

Oligoelementos en suelos y forrajeras argentinas

A. NÚÑEZ¹

(Recibido : 25 de julio de 1969)

RESUMEN

Se dan a conocer los resultados del análisis químico de algunos elementos traza en suelos y forrajeras de algunas importantes zonas agrícola-ganaderas de la República Argentina. Los elementos determinados en suelo fueron : cobre, molibdeno, zinc y manganeso ; en las forrajeras los mismos y además hierro. Se han observado deficiencias de cobre y desequilibrio en la relación cobre-molibdeno con respecto a la nutrición animal.

SUMMARY

This paper reports the results of the chemical analysis of some trace elements in both soil and pastures of some important agricultural and cattle-raising regions of Argentina. The elements analyzed in soil were : copper, molybdenum, zinc and manganese ; the same elements plus iron were analyzed in pastures. Lack of copper and unbalance in the copper-molybdenum relationship as regard animal nutrition has been observed.

INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

Los oligoelementos estudiados tienen interés desde el punto de vista del crecimiento óptimo de los vegetales y son además necesarios a los animales. De allí la importancia que reviste el conocimiento de los posibles desequilibrios en suelos y vegetales y por ende en los animales a través de la relación suelo-planta-animal.

Este trabajo tiene por objeto dar a conocer los primeros resultados de un plan más amplio: el registro de elementos traza en las zonas agrícola-ganaderas más importantes de la Argentina.

Hasta ahora se conoce poco (1, 2, 3) acerca de la disponibilidad de esos elementos en suelos y vegetales argentinos, haciéndose cada día más eviden-

te la necesidad de disponer de información que permita prevenir carencias, desequilibrios e intoxicaciones producidas por esos elementos (4) adecuando suplementos para corregir trastornos nutricionales.

En otros países se ha avanzado mucho en este campo y esta información ha resultado valiosísima para resolver esos problemas (5).

Aparte del valor que estos resultados pueden tener para confirmar diagnósticos de deficiencias, es nuestro propósito tratar de establecer correlaciones entre el contenido de elementos traza en suelos y vegetales y la nutrición animal. Así es que generalmente están representados en estas series los suelos y las forrajeras que en ellos crecen.

En las Tablas 1, 2 y 3 se consignan datos adicionales como: lugar geográfico (ver mapa), horizonte y pH para los suelos y especie y parte del vegetal utilizada para el análisis.

¹ Profesor adjunto interino, Cátedra de Química Analítica, Departamento de Química, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Buenos Aires.

Las especies forrajeras analizadas fueron: Rye Grass (*Lolium perenne*), centeno (*Secale cereale*), alfalfa (*Medicago sativa*), cebadilla (*Bromus unioloides*), avena (*Avena sativa*), trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*), sorgo (*Sorghum Sp.*), festuca (*Festuca arundinacea*) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata*).

Los elementos determinados en suelo fueron: cobre, molibdeno, manganeso y zinc y en los vegetales los mismos y además el hierro.

MATERIAL Y METODOS

LABORATORIO

Las determinaciones se llevaron a cabo en un laboratorio dedicado exclusivamente a ese fin. Se eliminó del instrumental todo artefacto de bronce, cobre o zinc, prefiriéndose el uso del aluminio para recipientes y bandejas. La estufa utilizada para secar muestras también era de aluminio. Estas precauciones son indispensables.

Vidrio: Todo el material inclusive pipetas y recipientes para calcinación era de vidrio Pyrex, ya que el vidrio común cede suficiente zinc como para inutilizar la muestra. Para conservar soluciones se usaron recipientes de Pyrex o de polietileno. Toda el agua destilada lo fue en aparato de vidrio Pyrex. Además del material de vidrio corriente, se usaron ampollas de extracción tipo Squibb de 125 ml.

Drogas: Se utilizaron drogas grado pro-análisis. El ácido clorhídrico, el amoníaco y el tetracloruro de carbono fueron destilados en el propio laboratorio.

Instrumental: Es el corriente: centrífuga para tubos de 50 ml, estufa de aluminio, horno eléctrico de mufla, plancha calefactora, agitador de válvén, cronómetro de alarma y campana de buen tiraje.

