeso total, en los suelos, y entre el 1,37% y el 37,82% del manganeso total en el subsuelo.

4.2.1 Manganeso fácilmente reducible

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

El manganeso fácilmente reducible tuvo en los suelos, un promedio de 2,73 ppm. con un máximo de 8,18 ppm. y un mínimo de 0,64 ppm. En los subsuelos el promedio fue muy inferior ya que solamente alcanzó 0,38 ppm. con un máximo de 27,86 y un mínimo de trazas.

Comparando los datos anteriores con los obtenidos por Castro (14), (175,17 ppm.), Roldán (57), (176,0 ppm.), Benavides (7), (31,0 ppm.) y por otros autores en diferentes suelos del mundo, se puede concluir que los suelos del Altiplano de Pasto tienen concentraciones muy bajas de esta fracción del manganeso (Ver Tabla I).

De acuerdo al criterio de Leeper (43), quien sostiene que los suelos con menos de 15 ppm. de manganeso fácilmente reducible son deficientes en este elemento para el adecuado desarrollo de la planta, todos los suelos estudiados podrían presentar deficiencias y se justificaría una investigación para clarificar esta afirmación.

Conforme a los resultados en los suelos, el manganeso fácilmente reducible representa entre el 20,12 y el 100% del manganeso activo (Tabla VII).

4.2.2 Manganeso cambiabile

El manganeso cambiabile presentó en los suelos, un promedio de 0,94 ppm., con un máximo de 3,25 ppm. y un mínimo de trazas. En los subsuelos, el promedio fue de 1,85 ppm., con un máximo de 18,07 ppm. y un mínimo de trazas.

Los promedios encontrados para esta fracción son muy inferiores a los encontrados por DeSantana (18), en suelos del Brasil (14,9 ppm.), y por Roldán (57), en suelos de Costa Rica (11,5 ppm.), por Benavides

(7), en suelos de la Sabana de Bogotá (11,6 ppm.), por Castro (14), en suelos de clima medio (16,45 ppm.). Igualmente, son mucho más bajos que los promedios encontrados en los suelos de Estados Unidos, Inglaterra, India, Chile y Escocia, por varios autores (Tablas I y II).

Sin embargo, al comparar los promedios obtenidos con los encontrados por Chamorro y Echeverría (16), en suelos de la Sabana de Táquerres (0,52 ppm.), se encuentra que la concentración de esta fracción es muy similar en los suelos de estas dos regiones.

De nuevo, de acuerdo a los criterios compilados por Labanauskas (40), los contenidos de manganeso cambiabile en los suelos del Altiplano de Pasto, motivo del estudio, podrían indicar la existencia de niveles deficitarios para el adecuado desarrollo de algunos cultivos, especialmente cereales, frutales y hortalizas. A esta misma conclusión llegaron Chamorro y Echeverría (16) sobre los suelos de la Sabana de Táquerres y sugieren que el elevado contenido de materia orgánica en estos suelos podría explicar en parte, los bajos niveles encontrados ya que de acuerdo a Tisdale y Nelson (68), la presencia de grandes cantidades de materia orgánica, en suelos ácidos puede llevar a la aparición de deficiencia de manganeso a causa de la formación de complejos del tipo Mn^{++} -materia orgánica, que son inasequibles por las plantas.

4.2.3 Manganeso soluble en agua

El manganeso soluble en agua presentó, en los suelos, un promedio de 1,24 ppm. con un máximo de 11,59 ppm. y un mínimo de trazas. En los subsuelos el promedio fué de 0,42 ppm. con un máximo de 1,88 y un mínimo de trazas.

De nuevo, la concentración de esta fracción, en los sue



los estudiados resulta mucho más baja que la encontrada en otros suelos de Colombia, Benavides (7), Castro (14).

Los estudios de regresión y correlación (Tabla XI) indicaron que en los suelos, el manganeso total no correlacionó significativamente con ninguna fracción del activo. En los subsuelos, la única correlación significativa fue la detectada entre el manganeso total y el manganeso fácilmente reducible, encontrándose un porcentaje de asociación de 53,2%.

4.3 MANGANESO INERTE

El manganeso inerte presentó, para los suelos una concentración promedia de 63,39 ppm., con un máximo de 107,62 ppm. y un mínimo de 2,38 ppm. En los subsuelos, el promedio fue de 70,04 ppm. el máximo encontrado fué 137,62 ppm. y el mínimo 11,96 ppm.

Al igual que las demás fracciones, el contenido de manganeso inerte en los suelos del Altiplano de Pasto es muy inferior al encontrado en otros suelos de Colombia (Castro, 14, Benavides 7).

