

ELEMENTOS MICRONUTRIENTES EN ALGUNOS SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCANICAS DE CHILE Y COLOMBIA

JOSUE QUINTERO Q.

R E S U M E N

Se ha realizado un estudio de los micronutrientes: Hierro, Manganeso, Cinc y Cobre en algunos suelos chilenos y colombianos derivados de cenizas volcánicas. Se determinaron los contenidos totales y las cantidades extraíbles por varias soluciones-reativos.

De acuerdo con los resultados se puede suponer que no se presentarían deficiencias de Hierro, Cinc y Cobre en los suelos estudiados, pero si habría problemas por posibles deficiencias de Manganeso.

S U M M A R Y

The micronutrient status of some volcanic ash soils of Chile and Colombia were studied. Total and extractable contents of Iron, Manganese, Zinc and Copper were determined.

The results obtained point to a potential Manganese deficiency in these soils. Iron, Zinc and Copper availabilities seem to be adequate.

I N T R O D U C C I O N

La importancia de los micronutrientes minerales en el desarrollo de los vegetales está ampliamente demostrada y ha recibido considerable atención en los últimos años.

Estos elementos juegan un papel primordial en la fisiolo-

siología de las plantas actuando usualmente como parte de un sistema enzimático. En este aspecto hay enzimas en las cuales un metal específico es un componente integral y otras enzimas para las cuales uno ó más metales sirven como un activador (14).

Debido a la importante función biológica que desempeñan los micronutrientes, la deficiencia de uno de ellos provoca trastornos en la fisiología de las plantas, afectando sus rendimientos.

En forma general los suelos contienen cantidades apreciables de micronutrientes esenciales en diferentes estados de combinación, pero no siempre hay cantidades suficientes de estos elementos en forma "disponible" para las plantas.

El contenido total de micronutrientes en los suelos tiene relación en gran medida con el material parental, mientras que los contenidos de micronutrientes "disponibles" dependen mucho de factores físicos, químicos y microbiológicos, tales como humedad, pH, textura, materia orgánica, etc.

Son escasas las publicaciones que se refieren a los niveles de micronutrientes en suelos derivados de cenizas volcánicas y dada la importancia agrícola que tienen estos suelos, tanto en Chile como en Colombia, se ha estimado de utilidad realizar un estudio de los micronutrientes hierro, manganeso, cinc y cobre en algunos de ellos. Con este fin se han determinado los contenidos totales de ellos y las cantidades extraíbles por varias soluciones-reactivos. Esto último con el objeto de poder contribuir así a la selección de métodos de diagnóstico de la "disponibilidad" de estos micronutrientes.

Material y Métodos. -

En el presente estudio se utilizaron cinco suelos: tres suelos chilenos y dos colombianos.

ARRAYAN

Ubicación : Provincia de Bio-Bío

Material de origen : Limos y arenas andesíticas y basálticas

Profundidades : 0 - 25 cm Textura franca
25 - 50 cm Textura franco-limosa

COLLIPULLI

Ubicación : Ocupa un área que se extiende desde la Provincia de Talca hasta el norte de la Provincia de Cautín.

Material de origen : Conglomerado volcánico, altamente descompuesto andesítico y basáltico.

Profundidades : 0 - 25 cm Textura arcillo-limosa
25 - 50 cm Textura arcillosa

OSORNO

Ubicación : Provincia de Osorno

Material de origen : Cenizas volcánicas recientes.

Profundidades : 0 - 25 cm Textura franco-arenosa muy fina.
25 - 50 cm Textura franco-arenosa fina.

SUELOS COLOMBIANOS (6)

CALDAS

Ubicación : Municipio de Palestina Departamento de Caldas.

Material de origen : Cenizas volcánicas

Profundidades : 0 - 9 cm Textura franco-arenosa
9 - 22 cm Textura franco-arenosa
22 - 67 cm Textura franco-arenosa

BOYACA

Ubicación : Municipio El Cocuy- Departamento de Boyacá

Material de origen : Esquistos arcillosos muy meteorizados.
(Se sospechan cenizas volcánicas)

Profundidades : 0 - 35 cm Textura franca
35 - 95 cm Textura franco-arcillosa
95 - 150 cm Textura arcillosa

Preparación de las muestras

Los suelos chilenos se pasaron por tamiz No.10, sin secarlos previamente (11); los suelos colombianos se recibieron tamizados y secos al aire.