El espectrofotómetro es indispensable puesto que todas las determinaciones son absorciométricas¹.

TÉCNICAS

Se siguieron las técnicas descriptas por CHAPMAN y PRATT (6). Las variantes introducidas son simplificaciones que se indicarán más adelante.

¹ Spectronic 20 de Bausch & Lomb.

Toma de muestras vegetales y su preparación

Se tomó la parte aérea del vegetal que puede obtenerse por corte o por pastoreo animal directo. Las muestras se lavaron con agua corriente común y agua destilada, se escurrieron lo mejor posible y se secaron a 100° C durante ocho horas; una vez secas se molieron con molino eléctrico de paletas (licuadora de caja de aluminio) según normas IRAM N° 5593 (8).

Las muestras molidas y homogeneizadas se secaron nuevamente en el momento de pesar. Se pesaron 10 g de muestra molida de tamaño 0,2-0,4 mm y se destruyó la materia orgánica por calcinación, utilizando vasos de precipitación de vidrio Pyrex de 100 ml. Se carbonizó previamente la muestra en mufla abierta a 250° C hasta no más humos y finalmente a 500-600° C durante 6-8 horas, revolviendo frecuentemente con varilla hasta que las cenizas fueran lo más claras posible. En caso contrario se agregaba un mililitro de nitrato de amonio al 10 %, repitiendo la calcinación. Generalmente esto fue suficiente. Aunque las cenizas no fueran perfectamente blancas la pequeña cantidad de carbón restante no afectó los resultados.

Una vez frías las cenizas se trataron allí mismo y por dos veces con ácido clorhídrico al 20 % (azeótropo) llevando a sequedad. Se tomaron finalmente con 20 ml del mismo ácido y filtrando se llevaron a 100 ml con agua. Esta solución clorhídrica es la que se utilizó para las determinaciones. Se necesitaron 25 ml para cobre y zinc (los dos elementos se extraen de la misma alícuota), 25 ml para molibdeno, 5 ml para manganeso y 0,5 ml para hierro.

Toma de muestras de suelo y su preparación

El material utilizado correspondió a los horizontes A y B. Se dejó secar espontáneamente al aire y se pulverizó en mortero de vidrio hasta un tamaño de 0,2-0,4 mm.

En la determinación de micronutrientes de suelo se utilizaron métodos de extracción del elemento disponible para los vegetales y aunque la bondad de los mismos no puede asegurarse se optó por los siguientes métodos de extracción:

Cobre: 50 g de suelo se trataron con 100 ml de ácido clorhídrico 0,1 N agitando durante media hora y filtrando luego.

Zinc: 2,5 g de suelo se mezclaron con 25 ml de regulador de acetato de amonio a pH 7 y 25 ml de solución de ditizona en tetracloruro de carbono. Se agitó una hora, se centrifugó y se tomaron 10 ml de la solución ditizónica.

Molibdeno: 25 g de suelo se trataron con 250 ml de regulador de oxalato de amonio-oxálico a pH 3,3 agitando durante ocho horas y filtrando.

Manganeso: 10 g de suelo se trataron con solución de fosfato monoamónico 3 N, se agitó una hora y se filtró.

DETERMINACIONES

Se utilizaron los mismos métodos para suelos y vegetales; las modificaciones introducidas se deben a que los extractos son distintos y diferentes las cantidades del elemento que se determina. Los procedimientos seguidos fueron (6):

Cobre: Los extractos clorhídricos, tanto del suelo como de los vegetales, se ajustaron a pH 2,5 y se extrajeron con solución de ditizona en tetracloruro de carbono. Una vez evaporado el solvente se mineralizó con mezcla sulfo-perclórica y se determinó con dietilditiocarbamato de sodio (6,9).

