

## DISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS MENORES EN SUELOS DE CLIMA FRIO DE NARIÑO.

BERNARDO GARCIA REALPE\*  
MIGUEL VIVEROS ZARAMA\*\*

### RESUMEN

En la zona fría del departamento de Nariño, Colombia ubicada en alturas superiores a 2.000 msnm, se hizo un muestreo de suelos y tejidos foliares de trigo y papa, con el fin de determinar la disponibilidad de los elementos menores.

A nivel de la zona se encontró que el 43 % de las muestras tuvieron contenidos bajos de B y 53 % con nivel alto; para Cu, Fe y Mn los contenidos altos fueron 71, 100 y 68 %, respectivamente y para Zn el 65 % de las muestras tuvieron contenidos bajos y 31% medios.

Los suelos con mayores probabilidades de respuestas a B y Zn son los de la zona triguera ubicados entre los 2.000 y 2.800 msnm, con menor probabilidad en la zona donde se cultiva papa situada a alturas superiores a 2.700 msnm.

---

\* Ing. Agr., M.Sc. Sección Suelos. Instituto Colombiano Agropecuario, Pasto, Colombia.

\*\* Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

## INTRODUCCION

En los últimos años, los micronutrientes han adquirido mucha importancia en la agricultura y sus deficiencias aumentan progresivamente por la erosión, prácticas de uso y manejo de los suelos en busca de mayores producciones que agotan las reservas de estos nutrientes, generalmente moderados o deficientes.

El nivel absoluto de un microelemento en el suelo no siempre puede ser el factor más importante en el crecimiento de las plantas, frecuentemente son más importantes las relaciones de cantidad entre ellos y su interdependencia (Tisdale y Nelson, 1970).

Las rocas ígneas generalmente presentan bajos contenidos de microelementos, debido a que el granito está constituido principalmente por cuarzo, feldespatos potásicos y en menor proporción por plagioclasas (Mortvedt, 1978).

Con el presente trabajo se pretende hacer un análisis descriptivo de la disponibilidad de los elementos menores en suelos de clima frío de Nariño, mediante la agrupación de los contenidos por categorías sobre trescientas muestras de suelos.

## REVISION DE LITERATURA

La geología del departamento de Nariño está determinada en su mayoría por las erupciones de los volcanes que en él se localizan; en la zona este material está representado por cenizas volcánicas, andesitas, porfiritas y diabasa, como también en menor proporción rocas graníticas; se hallan además rocas metamórficas y sedimentarias, las cuales en una gran proporción se encuentran cubiertas por diferentes capas de cenizas volcánicas producto de erupciones recientes (IGAC, 1975).

Mediante determinaciones químicas de las formas asimilables, para el altiplano de Nariño se han planteado posibles deficiencias de elementos menores así; Guerrero y Burbano (1978) señalan que una proporción considerable de los suelos volcánicos del Sur de

Colombia son potencialmente deficientes en Mo, Cu, Co y Zn, agregan que los datos disponibles de B no son concluyentes y que se debe incluir este elemento en futuras investigaciones.

En 1981, Velasco de la Rosa en suelos del altiplano de Pasto encontró que el contenido promedio de Mn total fue de 61,6 ppm resultado inferior al promedio mundial (1000 ppm), la diferencia de estos contenidos podría explicarse con base en la composición del material de origen y proceso de meteorización.

Bravo y Eraso (1972), en suelos del altiplano de Túquerres no encontraron respuestas a la aplicación de Cu, Mn y Mo lo cual los llevó a afirmar que la adición de Mn ocasionaría toxicidad. Así mismo Chamorro y Echeverría (1971) encontraron que los contenidos de B intercambiable en suelos de la sabana de Túquerres fueron bastante homogéneos. El promedio para los suelos fue de 0,78 ppm con un mínimo de 0,62 ppm y un máximo de 1,0 ppm. El promedio para el subsuelo fue de 0,81 ppm con un mínimo de 0,62 ppm y un máximo de 1,0 ppm.