Separadamente se determinó la humedad de cada suelo para así poder expresar los resultados sobre suelo seco a 105°C .

Todos los reactivos fueron de grado "pro-análisis" y el material volumétrico de clase "A".

Todas las extracciones y determinaciones se efectuaron en duplicado, informándose el promedio obtenido.

Elementos Totales

Los contenidos totales de hierro, aluminio, manganeso, cinc y cobre fueron determinados en el producto de la fusión con carbonato de sodio según el procedimiento descrito por Jackson (7).

Elementos "Disponibles"

- a) Extraíbles con solución de EDTA 0.05 M, pH 9.0 siguiendo el procedimiento descrito por Viro (16).
- b) Extraíbles con HCl 0.1 N, según el método recomendado por

Tuckner y Kurtz (15) para cinc "disponible". En el presente estudio se utilizó este método para la determinación de cinc, cobre y hierro.

- c) Extraíbles con Acetato de amonio 1 N, pH 7.0 según Black y Call (1). Para el manganeso fácilmente reducible se utiliza el mismo procedimiento, pero en este caso se usa acetato de amonio con hidroquinona al 0.2% (1).

Una vez obtenidos los extractos, fue necesario destruir la materia orgánica, lo cual se hizo por oxidación mediante una mezcla de ácido nítrico concentrado y peróxido de hidrógeno en razón 3: 1 (1).

Tanto los elementos totales como los extraíbles por las diferentes soluciones se determinaron por Espectrofotometría de Absorción Atómica, siguiendo las especificaciones para cada caso.

Resultados y Discusión.

Todos los suelos son de pH ligeramente ácido, que en general aumenta con la profundidad (cuadro No. 1). El rango de pH del horizonte superficial varía entre 5.0 y 6.1 y en el subsuelo varían entre 5.2 y 6.8 (se exceptúa el segundo horizonte del suelo Boyacá que tiene un pH 4.8).

El porcentaje de carbono orgánico es más alto en los suelos Osorno, Arrayán y Boyacá (superior al 5.0% en el horizonte superficial) y bastante más bajo en los suelos de Colipulli y Caldas (por debajo del 4.0%). Como era de esperar, el contenido de carbono orgánico disminuye con la profundidad del suelo.

"STATUS DE MICRONUTRIENTES

I HIERRO

- a) Total: Según los resultados (cuadro No. 2), se observa gran variabilidad en los contenidos, en un rango entre

1.66% y 10.88%. En general puede anotarse que los contenidos de hierro total en los suelos chilenos son más o menos el doble que los contenidos en los suelos colombianos, lo que podría deberse a diferentes factores de formación de los suelos (10), tales como clima, topografía, material parental, etc.

- b) Extraíble: Los resultados obtenidos (cuadro No. 2), señalan que el reactivo que extrae mayores cantidades de hierro es el EDTA, siendo éstas más altas en los casos de los suelos de Boyacá, Collipulli y Osorno. En todos los casos baja la cantidad de hierro a mayor profundidad del suelo.

Las cantidades de hierro extraído por el HCl 0.1 N son menores que las anteriores, pero contrariamente a lo observado con el EDTA, las cantidades extraídas aumentan con la profundidad del suelo.

El hecho de que el hierro extraído por el EDTA disminuye con la profundidad del suelo y el extraído por el HCl aumenta, podría atribuirse al menor contenido del carbono orgánico del subsuelo, ya que el EDTA solubilizaría preferentemente hierro complejoado con la materia orgánica y el HCl hierro en formas minerales.

El hierro extraído por la solución de acetato de amonio a pH 7.0 fluctúa entre 4.0 y 15.6 ppm para el horizonte superficial y 3.3 a 9.5 para el subsuelo. Este reactivo se supone que extrae principalmente Fe^{+2} .