La fracción inerte correlacionó muy bien con el manganeso total, tanto en suelos como en subsuelos. Los coeficientes de asociación 64% para el suelo y 77,4% en los subsuelos, demuestran la alta incidencia que tiene la forma inerte sobre la total.

La espectacular diferencia en la concentración de manganeso, en todas sus fracciones, entre los suelos de clima medio de Nariño y los suelos del Altiplano de Pasto, solo se podría explicar sobre la base de la composición del material parental en las dos regiones y sobre los factores

de meteorización presentes en éstos. Posiblemente, el material volcánico que originó los suelos de la región de clima medio, estudiados por Castro (14), es mucho más rico en manganeso que el correspondiente al material que originó los suelos del Altiplano de Pasto. Una meteorización físico-química más drástica presente en el clima medio pudo incidir en esta diferencia.

Por otra parte, de acuerdo a los resultados encontrados por Chamorro y Echeverría (16), el estado del manganeso con concentraciones relativamente bajas, aparentemente es general para el área andina de clima frío, faltando por estudiar el Altiplano de Ipiales.

De todas maneras, se considera de mucho interés llevar a cabo estudios de invernadero para confirmar o descartar la posible deficiencia de manganeso en los suelos estudiados y, por otra parte, para decidir sobre el mejor método de extracción del manganeso disponible.

TABLA V

MANGANESO TOTAL, ACTIVO E INERTE DE LOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO
Resultados en p.p.m.

Nombre	Manganeso Total	Manganeso Activo	Manganeso Inerte	$\frac{\text{Mn Activo}}{\text{Mn Total}} \times 100$
ARANDA	84,91	2,65	82,26	3,12
ANGANOF	59,26	1,51	57,75	2,54
BOTANA	79,69	9,20	67,49	11,54
CATAMBUCO	55,08	5,45	49,62	9,89
GUJACAL	108,35	0,67	107,69	0,618
JONGOBITO	86,25	3,55	82,70	4,11
LA LAGUNA	54,23	2,17	52,06	4,00
MAPACHIGO	89,84	4,54	85,29	5,05
MOCONDINO	49,66	3,18	46,48	6,40
OBONUCO	18,78	16,21	2,58	86,31
	686,05			

TABLA VI

MANGANESO TOTAL, ACTIVO E INERTE EN LOS SUBSUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO
Resultados en p.p.m.

Nombre	Manganeso Total	Manganeso Activo	Manganeso Inerte	$\frac{\text{Mn activo}}{\text{Mn total}} \times 100$
ARANDA	152,82	29,74	123,08	19,46
ANGANAY	82,26	9,47	72,79	11,51
BOTANA	67,16	25,40	41,76	37,82
CATAMBUCO	150,89	13,28	137,62	8,80
CUJACAL	122,23	6,84	115,39	5,59
LA LAGUNA	47,12	0,65	46,47	1,37
JONGOBITO	22,12	3,29	18,84	14,87
MAPACHICO	110,60	14,18	96,42	12,82
MOCONDINO	12,59	0,63	11,96	5,00
OBONUCO	38,86	2,84	36,02	7,30

TABLA VII

MANGANESO ACTIVO EN LOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO

Resultados en p.p.m.

Nombre	Manganeso Sol. agua	Manganeso de cambio	Manganeso reducible	$\frac{\text{Mn reducible}}{\text{Mn activo}} \times 100$
ARANDA	—	—	2,65	100,00
ANGANAY	—	0,11	1,40	92,71
BOTANA	—	1,02	8,18	88,91
CATAMBUCO	0,52	3,25	1,68	30,82
CUJACAL	—	—	0,67	100,00
JONGOBITO	—	0,94	2,61	73,52
LA LAGUNA	—	0,34	1,83	84,33
MAPACHICO	—	1,26	3,28	72,24
MOCONDINO	0,25	2,29	0,64	20,12
OBONUCO	11,59	0,21	4,40	27,10

TABLA VIII

CONTENIDO DE MANGANESO ACTIVO EN LOS SUBSUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO
Resultados en p.p.m.

Nombre	Manganeso Sol. agua	Manganeso de cambio	Manganeso reducible	$\frac{\text{Mn reducible}}{\text{Mn activo}} \times 100$
ARANDA	1,88	—	27,86	93,63
ANGANOY	0,74	0,11	8,63	91,13
BOTANA	—	18,07	7,33	28,85
CATAMBUCO	0,55	0,11	12,62	95,03
CUJACAL	0,76	—	6,08	88,88
LA LAGUNA	—	—	0,65	100,00
JONCOBITO	—	—	3,29	100,00
MAPACHICO	—	—	14,18	100,00
MOCONDINO	0,25	—	0,38	60,31
OBONUCO	—	0,22	2,22	78,16

TABLA IX

CONTENIDO MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS DIFERENTES FORMAS DEL MANGANESE EN LOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO

Resultados en p.p.m.