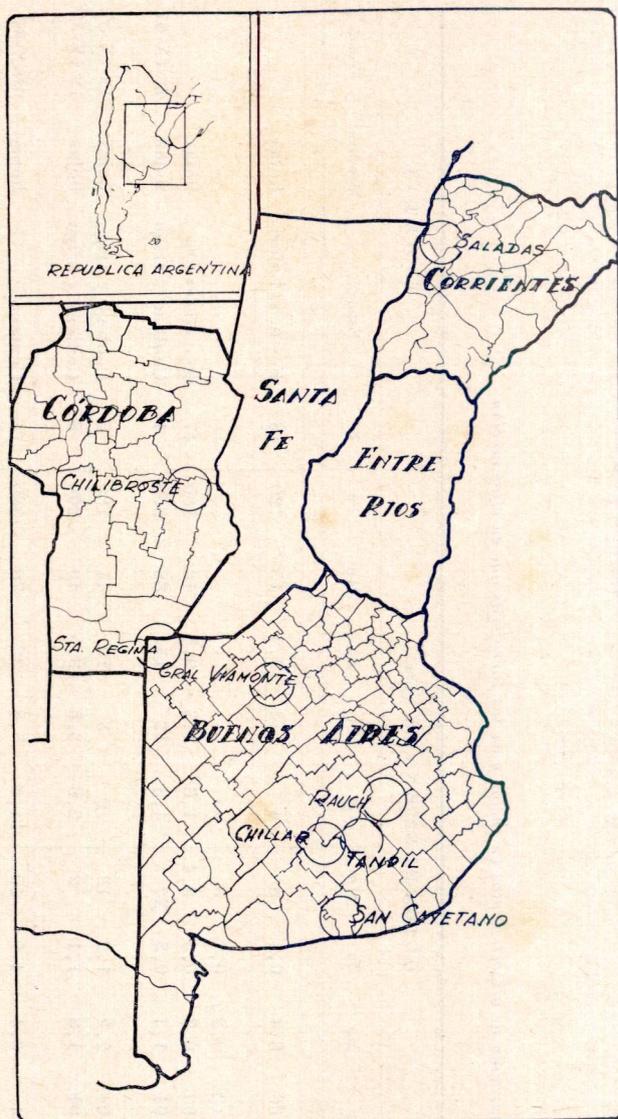
Zinc: De los vegetales: se extrajo de la solución acuosa de la que se había extraído el cobre, con solución de ditizona a pH 8,5. El zinc de la solución de ditizona se pasó a una solución clorhídrica; en este punto se siguió la misma técnica tanto para el suelo como para los vegetales, concluyendo con una colorimetría del ditizonato de zinc.

Molibdeno: Tanto para el suelo como para los vegetales los extractos correspondientes se llevaron a sequedad y una vez destruida la materia orgánica se siguió el mismo proceso (6,7).

Manganeso: A partir de la solución de extracción para el suelo y del extracto clorhídrico de los vegetales se siguió el mismo procedimiento.

Estos métodos fueron puestos a punto utilizando diversas muestras adicionadas de cantidades conocidas de los elementos nombrados.

Como es habitual en estas determinaciones se hicieron los blancos de los reactivos utilizados.



Mapa de ubicación de las zonas en las que se ha determinado concentración de oligoelementos en suelos y forrajas

En algunas de las muestras los resultados se verificaron por fotometría de absorción atómica. La concordancia entre estos valores y los obtenidos con los métodos por nosotros usados fue satisfactoria.

RESULTADOS

Los resultados están consignados en las Tablas 1, 2 y 3. La tabla 1 corresponde a los suelos y a los vegetales que en ellos crecían. Las concentraciones de oligoelementos están dadas en ppm sobre muestra seca. En las Tablas 2 y 3 están consignados los resultados de muestras de

TABLA 1. — Concentración de oligoelementos en suelos y en las forrajeras que en ellos crecían