II MANGANESO

- a) Total: De acuerdo con los datos obtenidos (cuadro No. 3), los suelos chilenos (Arrayán, Collipulli y Osorno) contienen entre 1.200 y 1.800 ppm de manganeso, esto contrasta con el contenido de manganeso de los suelos colombianos (Caldas y Boyacá), en los cuales los valores son siempre inferiores a 650 ppm. En el suelo Caldas los contenidos de manganeso se mantienen constantes en todos los horizontes (alrededor de 600 ppm), mientras que

en el suelo Boyacá las cantidades disminuyen notoriamente en los horizontes inferiores llegando hasta 103 ppm

- b) Extraíble: Examinando los datos del cuadro No. 3, puede observarse que el manganeso intercambiable de todos los suelos (excepto el Boyacá) es muy bajo, tanto en el horizonte superficial como en el subsuelo y no sobrepasa de 1.4 ppm. Esto indicaría que en estos suelos deberían presentarse deficiencias de manganeso en las cosechas allí cultivadas, especialmente en los cultivos exigentes en manganeso. Esto se ve confirmado por lo descrito en el caso de cultivos de remolacha azucarera (*Beta Saccharifera*) en los suelos chilenos (12) y de árboles de cafetos (*Coffea Robusta*) en el suelo de Caldas de Colombia (2). En el suelo de Boyacá las cantidades de manganeso intercambiable son mucho mayores, llegando a 9.0 ppm en el horizonte superficial y 3.5 ppm en el más profundo. Esta mayor cantidad de manganeso extraíble con acetato de amonio coincide con un menor pH de este suelo (alrededor de 5.0); lo que vendría a confirmar lo aseverado por Christensen, Toth y Bear (4).

El manganeso fácilmente reducible es más bien bajo en los suelos Arrayán y Caldas y alto en los suelos Collipulli y Osorno, el suelo Boyacá contiene cantidades discretas de él. Según estos datos, un manejo adecuado de los suelos con alto contenido de manganeso reducible, podría suplir la deficiencia de manganeso; en cambio en los suelos con bajo contenido, es probable que sea necesario suplementar el manganeso faltante a través de un abonado adecuado.

Utilizando solución de EDTA se observa una gran variabilidad en los contenidos de manganeso extraídos, encontrándose de 2 a 4 ppm en los suelos Caldas y Arrayán y 30 a 60 ppm en los otros suelos estudiados. El manganeso extraído por el EDTA corresponde en gran parte a aquel que se encuentra complejoado con la materia orgánica (5) y parte del manganeso bi y tetravalente mineral. Las cantidades encontradas confirman una potencial deficiencia de manganeso en estos suelos.

No se ha podido constatar en estos suelos una relación directa entre el contenido de manganeso extraíble y el porcentaje de carbono orgánico, lo que difiere de las observaciones realizadas por diversos autores (4,8), en otros tipos de suelos. Esto podría deberse a la relativamente baja degradación de la materia orgánica de algunos de estos suelos alofánicos.

III CINC

- a) Total: Los resultados obtenidos (cuadro No. 4), señalan que las cantidades totales de cinc varían entre 82 y 150 ppm, observándose que en los suelos chilenos los contenidos se mantienen más o menos semejantes en el suelo y subsuelo (131 ppm en promedio), mientras que en los suelos colombianos los contenidos aumentan gradualmente con la profundidad.
- b) Extraíble: El reactivo que extrae mayor cantidad de cinc en todos los suelos estudiados es el HCl 0.1 N (cuadro No. 4), éstas son mayores que las extraídas por el EDTA, lo que difiere de los datos obtenidos por Schalscha y col. (12). De los métodos propuestos como índice de la "disponibilidad" de cinc, éste es el más utilizado (9,15). Las cantidades extraídas por el HCl 0.1 N varían desde 2.7 a 14.9 ppm para el horizonte superficial; en todos los suelos las cantidades disminuyen con la profundidad.

El reactivo que extrae menos cinc es el acetato de amonio, en este caso las cantidades varían entre 0.8 y 2.3 ppm.

Los datos obtenidos permiten aseverar que no se presentan deficiencias de cinc en estos suelos. Por otra parte el cinc total encontrado indica una reserva adecuada de él (3).