Formas	Máximo	Mínimo	Promedio
Manganeso total	108,35	18,78	68,61
Manganeso activo	16,21	0,67	4,91
Manganeso inerte	107,62	2,58	63,39
Manganeso soluble en agua	11,59	—	1,24
Manganeso cambiabile	3,25	—	0,94
Manganeso facilmente reducible	8,18	0,64	2,73

TABLA X

CONTENIDO MAXIMO, MINIMO Y PROMEDIO DE LAS DIFERENTES FORMAS DE MANGA-
NESO EN LOS SUBSUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO
Resultados en p.p.m.

Formas	Máximo	Mínimo	Promedio
Manganeso total	152,82	12,59	80,67
Manganeso activo	29,74	0,63	10,63
Manganeso inerte	137,62	11,96	70,04
Manganeso soluble en agua	1,88	—	0,42
Manganeso de cambio	18,07	—	1,85
Manganeso fácilmente reducible	27,86	—	0,38

TABLA XI

ECUACION DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE LAS DIFERENTES FORMAS DE MANGANESO

Horizonte	VARIABLES		ECUACION DE REGRESION	r	R ²
	X	Y			
Suelo	Mn total	Mn Cambiable	$Y = 1,63 - 0,01X$	-0,24 N.S.	
"	Mn total	Mn fácilmente reducible	$Y = 3,11 - 0,0056X$	-0,059 N.S.	
"	Mn total	Mn activo	$Y = 12,22 - 0,11X$	-0,54 N.S.	
"	Mn total	Mn Inerte	$Y = -5,54 + 1,01X$	0,80 ⁺⁺	64%
"	Mn cambiabile	Mn fácilmente reducible	$Y = 2,93 - 0,21X$	-0,09 N.S.	
Subsuelo	Mn total	Mn fácilmente reducible	$Y = -2,17 + 0,13X$	0,73 ⁺⁺	53,2%
"	Mn total	Mn Activo	$Y = 0,14 + 0,13X$	0,59 ⁺⁺	34,8%
"	Mn total	Mn Inerte	$Y = -0,15 + 0,87X$	0,88 ⁺⁺	77,4%