N°	SUELO			OLIGOELEMENTOS ppm							VEGETAL					
	Lugar geogr., zona, región	Horiz.	pH	Cu	Mo	Zn	Mn	Cu	Mo	Zn	Mn	Fe	N°	Especie	Muestra	Fecha
1	San Cayetano..... (Buenos Aires)	0 a 20	6,2	0,06	0,4	0,4	8	4	1,2	12,5	45	120	48	Festuca (4 años)	hojas	
2	San Cayetano.....	20-tosca	6,7	0,12	0,2	0,7	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	San Cayetano.....	superf.	6,4	0,00	0,3	0,9	8,4	1,6	1,3	9,5	40	100	47	Rye Grass (2 a.)	hojas	
5	Chilbroste..... (Córdoba)	A	9,1	0,04	1,4	0,3	22	4,8	12	13	86	880	4	Centeno y trigo	hojas	12-IX-67
7	Chilbroste.....	A	5,8	0,04	2,2	1,2	12	9	3	16	44	180	6	Centeno y trigo	hojas	12-IX-67
9	Chilbroste.....	A	5,9	0,04	1,6	1,1	9	2,6	3,6	19,5	40	200	8	Centeno y trigo	hojas	12-IX-67
15	Sta. Regina, Gral. Ville- gas.....	B	8,5	0,4	0,4	4,9	10	11,6	5,8	22	70	380	14	Centeno	hojas	10-X-67
16	Sta. Regina..... (Buenos Aires)	20 a 30	8,9	0,04	0,4	2,1	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	Sta. Regina.....	más de 30	9	0,02	0,2	2,4	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	Sta. Regina.....	60 a 70	8,2	0,33	0,2	3,0	19	10,4	4,4	22	54	350	13	Centeno	hojas	10-X-67
36	Chilbroste..... (Córdoba)	A	7	0,16	2,3	1,2	50	8,4	12	21	45	400	39	Alfalfa	hojas	
37	Chilbroste.....	A	5,7	0,24	2,1	1,5	40	9,0	13	40?	50	160	38	Alfalfa	hojas	
43	Rauch..... (Buenos Aires)	A	6,1	<0,02	0,2	0,6	60	1,6	1,2	14	30	160	42	Pastura natural	hojas	
44	Rauch.....	A	7	<0,02	0,2	1,4	52	7,0	3	15	70	140	40	Pastura natural	hojas	
45	Rauch.....	A	9,4	0,02	0,2	0,8	83	0,6	1	15	25	120	41	Pastura natural	hojas	
55	Tandil..... (Buenos Aires)	A	5,6	0,04	0,3	1,5	46	5,0	1,7	20	54	200	56	Cebadilla y al- faifa	hojas	IV-68
57	Tandil.....	A	5,4	0,04	0,3	1,9	45	3,2	2,9	24	24	410	58	Avena	hojas	IV-68
59	Tandil.....	A	5,4	0,04	0,5	4,1	53	4,0	0,9	24	40	175	60	Trigo	hojas	IV-68
61	Tandil.....	A	5,2	<0,02	0,4	1,7	52	2,0	1,7	11	70	250	62	Pastura natural	hojas	IV-68
63	Tandil.....	A	5,2	0,05	0,4	2,3	56	9,0	0,7	27	30	74	64	Cebada	hojas	IV-68
—	Tandil.....	—	—	—	—	—	—	8,5	0,7	20	30	150	66	Sorgo (rebrote)	hojas	IV-68
—	San Cayetano..... (Buenos Aires)	—	—	—	—	—	—	3,5	0,6	11,5	45	100	46	Festuca y alfal- fa	hojas	

suelo y vegetales que no tenían su par respectivo, vegetal o suelo. Se incluye un mapa donde se da la ubicación geográfica.

CONSIDERACIONES

Una revisión bibliográfica (Tabla 4) (4, 5, 6) muestra que las concentraciones de oligoelementos encontradas en vegetales (incluidas las forrajeras) y consideradas suficientes para la nutrición vegetal, son muy semejantes a las concentraciones necesarias en las forrajeras para la nutrición animal.

De acuerdo con esa información y tomando los recaudos necesarios, puede establecerse que una

deficiencia de oligoelementos en las forrajeras deberá traducirse en deficiencia para la nutrición animal.

Oligoelementos en el suelo

El análisis del suelo es por ahora un medio aproximado de conocer las disponibilidades de oligoelementos. Se observa en general ausencia de información precisa al respecto. Como el problema es complejo y las variables muchas, los resultados son sólo intentos para obtener alguna correlación con los análisis foliares. Son finalmente estos los que darán la pauta de las posibilidades del suelo en cuestión.