El promedio de Cu encontrado en suelos del altiplano de Pasto fue de 1,31 ppm con límites de 4,21 y trazas. La mayor concentración se presentó en la Laguna (3,15 ppm) y la mayor en la región de Catambuco con 0,62 ppm (Dávila y Torres, 1974).

Los mismos autores señalan que la fracción disponible para elementos menores en el altiplano de Pasto y para Cu fue desde trazas hasta 2,4 ppm; Fe 8,4 a 275 ppm; Zn 0,24 - 2,04 ppm; B 0,42 - 2,79 ppm; Mo trazas. La concentración promedio de Fe, Zn y B fue mayor bajo pradera que bajo cultivo.

En el altiplano de Ipiales los resultados para Fe fueron 39,67 ppm; Mn 18,40 ppm; Zn 10,65 ppm. Para los subsuelos se determinó: Fe 48,12 ppm; Mn 13,08 ppm y Zn 12,98 ppm (Salas, 1973).

Barros (1969) señaló que los contenidos totales de Mo, Cu y Co eran relativamente bajos en suelo y subsuelos, siendo el promedio para Mo en el suelo de 1,04 ppm; para Cu en el suelo osciló entre 8,63 y 10,96 ppm. En el subsuelo 7,61 y 9,10 ppm; para el Co 4,12 y 4,41

ppm en el suelo y 4,98 a 4,59 en el subsuelo.

Salas (1973) manifiesta que al concentración promedio de Zn aprovechable por el altiplano de Ipiales en el suelo fue de 10,56 ppm y para el subsuelo de 12,98 ppm. En muestras de suelo tomadas por el mismo autor encontró concentraciones promedias para Zn intercambiable de 9,97 ppm. Para el subsuelo el valor promedio fue de 18,70 ppm y osciló entre 0,87 y 63,00 ppm.

En suelos de la sabana de Túquerres el Zn intercambiable presentó un promedio de 0,96 ppm con un máximo de 5,0 ppm y un mínimo de trazas. Para los subsuelos el promedio fue de 2,0 ppm con un máximo de 9,16 ppm y un mínimo de trazas (Chamorro y Echeverría, 1971).

La disponibilidad de un nutrimento, hace relación a la fracción de la cantidad del mismo que puede ser utilizada por las plantas. La mayor o menor disponibilidad depende no sólo de la reserva o concentración total del elemento en el suelo, sino también de una complicada interacción de diferentes factores edafológicos (Guerrero y Burbano, 1978).

## MATERIALES Y METODOS

Para efectuar el presente trabajo se hizo un muestreo de los suelos de clima frío del departamento de Nariño en los principales cultivos a una profundidad de 20 cm, se tomaron en total 300 muestras, de las cuales 62 en el cultivo de trigo, 42 de papa, 16 en cebada y el resto en pastos y otros cultivos. Además se recolectaron muestras de tejido foliar, 62 en trigo y 42 en papa, siguiendo las técnicas seguidas por Bornemisza (1978), Castillo (1987) y Moraghan (1985).

Los métodos utilizados en los análisis de suelos y la agrupación por categorías se muestran en la Tabla 1. Para agrupar los contenidos foliares para papa se utilizó los niveles definidos por Lorenz, Tyler y Fullmer (1964) indicados en la Tabla 2 y en trigo los de Malavolta y Klieman (1985), para Cu, Mn y Zn y los de Katyal, Friesen y Vlek (1988) para B y Fe Tabla 3, por cuanto los primeros no los reportan

para estos elementos. Por el alto costo de la determinación del Mo, no se estudió este elemento.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Para boro en la Figura 1, se presenta la distribución porcentual de los contenidos de elementos menores en suelos de clima frío de Nariño, agrupados por categorías, bajo, medio y alto de acuerdo con los niveles críticos indicados en la Tabla 1.

El 43% de las muestras tuvieron un contenido bajo de B y 53% valores medios, que a nivel general nos indica que hay una considerable proporción de estos suelos deficientes en B al igual que otros suelos de Colombia (Garavito y León, 1978; Lora, 1978).