+ Significativo al 5%

++ Significativo al 1%

N.S. No significativo

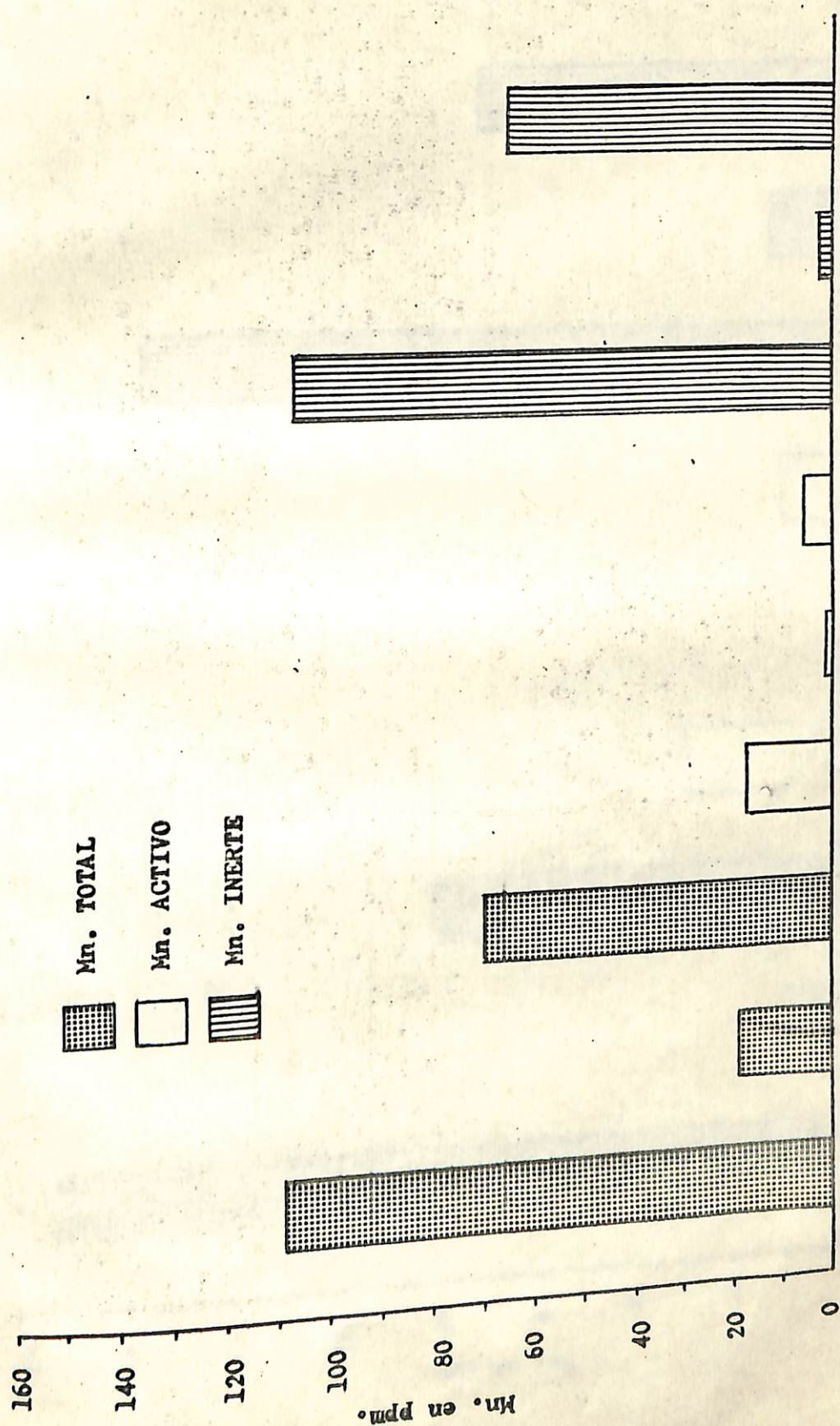


Figura No. 2. Contenido máximo, mínimo y promedio de las diferentes formas del manganeso en los suelos del Altiplano de Pasto.