Tabla 2. — Oligoelementos disponibles en el suelo para la nutrición vegetal determinados por extracción

SUELO				OLIGOELEMENTOS			
Número	Lugar geogr., zona, región	Horiz.	pH	Cu	Mo	Zn	Mn
19	Gral. Viamonte..... (Buenos Aires)	A ₁	5,6	0,26	0,9	2,2	29
20	Gral. Viamonte..... (Buenos Aires)	A ₂	7,0	0,3	0,8	0,9	20
21	Gral. Viamonte.....	B ₂	8,4	0,18	1,4	0,6	15
22	Gral. Viamonte.....	A 0-33 cm	5,8	0,13	1,2	1,4	20
23	Gral. Viamonte.....	AC	7,5	0,70	0,6	0,8	27
24	Gral. Viamonte.....	A ₁	6	0,14	0,4	1,2	22
25	Gral. Viamonte.....	B ₂	7,9	0,06	0,8	1,1	32
26	Gral. Viamonte.....	A	5,4	0,26	0,5	2,2	20
27	Gral. Viamonte.....	B	6,4	0,46	1,9	0,8	29
28	Gral. Viamonte.....	A 0-25 cm	7,4	0,06	0,1	1,1	44
29	Gral. Viamonte.....	B ₂	9,8	0,02	0,5	1,8	15
49	Chilibroste..... (Córdoba)	A	6,1	0,04	1,5	2,3	64
50	Chilibroste.....	B ₂	7,4	0,04	3,0	2,5	21
51	Chilibroste.....	B ₃	8,7	<0,02	3,0	1,0	14
52	Chilibroste.....	A	6,6	0,2	2,0	1,8	84
53	Chilibroste.....	B ₂	8,2	0,04	0,7	0,8	15
54	Chilibroste.....	B ₃	9,0	<0,02	2,6	1,4	15
87	Saladas..... (Corrientes)	0 a 30 cm	5,6	0,28	0,06	1,3	9,6
88	Saladas.....	30 a 60 »	5,5	0,16	0,05	1,0	10
89	Saladas.....	60 a 90 »	6,0	0,14	0,04	1,3	35
90	Saladas.....	0 a 40 »	6,1	0,30	0,04	1,8	32
91	Saladas.....	40 a 60 »	6,6	0,46	0,06	0,7	23
92	Saladas.....	100 a 120 cm	5,9	0,40	0,06	0,8	17
93	Saladas.....	140 a 160 »	5,8	0,54	0,06	0,9	14
94	Saladas.....	200 a 220 »	5,7	0,52	0,10	1,1	14
95	Saladas.....	0 a 45 cm	6,2	0,06	0,03	0,9	48
96	Saladas.....	45 a 73 »	6,8	0,06	0,04	0,8	48
97	Saladas.....	73 a 170 cm	6,0	0,06	0,06	0,7	10

TABLA 3. — Concentración de oligoelementos en forrajeras

MICRONUTRIENTES ppm					VEGETAL				
Cu	Mo	Zn	Mn	Fe	Nº	Especie	Muestra	Lugar	Fecha
5,2	2	16	80	440	10	Avena	Hojas	Gral. Viamonte (Buenos Aires)	6-IX-67
1,0	1,7	6	40	140	11	Festuca	Hojas	Gral. Viamonte (Buenos Aires)	6-IX-67
3,0	3,5	33	100	460	12	Avena	Hojas	Gral. Viamonte (Buenos Aires)	6-IX-67
3,4	2,8	11	90	530	30	Festuca	Hojas	Gral. Viamonte (Buenos Aires)	IX-67
7,2	2,0	23	50	290	31	Sorgo	Hojas	Gral. Viamonte (Buenos Aires)	IX-67
3,2	4,2	—	50	370	32	Pasto ovillo alfalfa	Hojas	Gral. Viamonte (Buenos Aires)	IX-67
5,0	6,6	22	170	750	33	Pastura natural	Hojas	Gral. Viamonte (Buenos Aires)	IX-67
7,0	4,3	21	30	50	68	Alfalfa	Hojas	Chillar (Buenos Aires)	
7,5	4,4	17	35	31	70	Alfalfa	Holas	Chillar (Buenos Aires)	
10,0	1,1	28	30	31	72	Alfalfa	Hojas	Chillar (Buenos Aires)	

Tomando como referencia la Tabla 4 puede inferirse de los resultados indicados en las Tablas 1 y 2, que son deficientes en cobre las muestras que tienen menos de 0,3 ppm, vale decir casi todas.