IV COBRE

- a) Total: Según el cuadro No. 5, las cantidades de cobre total varían entre 61 y 116 ppm para el horizonte superficial. En general en todos los suelos se puede observar

que los contenidos aumentan con la profundidad.

- b) Extraíble; Por los resultados obtenidos (cuadro No. 5), los reactivos que extraen más cobre son el EDTA y el HCl. Ambos reactivos extraen entre 1.5 y 10 ppm. El acetato de amonio extrae solo 0.1 ppm de los suelos chilenos y alrededor de 1 ppm de los suelos colombianos.

Estos resultados están señalando que aparte del cobre adsorbido y soluble, una cantidad apreciable de él está complejo con la materia orgánica.

Los datos obtenidos permiten aseverar que no se presentan deficiencias de cobre en estos suelos y el cobre total encontrado indica una reserva adecuada (3).

CUADRO No. 1. - Características Generales

S U E L O S	Profundidad cm	% Humedad	pH 1:1	% C	% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	
Arrayán	0 - 25	29.5	6.1	6.6	20.2	8.7	
	25 - 50	36.0	6.8	3.3	24.6	11.7	
Collipulli	0 - 25	21.9	5.5	3.9	29.7	14.3	
	25 - 50	19.3	5.6	1.7	27.0	15.6	
Osorno	0 - 25	43.5	5.8	11.7	18.7	13.0	
	25 - 50	42.5	6.2	3.8	23.1	10.6	
Colombiano	Caldas	0 - 9	11.1	5.8	3.8	18.0	6.1
		9 - 22	9.9	6.2	2.6	18.5	5.9
	Boyacá	22 - 67	14.9	6.4	2.1	17.8	6.3
		0 - 35	5.3	5.0	5.6	16.6	5.1
	35 - 95	4.2	4.8	3.4	12.3	2.4	
	95 - 150	3.1	5.2	0.6	14.9	3.6	

CUADRO No. 2 Hierro

SUELOS	Profundidad EDTA 0.05 M HCl 0.1 N NH_4OAc 1 N Total pH 7.0		pH 9.0		%
	cm.	ppm.	ppm.	ppm.	
Arrayán	0 - 25	126.6	21.3	11.6	6.09
	25 - 50	108.2	25.7	9.5	8.16
Collipulli	0 - 25	330.0	30.8	15.6	9.95
	25 - 50	141.3	43.3	8.4	10.88
Osorno	0 - 25	306.3	26.1	6.0	9.07
	25 - 50	117.5	129.3	6.1	7.44
Caldas	0 - 9	95.8	19.3	4.0	4.33
	9 - 22	102.1	43.3	3.9	4.05
	22 - 67	95.7	65.8	3.9	4.37
Boyacá	0 - 35	788.7	30.9	5.5	3.62
	35 - 95	515.0	44.6	4.4	1.66
	95 - 150	323.0	103.7	3.3	2.54

CUADRO No. 3 - Manganeso

	S U E L O S		Profundidad EDTA 0.05 N		NH ₄ Ac 1 N		NH ₄ OAc-H-Q		T o t a l
	cm.	ppm.	cm.	ppm.	cm.	ppm.	cm.	ppm.	
C h i l e n o s	Arrayán	0 - 25	3.6	1.2	30.1	1.222			
		25 - 50	1.6	0.7	15.5	1.224			
	Collipulli	0 - 25	69.7	1.4	469.8	1.582			
		25 - 50	23.6	0.7	245.9	1.796			
	Osorno	0 - 25	34.4	0.9	269.7	1.638			
		25 - 50	9.8	0.8	264.2	1.210			
C o l o m b i a n o s	Caldas	0 - 9	2.6	1.1	15.3	633			
		9 - 22	2.2	0.9	14.1	632			
		22 - 67	1.7	0.8	11.0	646			
	Boyacá	0 - 35	31.8	9.0	60.7	581			
		35 - 95	16.0	5.1	25.7	157			
		95 - 150	11.8	3.5	25.2	103			