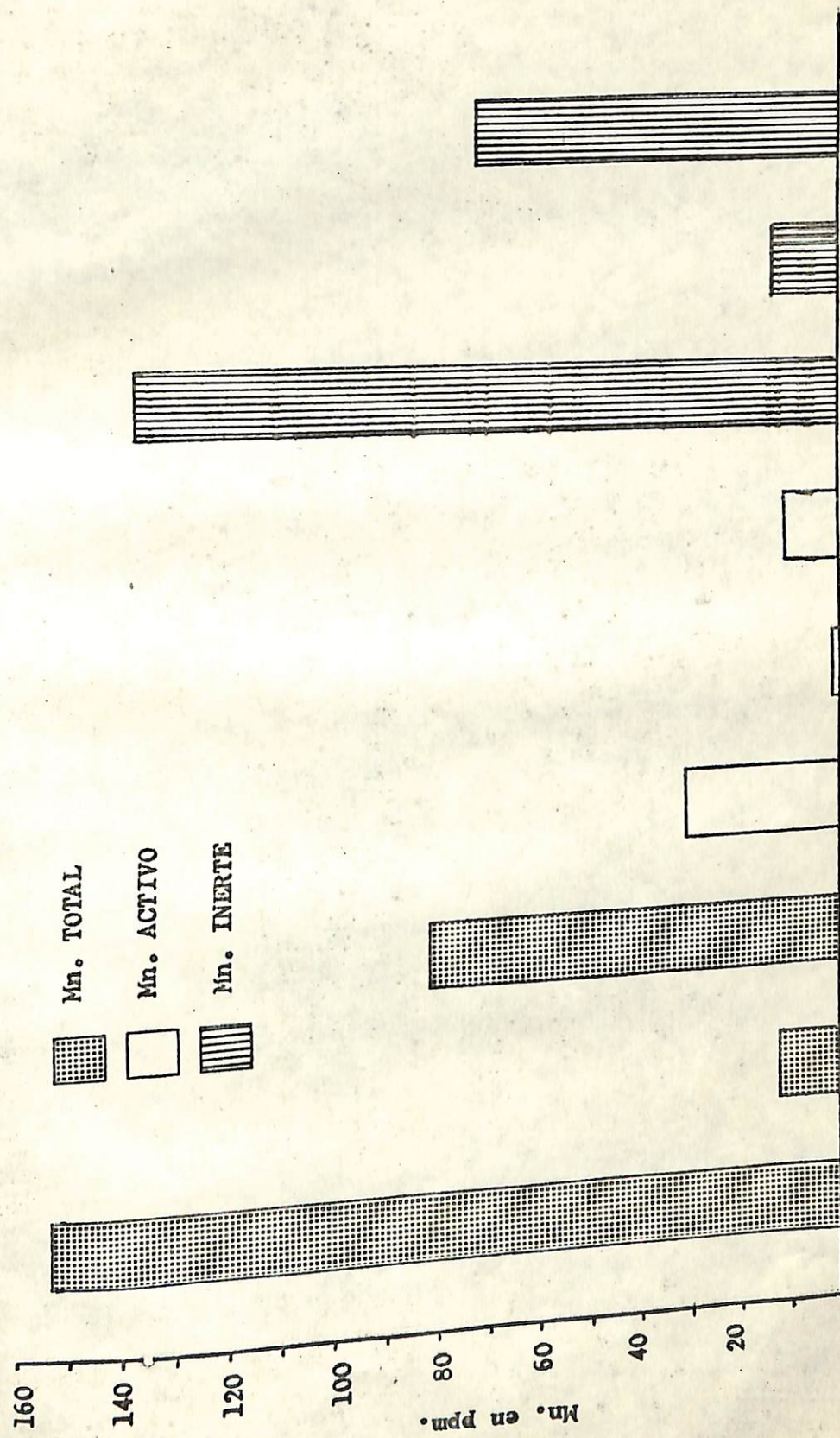


Figura No. 3. Contenido máximo, mínimo y promedio de las diferentes formas del manganeso en los subsuelos del Altiplano de Pasto.

V. CONCLUSIONES

1. El contenido promedio de manganeso total (68,61 ppm.), en los suelos estudiados, resultó acentuadamente inferior al promedio mundial (1.000 ppm.) y a los valores encontrados por los investigadores en diferentes suelos del mundo.
2. Se rechaza la hipótesis de que los suelos volcánicos presentan elevados contenidos de manganeso total.
3. Las fracciones del manganeso activo (fácilmente reducible, intercambiable y soluble en agua) presentaron también valores muy inferiores a los reportados por la literatura.
4. De acuerdo a los niveles críticos de manganeso intercambiable y manganeso fácilmente reducible, podría esperarse una deficiencia de este elemento para algunos cultivos, especialmente cereales.
5. La diferencia entre los contenidos de manganeso, en todas sus fracciones, del Altiplano de Pasto y de la zona de clima medio, solo podría explicarse con base en la composición del material parental y sus procesos de meteorización.
6. Se recomienda llevar a cabo experimentos de laboratorio e invernadero, para confirmar una posible deficiencia de manganeso y para decidir sobre el mejor método de extracción del manganeso aprovechable.

VI. RESUMEN

En suelos del Altiplano de Pasto, situado entre 2.600 y 2.900 m. s.n.m., con una temperatura promedio anual de 14°C. y una precipitación entre 700 y 780 mm. por año, se determinaron las diferentes formas de manganeso:

- a) Manganeso total.
- b) Manganeso activo.
 - Manganeso fácilmente reducible.
 - Manganeso intercambiable.
 - Manganeso soluble en agua.
- c) Manganeso inerte.

Los resultados indicaron que:

El contenido promedio de manganeso total (68,61 ppm.), en los suelos estudiados, resultó acentuadamente inferior al promedio mundial (1.000 ppm.) y a los valores encontrados por los investigadores en diferentes suelos del mundo.

Por lo anterior se rechaza la hipótesis de que los suelos volcánicos presentan elevados contenidos de manganeso total. ?

Las fracciones del manganeso activo (fácilmente reducible, intercambiable y soluble en agua) presentaron también valores muy inferiores a los reportados por la literatura. De acuerdo a los niveles críticos de manganeso intercambiable y manganeso fácilmente reducible, podría esperarse una deficiencia de este elemento para algunos cultivos, especialmente co-

reales y hortalizas.

La tremenda diferencia entre los contenidos de manganeso, en todas sus fracciones, del Altiplano de Pasto y de la zona de clima medio, solo podría explicarse con base en la composición del material parental y en sus procesos de meteorización.

Con base en los resultados anteriores, se recomienda llevar a cabo experimentos de laboratorio e invernadero, para confirmar una posible deficiencia de manganeso y para decidir sobre el mejor método de extracción del manganeso aprovechable.

a) Total manganese.

The results indicated that:

The average contents of total manganese (0.015%) in the studied soils, resulted somewhat lower to the world's average (0.020%).

All this means, that it is in respect to the hypothesis about relatively low manganese high contents of total manganese.

The fractions of active manganese (highly reduced manganese, organic manganese, and soluble in water) presented also values very inferior to the ones reported by the literature, according to the critical levels of extractable manganese and easily reduced manganese. It would be stated that a deficiency of this element for some crop specially sensitive and rapid.

The tremendous difference between the contents of manganese in all its fractions, of the high plateau of Pasto and of the zone of middle altitude, is due to the composition of the parent

VII. SUMMARY

In the soils of the High Plateau of Pasto, which lies between 2600 and 2900 meters above sea level., with an average temperature of 14°C , and a precipitation between 700 and 780 mm. per year, the different forms of manganese determined were:

- a) Total manganese
- b) Active manganese
 - Easily reduced manganese
 - Exchangeable manganese
 - Water soluble manganese
- c) Inert manganese.