Para el molibdeno adoptamos como nivel mínimo 0,2 ppm, aunque en general se considera más seguro el análisis foliar. Por debajo de este nivel están las muestras Nº 87 a Nº 97. En la mayoría

de las muestras presentadas la situación es normal y en otras como las Nº 5, 7, 9, 37, 21, 22, 27, 49, 50, 52 y 54, excesivo.

En cuanto al manganeso la mayoría de las muestras resulta bien provista, lo que está de acuerdo con las cantidades que se encuentran en los vegetales.

Para el zinc el pH es factor importante. MAS-

TABLA 4. — Necesidades de oligoelementos en la nutrición vegetal animal (4, 5, 6)

Elemento en ppm	Para nutrición vegetal (5, 6)				Para nutrición animal (4)	
	En vegetal		En suelo		En vegetal	
	Desprovisto	Provisto	Desprovisto	Provisto	Desprovisto	Provisto
Cobre	menos de 4	4-20	menos de 0,3	más de 0,3	menos de 3	5-10
Molibdeno	menos de 0,1	más de 0,2	(¹)	(¹)	menos de 0,1-0,2	0,2-1
Manganeso	menos de 20	más de 20	menos de 20	30-60	menos de 10	más de 10
Zinc	menos de 20	25-150	menos de 0,5	más de 1,7 (²)	menos de 20	más de 30
Hierro	20-100	40-180	menos de 100	más de 100	—	80-100

(¹) Más adecuado el análisis foliar. (²) Depende del pH. (4, 5, 6).

SEY (10) relaciona el zinc extractable con el pH por medio de la ecuación:

$$Y = 99,2 - 12,2 X_1 + 10,9 X_2$$

Donde X_1 es el pH y X_2 el zinc extractable en ppm. Cuando el valor de Y es superior a 40 se considera el suelo bien provisto. La aplicación de la ecuación de MASSEY a las muestras de la Tabla 1 indica como deficiencias las muestras 1, 5, 43, 44 y 45 hecho que concuerda bastante bien con los valores hallados en los vegetales correspondientes. Si se extiende la aplicación de la ecuación a la Tabla 2, son deficientes las muestras N^{os} 20, 21, 23, 25, 27, 29, 50, 51, 53, 54, 91 y 96 estando bien provistas las N^{os} 19, 22, 26, 49, 87, 89, 90 y 94: las restantes están en el límite de deficiencia.

Oligoelementos en la nutrición vegetal (5)

La comparación de las Tablas 1 y 3 con la 4 permite aventurar los siguientes diagnósticos:

Cobre, nivel deficiente. En general solamente el 10 % de las muestras sobrepasa una concentración de 10 ppm de este elemento.

Molibdeno, no hay deficiencia. Son escasos los valores que están por debajo de 1 ppm. Ninguno es menor de 0,1 ppm.

Zinc, si bien no hay déficit extremo, el grupo de valores hallado está en el límite crítico.

Manganeso, no hay deficiencia.

Hierro, puede admitirse que no hay deficiencias aunque considerando con reservas los resultados, debido a la posibilidad de contaminación.

Oligoelementos en la nutrición animal (4)

Cobre y molibdeno, aunque desde el punto de vista de la nutrición animal la interacción cobre-molibdeno-anión sulfato es compleja y no está totalmente aclarada, se considera, en general, peligroso un contenido en molibdeno mayor de 3-5 ppm y en estas condiciones el cobre debe estar entre 6 y 10 ppm. Si el molibdeno se encuentra en menos de 0,1 ppm y el cobre en dosis normales puede temerse un envenenamiento crónico por acumulación de cobre en el hígado. Concentraciones de más de 5 ppm de molibdeno en forrajes producen deficiencias de cobre.

De las Tablas 1 y 3 se llega a los diagnósticos siguientes:

Son deficientes, o en el límite mismo de deficiencia con respecto al cobre, las muestras N^{os} 4, 8, 10, 11, 12, 30, 32, 33, 41, 42, 46, 47, 48, 56, 58, 60 y 62; si además se tiene en cuenta la concentración de molibdeno resulta que las muestras N^{os} 13, 14, 38, 39, 68 y 70 son deficientes en cobre, pese a tener valores aceptables del mismo, debido a su alto contenido en molibdeno. Por otra parte hay que considerar los casos extremos: las muestras N^{os} 4, 8, 33, 58, 68 y 70, en las cuales con tenores de cobre considerados bajos, la concentración de molibdeno es excesiva.