Los contenidos de los micronutrientes en los suelos generalmente refleja la influencia del tipo de edad de los materiales parentales, condiciones climáticas de la meteorización y formación del suelo y la vegetación; en el departamento de Nariño, tiene una gran influencia el uso y el deterioro de los suelos (García, 1990).

Guerrero y Burbano (1978) y Fassbender (1975) anotan que las altas frecuencias de bajos contenidos de boro se relacionan en gran parte con la alta capacidad de los suelos alofánicos para adsorber aniones y para el caso específico del B que se comporta como  $H_2BO_3$  en el complejo suelo-planta, o como ácido bórico molecular; varios autores han demostrado que los suelos derivados de cenizas volcánicas adsorben mayores proporciones de B que otro tipo de suelos. La fijación es otro aspecto a considerar en la baja disponibilidad del B, que se debe principalmente a la formación de precipitados de Si y Al.

En términos generales se puede afirmar que los suelos de clima frío de Nariño están bien abastecidos del elemento cobre; el 71 % de las muestras tuvieron contenidos altos y 27% niveles medios, sin embargo Dávila y Torres (1974) señalan que el 20% de los suelos del altiplano de Pasto son potencialmente deficientes en Cu, al igual que el 40% de los suelos de la sabana de Túquerres. Este contraste en los resultados muestran la necesidad de adelantar las investigaciones



sobre este elemento en los suelos de Nariño.

En hierro y manganeso, las frecuencias de los valores altos del ciento por ciento de Fe y 68% de Mn y 28% de valores medios, de este último (Figura 1) indican que los suelos en estudio tienen disponibilidad suficiente de Fe y Mn para las plantas.

Los suelos derivados de cenizas volcánicas de Colombia en general muestran niveles adecuados de suficiencia de Fe y Mn, sin embargo se han encontrado concentraciones deficientes en suelos de la sabana de Túquerres y del departamento de Caldas. La disponibilidad de Fe y Mn está influenciada favorablemente por el pH ácido de estos suelos y por los altos contenidos de sus distintas formas (Fassbender, 1975 y Quintero, 1971).

Sobre el Zinc Salas en 1973, manifestó que es el microelemento que se muestra con más posibilidades de deficiencia, pues el 163 % de las muestras presentan contenidos bajos aunque para los suelos de Pasto, Túquerres e Ipiales, presentan deficiencias de Zn de menores proporciones; en el muestreo para el presente estudio se incluyó zonas con alto grado de erosión que posiblemente son los que presentan los más bajos contenidos de Zn.

En las Figuras 2 y 3 se presentan las distribuciones porcentuales de los contenidos de elementos menores en suelos cultivados con papa y trigo en el departamento de Nariño. En suelos cultivados con trigo, se presentan altas probabilidades de deficiencias de B y Zn, pues los valores bajos son de 60 y 82 % respectivamente.

Como se puede observar las frecuencias de los contenidos bajos de B y Zn y los medios de Cu son mucho mayores en los suelos cultivados con trigo que con papa.

Los suelos que se cultivan con trigo en el departamento de Nariño, están ubicados entre los 2.000 y 2.800 msnm, con altas pendientes, altos grados de erosión, superficiales, con predominio de los contenidos inferiores al 5% de materia orgánica, con baja capacidad de retención de humedad, en cambio los suelos "paperos" en su mayoría están por encima de 2.700 msnm, con pendientes variables

desde altas, hasta planas u onduladas con predominio de estas últimas, con grados de erosión de nula a moderada, en su mayoría con una profundidad efectiva de más de 30 cm y con predominio de los valores superiores al 5% de materia orgánica (García, 1989).

Estas características pueden determinar en gran parte, que los suelos cultivados con trigo sean deficientes en B y Zn, en cambio en los suelos cultivados con papa el problema sea menor. La influencia del pH sobre la disponibilidad del Cu y Zn en suelos de cenizas volcánicas de Nariño no es significativa pero si es determinante el uso de los suelos. Así encontraron que los suelos cubiertos con praderas tienen mayor disponibilidad de Cu y Zn que los suelos cultivados (Dávila y Torres, 1974; Guerrero y Burbano, 1978).