The results indicated that:

The average contents of total manganese (68,61 ppm.) in the studied soils, resulted accentuate it lower to the world's average (1.000 ppm.) and the values founded by the investigators in different soils of the world.

All this means, that it is reject the hypothesis about volcanic soils presenting high contents of total manganese.

The fractions of active manganese (Easily reduced manganese, exchangeable manganese, and soluble in water) presented also values very inferior to the ones reported by the literature. According to the eritic levels of exchangeable manganese and easily reduced manganese, it could be expect it a deficiency of this element for some crops specially cereals and vegetables.

The tremendous difference between the contents of manganese, in all its fractions, of the High plateau of Pasto and of the zone of middle climate, could only be explain it on base in the composition of the parental

material, and its process of meteorization.

On base to the earlier results, it is recommend to carry out experiments of laboratory and Hot house, to confirm a possible deficiency of manganese and to decide which is the best method to extract the available manganese.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. Jehn Wiley & Sons. 472p. 1965.
2. ANDERSON, E. Manganese. Georgia Agricultural Experiment Stations. University of Georgia. College of Agriculture. bull. 126. 1964.
3. (ANONIMO). Chemical methods for the minor elements in plants and soil. Soil Department. New Jersey. Agric. Exp. Station. Arthur Prince. 12-22pp. (Mimeógrafo).
4. ASO, K. 1902-3. The physiological influence of manganese compounds on plants. Imp. Univ. (Tokyo) Coll. Agr. Bull. 5:177-185.
5. BEAR, E.F. Progress report on research with particular reference to New Jersey soils. Agricultural and Food Chemistry. 2:254p. 1954.
6. _____. Suelos y fertilizantes. J. Bozal. 2a. ed. Omega, Barcelona. 438p. 1963.
7. BENAVIDES, S.T. Estado del manganeso en suelos de la Sabana de Bogotá. Agustín Codazzi. (Bogotá). 49p. s.f.
8. BLASCO, M. Características químicas de los suelos volcánicos de Nariño, Colombia. In Panel sobre Suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA-FAO. Turrialba, Costa Rica. B-8:1-10. 1969.
9. BOUYOUCOS, G.H. Acomparison between the pippet method and hydrometer

- method for making mechanical analysis of soil. Soil Sci. 38: 335-343p. 1934.
10. BRENNER, J.M. Determination of nitrogen in soil by the Kjendhal method. Jour. Agric. Sci. 55:11-13p. 1960.
 11. BUCKMAN, H. y N. BRADY. Naturaleza y propiedades de los suelos. R. Salord. Uteha. Méjico. 590p. 1966.
 12. BURGER, A. Química médica. Versión de Vicente Villard Palasi. Madrid, Aguilar. 1954.
 13. CARPENA, D., M.G. GUILLON y F. COSTA. Deficiencia de manganeso en citrus. Anl. de Edaf. y Fis. Veg. Madrid. 17:765-766p. 1959.
 14. CASTRO, J.D. Formas de manganeso en suelos de clima medio en el departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Tesis no publicada. 68p. 1969.
 15. COX, F. and P. REID. Manganese status and needs of the southern region. Department of Soil Science Univ. of North Carolina State. Raleigh. USA. 4p. 1964.
 16. CHAMORRO, B. y C. ECHEVERRÍA. Determinación de elementos menores Al, Bo, Cu, Co, Fe, Mn y Zn intercambiables en suelos de la Sabana de Tíqueres, Depto. de Nariño. Tesis de Grado. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. (no publicada). Pasto. 1971.
 17. DEATRICK, E.P. The effect of manganese compounds on soils and plants. New York (Cornell). Agr. Expt. Sta. Memoir. 12:365-402. 1919.

18. DE SANTANA, C.J. Formas totales y disponibles de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno en suelos de la región cacaotera de Bahía, Brasil. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica. 86p. 1971.
19. DION, H.G. P.G.J. MAUIR and S.G. HEINSTE. Three-valent manganese in soils. Jour. Agron. Sci. 36:329-245. 1946.
20. DOMINGUEZ, G. y C.H. RODRIGUEZ. Estudio sobre algunos aspectos del azufre en el Altiplano de Pasto. Universidad de Mariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. Tesis no publicada. 17p. 1971.
21. EMERSON, F.V. Minerals. Agricultural Geology. 1-5pp. 1946.
22. ERKAMA, J. 1950. The effect of copper and manganese on the iron status of higher plants. In: Trace elements in plant physiology, p.53-62. Frans Verdoorn, Ed. Pub. by the Chronica Botanica Company, Waltham, Massachusetts. 1950.
23. FUJIMOTO, C.K. and D.G. SHERMAN. Physical treatment and soil manganese. Hawaii Agric. Exp. Station. Biennial Report. 54-55p. 1946.
24. _____, y D.G. SHERMAN. Behavior of manganese in the soil and the manganese cycle. Soil Sci. 66:131-134p. 1948.
25. FUNCHESS, M.J. The development of soluble manganese in acid soils, as influenced by certain nitrogenous fertilizers. Alabama Polytech. Inst. Agr. Expt. Sta. Bull. 201:37-78. 1918.