Finalmente pueden considerarse como normales las muestras N^{os} 6, 31, 40, 64, 66 y 72.

Manganeso: una concentración de 7-10 ppm de este elemento se considera suficiente para la nutrición animal. Las muestras analizadas no presentan pues deficiencia con respecto al manganeso.

Zinc: los requerimientos oscilan en los límites mínimos entre 20 y 30 ppm. En nuestro caso se observa que la mayoría de las muestras se encuentran en esos límites mínimos y aún algo más bajos.

Será interesante considerar la posibilidad de delimitar las zonas de carencia y desequilibrio en oligoelementos no sólo con el análisis químico de suelos y forrajes, sino también con el diagnóstico clínico veterinario en los animales de granja.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que en las forrajes de ciertas áreas de la provincia de Buenos Aires, a saber: General Viamonte, Rauch, Tandil y San Cayetano y en la provincia de Córdoba en la localidad de Chilbroste existen deficiencias de cobre para la nutrición animal. Los valores hallados oscilan entre 0,6 y 5 ppm.

En las áreas citadas se han determinado altos niveles de molibdeno: 12-13 ppm en Chilbroste y 4-6,6 ppm en Chillar, General Viamonte y Santa Regina.

Se ha demostrado la existencia de un pronunciado desequilibrio en las concentraciones relativas de cobre-molibdeno en General Viamonte, Rauch, San Cayetano y Chilbroste.

Se han introducido algunas variantes metodológicas que permiten lograr mayor rapidez y simplicidad, con el fin de que las determinaciones de oligoelementos puedan ser prácticas de rutina.

Agradecimientos

El autor expresa su agradecimiento al Prof. Ing. I. MIZUNO por la cesión del laboratorio en la Cátedra de Edafología; a los Profesores Dr. A. H. GUERRERO e Ing. I. MIZUNO por las sugerencias y lectura de los originales y al Sr. J. CIARAMELLA por su colaboración en la preparación de las muestras.

BIBLIOGRAFIA

1. MIZUNO, I. *Contribución al conocimiento del cobre en la secuencia suelo-planta-animal*. Ingeniería Agronómica. Buenos Aires 23 (3) p 9-14. jul. set. 1965.
2. BARBERIS, L. A. y MIZUNO I. *Manganeso en la nutrición*. Ingeniería Agronómica. Buenos Aires p 37-40. abr. set. 1964.
3. BELTRAN F. F. *Determinación colorimétrica de molibdeno en suelos por ensayos directos y en relación con su importancia biológica*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (Buenos Aires) 1961. 92 p.
4. UNDERWOOD, E. J. *Trace elements in human and animal nutrition*. Second Edition. New York. Academic Press. Inc. 1966. 429 p. cita p. 93.
5. CHAPMAN, H. D. *Diagnostic criteria for plants and soils*. Univ. of California. Division of Agricultural Sciences. 1966. 793 p.
6. CHAPMAN, H. D. & PRATT, P. F. *Methods of analysis for soils plants and waters*. University of California. Division of Agricultural Sciences. 1961. 309 p.
7. BLACK, C. A. EVANS, D. D. WHITE, J. L. ESMINGER, L. E. & CLARK F. E. *Methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological properties. Madison. Wisconsin. USA. American Society of Agronomy Inc. Publishers. 1965. p 771-1572.
8. (Instituto Argentino para la Racionalización de Materiales) *Norma IRAM N° 5593*. Método para determinar contenido de aceite en girasol. Buenos Aires.
9. SANDELL, E. B. *Colorimetric determinations of traces of metals*. 2nd. edition New York. Interscience Publishers Inc. 1950. 673 p.
10. MASSEY, H. E. *Relation between dithizone extractable zinc in the soil and zinc uptakes by corn plants*. Soil Sc. 83 (2): 123-129. 1957.