Respecto a Al, Fe y Mn no se encontraron variaciones importantes en los contenidos, al comparar los suelos cultivados con papa y trigo.

Contenidos de elementos menores en tejidos foliares de trigo y papa: en la Figura 4, se muestra la distribución porcentual de los contenidos de elementos menores en tejido foliar de trigo.

En la concentración del B en los tejidos foliares, el 44% tienen un nivel deficiente y el 56% un nivel adecuado que presenta una relativa aproximación con las frecuencias de los contenidos en el suelo (Figura 4), con una situación similar para el Cu, Fe y Mn, cuyos contenidos en los tejidos foliares son predominantemente adecuados. Con el Zn se presenta una abierta discordancia entre el predominio de los niveles bajos en el suelo (Figura 3) y el alto porcentaje de muestras de tejido foliar de trigo con nivel adecuado de Zn (Figura 4), esto indica falta de correlación entre los contenidos en el suelo y los del tejido foliar, pero las evidencias de deficiencia de Zn son consistentes pues se han encontrado respuestas positivas de la cebada a la aplicación de estos elementos como también respuestas muy claras al B al disminuir drásticamente el vaneamiento, muy frecuentemente en varios suelos de Nariño (García, 1990).

## CONCLUSIONES

Una alta proporción de los suelos de clima frío de Nariño son potencialmente deficientes en Zn y B.

Los suelos de la zona estudiada se encuentran bien abastecidos de Fe, Mn y posiblemente Cu.

En los suelos de la zona triguera de Nariño hay una alta probabilidad de respuesta de los cultivos a la fertilización con B y Zn.

Las deficiencias de B, Zn y Cu son menos probables en los suelos puros que en los trigueros.

## BIBLIOGRAFIA

- BARROS, P. Determinación de molibdeno, cobre y cobalto en algunos suelos del altiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1969. 107 p.
- BORNEMISA, E. Metodología para la investigación de problemas de micronutrientes. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 9(2):148-154.
- BRAVO, A. y ERAZO, P. Estudio de fertilidad de suelos en el altiplano de Túquerres. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1972. 115 p.
- CASTILLO, L. F. Técnicas de muestreo foliar. In Seminario taller sobre suelos. Cali, ICA, 1987. pp. 111-117. (mimeografiado).
- CHAMORRO, B. y ECHEVERRIA, C. Determinación de aluminio, boro, cobalto, hierro, manganeso y zinc intercambiables en la sabana de Túquerres, departamento de Nariño. Tesis Ing.

Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 78 p.

- DAVILA, A. y TORRES, C. H. Características generales, criterios de clasificación y disponibilidad de microelementos en algunos suelos del altiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1974. 127 p.
- FASSBENDER, H. W. Química de suelos. Turrialba, Costa Rica, ICA, 1975. pp. 362-378.
- GARAVITO, F. y LEON, L. A. Propiedades del suelo en relación con deficiencias de boro en el Valle del Cauca. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 9(2):195-201. 1978.
- GARCIA REALPE, B. Fertilidad general de los suelos de la zona andina del departamento de Nariño. Pasto, Colombia, ICA, 1989. pp. 3-7. (mimeografiado).
- \_\_\_\_\_. Fertilización de la cebada con boro, zinc y sulfato de magnesio en suelos erosionados de Nariño, Colombia. Pasto, ICA, 1990. 20 p. (sin publicar).
- GUERRERO, R. y BURBANO, H. Estado de los micronutrientes en suelos derivados de cenizas volcánicas. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 9(2):171-183. 1978.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de suelos de los municipios de El Tambo, Pupiales, Pasto, Túquerres y otros del Centro y Sur (departamento de Nariño). División Agrológica (Colombia) 10(7):520-577. 1975.
- KATYAL, J. C., FRIESEN, D. K. y VLEK, L. G. Deficiencies of micronutrients and sulfur in wheat. In Klatt, A. R. ed. Wheat Production Constraints in Tropical Environments. México, D. F. CIMNYT, 1988. pp. 99-129.