26. GALLEGO, R. y C. BUENO. Contenido y distribución del manganeso en suelos del centro y norte de España. Anal de Edafología y Fisiología. Madrid. 28:347-388p. 1959.
27. GAREY, C.L. and S.A. BARBER. Evaluation of certain factors involved increasing manganese availability with sulfur. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 16:173-175p. 1952.
28. _____ . A "deficiency disease": the chlorosis. Soil Sci. 26:27-31. 1928. (Res. en Bibliogr. of the literature on the minor elements. 1:1316. 1948).
29. GONZALEZ, N. Manual de laboratorio de Suelos. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía, Palmira. (mimeografiado) p. irr. s.f.
30. GROSS, A. Abonos, guía práctica de la fertilidad. 4a. ed. Trad. R. Claquisga. Mundi Prensa. Madrid. 545p. 1967.
31. BARBER, P.M. y D.G. SHERMAN. The effect of manganese sulfate on several crops growing on organic soils when applied in solution as a stream or spray on the crops. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 8:334-340. 1943.
32. HEINTZE, S.G. Studies of soil manganese. Journal of Soil Science. 8:287-300p. 1957.
33. HEM, J.D. Chemical equilibria and rate of manganese oxidation. US. Geology. Survey Water-Supply paper. 1667 A. 1963.
34. HENSTROCK, G.A. and P.F. LOW. Mechanisms responsible for the retention

tion of manganese in the colloidal fraction of soil. Science.
76:333-343p. 1953.

35. HODGSON, J.F. Chemistry of the micronutrient elements in soils. Adv.
in Agr. Acad. Press. New York. 15:119-159p. 1963.

36. HOPKINS, E.F. V. PEGAN and F.J. RAMIREZ-SILVA. Iron and manganese
in relation to plants growth and its importance in Puerto Rico.
Jour. of Agriculture of the University of Puerto Rico. 28:43-101.
1944. (Res. en Exp. Sta. Record. 23:555).

37. JACKSON, M.L. Analisis químico de suelos. J.B. Martínez. Omega,
Barcelona. 662p. 1964.

38. JONES, L.H.P. and G.W. LEEPER. The availability of various manganese
oxides to plants. Plant and soil. 3:141-153p. fig. 13. 1951.

39. _____ . Available manganese oxides in neutral
and alkaline soils. Plant and Soil. 3:154-159. 1951.

40. LABANAUSKAS, C.K., E.E. JONES and T.W. HEBLETON. Field studies on in
terrelationships of micronutrients and nitrogen in leaf tissue
when applied as foliar sprays on citrus. In: Plant analysis and
fertilizers problems. W. Reuther, Ed. Pub. by Amer. Inst. Biol.
Sci., Washington, D.C. 244-256p. 1961.

41. LEE, H.A. and J.S. MC HARGUE. The effect of manganese deficiency on
the sugar-cane plant and its relationship to pahalla blight on su
gar-cane. Phytopath. 18:775-786. 1928. (Res. en Exp. Sta. Re-
cord 66:748).

42. LEEPER, G.W. Relationship of soils to manganese deficiency of plants. *Nature*. 134:972-973p. 1934. (In Chem. Abs. 29:15-61. 1934).
43. _____. Manganese deficiency of cereals. Pot experiments and a new hypothesis. *Proceedings of the Royal Society Victoria*. 47: 225-261p. 1935.
44. _____. Forms and reactions of manganese in the soils. *Soil Science*. 63:79-94p. 1947.
45. LOEW, O., and S. SAWA. The action of manganese compounds on plants. *Imp. Univ. (Tokyo). Coll Agr. Bull* 5:161-172p. 1903.
46. MATTSON, E.D. Electrolysis of the colloidal soil material and exchangeable bases. *Journal of Agriculture Research*. 23:553-567p. 1962.
47. MC HARGUE, J.S. Association of manganese with the called vitamins, *Science*. 58:186p. 1923. (Res. on Bibliogr. of the literature on the minor elements. 1:1366. 1948).
48. _____. The role of manganese in plants. *Jour. Amer. Chem. Soc.* 44:1592-1598. 1922.
49. _____. The role of the manganese in agriculture. *Soil Sci.* 60:115-118. 1945.
50. MEER, B.D., J.A. MACKENZIE and L.B. BRASS. Effect of organic matter, flooding time and temperature on the dissolution of iron and manganese.

nese from soils in situ. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc. 32. p. irr.
s.f.