CUADRO No. 4 - Cinc

SUELO		Profundidad EDTA 0.05 M HCl 0.1 N		NH ₄ OAc 1 N		Total	
		pH 9.0		pH 7.0			
	cm.	ppm.	ppm.	ppm.	ppm.	ppm.	ppm.
Arrayán	0 - 25	3.0	4.6	1.3	127		
	25 - 59	1.8	3.0	1.4	123		
Collipulli	0 - 25	3.3	3.8	1.1	149		
	25 - 50	1.6	1.5	0.9	132		
Osorno	0 - 25	6.8	14.9	2.3	132		
	25 - 50	3.0	2.7	1.3	123		
Caldas	0 - 9	1.2	2.7	0.8	91		
	9 - 22	1.0	1.8	0.8	100		
	22 - 67	0.9	2.2	1.0	115		
Boyacá	0 - 35	4.1	7.4	1.2	82		
	35 - 95	3.2	5.9	1.0	130		
	95 - 150	2.2	3.3	0.8	150		

BIBLIOGRAFIA

- 1o. -BLACK C. E. , Evans, D.D. , White J.L. Ensminger, L. E. and Clark, F. E. Methods of soil analysis. Part I. Am. Soc. of Agr. , Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA pp. 1013, 1016 (1965).
- 2o. -BENAVIDES S. T. Estado del manganeso en los suelos de la Sabana de Bogotá. Publicación IT-I -1- Instituto Geográfico "A Codazzi". Bogotá Colombia (1959).
- 3o. -CHAPMAN H.D. (Editor). Diagnostic criteria for plants and soils. Univ. of California - Division of Agricultural Sciences. pp. 120, 267, 272, 489 (1965).
- 4o. -CHRISTENSEN, P.D. , Toth, S. J. , and Bear, y F.E. The status of soil manganese as influenced by moisture, organic matter and pH. Soil Sci. Soc. of Am. Proc. , 15; 279 - 282 (1951).
- 5o. -HEINTZE, S. G. , Studies on soil manganese. J. Soil Sci. , 8; 287 - 300 (1957).
- 6o. -Instituto Geográfico "A Codazzi" Departamento Agrológico. Bogotá Colombia (comunicación personal).
- 7o. -JACKSON, M. L. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. pp. 284 (1958).
- 8o. -LAG, J. and Dev, G. Distribution of Exchangeable Manganese in some Norwegian Podsol Profiles. Journal of the Indian Society of Soil Science, 12; 215 - 219 (1964).
- 9o. -NAIR, G.G.K. , and Metha, B. V. , Status of Zinc in Soils of Western India. Soil Science, 87; 155 - 159 (1959).
10. -OADES, J. M. Iron, a natural soil indicator. Outlook on Agriculture Vol. IV; 143 - 149 (1964).

11. - SCHALSCHA, E. B. Galindo G. G; Appelt, H. R. Effect of drying on volcanic ash soils in Chile. Soil Sci. Soc. of Am. Proc., 29 : 481 - 482 (1965).
12. - SCHALSCHA, E. B., Riquelme, R. G., Vergara G.H, Vergara, I . S. Elementos Trazas en suelos derivados de cenizas volcánicas. Agricultura Técnica. 28:137-143 (1968).
13. - Suelos - Descripciones - Proyecto aereofotogramétrico. Chile / OEA / B.I.D. (1964).
14. - STEWART, F.C. Plant Physiology - Vol. III. Inorganic Nutrition of Planta. Academic Press. N. Y. and London pp. 451 (1963).
15. - TUCKNER, T.C. and KURTZ, L.T. A. A comparison of several chemical methods with the bio-assay procedure for extracting zinc from soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc, 19 : 477 - 481 (1956).
16. - VIRO, P.I. Use of Ethylendiaminete traacetic acid in soil analysis. Soil Sci. 79 : 459 - 465 (1955).

Nota: El presente trabajo fue realizado dentro del Programa Multinacional de Química de la Organización de los Estados Americanos (OEA) y bajo la dirección del Profesor Eduardo Schalscha B, en el Departamento de Química y Farmacia, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

El autor es Profesor Asistente del Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.