LORA, R. Respuesta de los cultivos de clima frío a la aplicación de micronutrientes. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 9(2):183-191. 1978.

LORENZ, O. A., TYLER, K. B. y FULLMER, F. S. Plant analysis for determining the nutritional status of potatoes. In Bound, C., ed. Plant analysis and fertilizer problems. AM. Soc. of Hort. 1964. pp. 226-240.

MALAVOLTA, E. y KLIEMAN. Desordres nutricionais no Cerrado. Universidad Federal de Goiás, Facultad de Agronomía, Piracicaba, Brasil, 1985. pp. 112-115.

MORAGHAN, J. T. Plant tissue testing for micronutrients deficiencies and toxicities. In Vlek, L. G., ed. Micronutrients needs in tropical food crop production. Alabama, USA, Muscle Shoals, 1985. pp. 201-219.

MORTVEDT, J. J. Ocurrence of micronutrients in rocks, soil, plants and fertilizers. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 9(2):134-140. 1978.

QUINTERO, Q. J. Elementos micronutrientes en algunos suelos derivados de cenizas volcánicas de Chile y Colombia. Revista Colombiana de Química 1(1): 3-18. 1971.

SALAS, S. L. Determinación de hierro, zinc y cobalto intercambiables en suelos del altiplano de Pasto, departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1973. 48 p.

TISDALE, S. L. y NELSON, W. L. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, Montaner y Simon, 1970. pp. 22-27.

VELASCO DE LA ROSA, C. Fraccionamiento de las diferentes formas de manganeso en los suelos del altiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1981. 50 p.

TABLA 1. Niveles críticos utilizados para elementos menores en los suelos

Elemento	Niveles críticos ppm			Método
	Bajo	Medio	Alto	
Boro	<0,20	0,20 - 0,60	> 0,60	Fosfato monobásico 0,008M
Cobre	<1,0	1,0 - 3,0	> 3,0	NaHCO <sub>3</sub> +EDTA pH 8,5
Hierro	<10	10 - 20	> 20	NaHCO <sub>3</sub> +EDTA pH 8,5
Manganeso	<5	5 - 10	> 10	NaHCO <sub>3</sub> +EDTA pH 8,5
Zinc	<3,0	3 - 6	> 6	NaHCO <sub>3</sub> +EDTA pH 8,5

Fuente: Lora (1981)

TABLA 2. Límites de valores generales para la agrupación de las concentraciones de elementos menores en tejido foliar de papa.

Micronutrientes	Concentraciones en tejido foliar - ppm		
	Nivel deficiente	Nivel medio	Nivel alto
B	<30	30 - 40	>40
Cu	<5	5 - 10	>10
Fe	<70	70 - 150	>150
Mn	<30	30 - 50	>50
Zn	<20	20 - 40	>40

Fuente: Lorenz, Tyler y Fullmer (1964).

TABLA 3. Límites de valores para agrupar las concentraciones de elementos menores en tejido foliar de trigo.

Microelementos	Deficiente	Nivel Adecuado	Alto
B	<5	5	*
Cu	<5	5 - 25	>25
Fe	*	5 - 250	*
Mn	*	25 - 50	>50
Zn	<15	15 - 30	*

Fuente: Malavolta y Klieman (1985); Katyal, Friesen y Vlek (1988).  
\* No se reportan

TABLA 4. Frecuencias de los contenidos de B, Cu, Fe, Mn y Zn, tejido foliar de papa.

B		Cu		Fe		Mn		Zn	
Limite de valores ppm	Frecuencias %	Limite de valores ppm	Frecuencias %	Limite de valores ppm	Frecuencias %	Limite de valores ppm	Frecuencias %	Limite de valores ppm	Frecuencias %
<30	94	<5	16	<70	3	<30	-	<20	-
30-40	6	5-10	40	70-150	75	30-50	-	20-40	22
>40	-	>10	44	>150	22	>50	100	>40	78

Fuente: García Realpe (1989).