51. MESA BERNAL, D. La enfermedad del cocotero denominada "hoja pequeña" o "Porroca". Colombia. Ministerio de Agricultura. Publicación miscelánea. 1:1-15. 1952.
52. MULDER, E.G. and P.C. GERRETSEN. Soil manganese in relation to plants. growth. Adv. in Agr. 4:221-227p. 1952.
53. NICHOLLS, A.R. and J. WALTON. The oxidation of manganese hydroxide. Jour. Amer. Chem. Soc. 64:1866-1870p. 1942.
54. PURKISS, E.R. y O.W. DAVISON. Review of the relation of calcium to availability and absorption of certain trace elements by plants. Soil Sci. 65:111-116. 1948.
55. RANKANA y SAHANA. Geoquímica. Aguilar, Madrid. 1954.
56. RIPPEL, A. 1923. Ueber durch Mangan verursachte Eisenchlorose bei grünen pflanzen. Biochem. Zeitschr. 140:315-323.
57. ROLDAN, J.A. Diferentes formas de manganeso en suelos de la región oriental de la Meseta Central. Univ. Costa Rica. Fac. Cienc. y Let. Dep. Química. 61p. 1969.
58. SAIZ DEL RIO, J. y E. BORNEMISZA. Análisis químico de suelos. Métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica. IICA. 107p. 1961.
59. SCHOLLEMBERGER, J.C. and M. SIMON. Determination of cation exchange

properties of soil by ammonium acetate method. Soil Sci. 59:
14p. s.f.

60. SHERMAN, F.D. Manganese and soil fertility. Yearbook of Agriculture. US. Department of Agriculture. 135-139p. 1957.
61. _____, and P.H. HARMER. The mananous-manganic equilibrium of soils. Soil. Sci. Soc. of Amer. Proc. 7:398-405p. 1942.
62. _____, J.S. Mc HARGUE and W.S. HODKISS. Determination of active manganese in soils. Soil Sci. 54:253-257p. 1942.
63. _____, 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. 11:206-210p. 1946.
64. _____, J.S. Mc HARGUE and W.S. HODKISS. The production of a lime induced chlorosis on an eroded Kentucky soil Jour-Amer. Soc. Agron. 34:1076-1083. 194 2a. (Res. en Chem. Abst. 37:995p.). 1942.
65. SILVA, F. et al. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. 2a. ed. Corr. y aum. Inst. Geogr. Agustín Codazzi. Bogotá. Depto. Agrológico. 138p. 1963.
66. STEENBJER, G. The exchangeable manganese in Danish soil and its relation to plant growth. International Congress of Soil Science. 3rd. London. Thomas Murby. 198-201p. 1935.
67. TINKELL, R.C. y J. LOPEZ RITAS. Estudio de los suelos venezolanos con fines de diagnóstico. Fundación Shell. Cagua, Aragua. 118p.

68. TISDALE, S.L. and W.L. NELSON. Soil fertility and fertilizers. 2nd. ed. New York. McMillan. 694p. 1966.
69. TOTH, S.J. Manganese status of some New Jersey soils. Soil Sci. 71:467-472. 1951.
70. VLAMIS, J. and D.E. WILLIAMS. Iron and manganese relation in rice and barley. Plant and Soil. 20:221-231p. 1964.
71. WALKLEY, A. and I.A. BLACK. An examination of the Degtjarev method for determing soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37:29-38p. 1934.
72. WILLARD, H. and H. GREATHOUSE. The colorimetric determination of manganese by oxidation with periodato. Jour Amer. Chem. Soc. 39:2366-2377. 1917.
73. VAVRA, J. and L.L.R. FREDERICK. The effect of sulfur oxidation on availability of manganese. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc. 16:141-144p. 1952.
74. ZAMBRANO, D.H., L. ERASO y W. NICHOLLS. Atlas agrológico del Departamento de Nariño. Tesis de grado. (no publicada). ITA, Universidad de Nariño. Pasto. 257p. 1969.



T- E-631.82 V433		No. 08768 Velasco de la Rosa, Carlos. Fraccionamiento de...
		VENCE
NOMBRE	Alba Cecilia Gonzalez Agronomo	
No. del Carnet	00116/14	

T- 631.82 V433.-	inv/008768
------------------------	---------------------

X

X
e

8768