

197
24



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

RELACION DE MINERALES ESENCIALES EN OVINOS CRIOLLOS EN PASTOREO EXTENSIVO CON EL ALIMENTO Y EL SUELO EN LA REGION DE PARRES, D. F.



T E S I S

Que para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P r e s e n t a :

Manuel Esteban Rivero Ruíz



Asesores: M.V.Z. René Rosiles Martínez
M.V.Z. Jesús Romero Martínez



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
MATERIAL Y METODOS	7
RESULTADOS	
1. Suelo	10
2. Vegetales	10
3. Animales	11
4. Correlación Suelo/Suelo	11
5. " Vegetal/Vegetal	12
6. " Suero/Suero	12
7. " Suelo/Vegetal	12
8. " Vegetal/Suero	13
9. " Suelo/Suero	13
DISCUSION	
1. Suelo	26
Correlación pH minerales en suelo	27
2. Vegetales	28
3. Animales	30
LITERATURA CITADA	34

RESUMEN

RIVERO RUIZ, MANUEL ESTEBAN. Relación de minerales esenciales en ovinos criollos en pastoreo extensivo con el alimento y el suelo en la región de Parres, D.F. (bajo la dirección de René Rosiles Martínez y Jesús Romero Martínez).

Se estudió la relación suelo-vegetal-animal en diez minerales esenciales calculando media, desviación estándar y correlación lineal simple. Se colectaron 30 muestras de suelos, 90 vegetales y 30 de suero sanguíneo de ovinos. La determinación de los minerales se hizo por espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados del análisis de suelos dieron un rango de pH que va de 5.91 a 6.7 (6.33) y los valores de la concentración mineral fueron (mg/kg): Ca: 11012, Mg: 147, Na: 352, K: 425, Fe: 33.35, Cu: 1.09, Mn: 21.05, Co: 0.55. Los vegetales muestreados tuvieron los siguientes promedios (mg/kg): Ca: 1388, Mg: 648, Na: 1943, K: 1326, Fe: 383.2, Cu: 14.1, Mn: 45.1, Co: 1.05, Mo: 54.7. El Se no fue detectado. En el suero se encontraron los siguientes valores promedio (mg/dl): Ca: 36.27, Mg: 5.11, Cu: 0.697, Na: 2100 y K: 40.4. El Mn, Co, Mo y Se no fueron detectados. Los coeficientes de correlación más sobresalientes ($P < 0.001$) fueron: en suelos, Ca-Mg y Na-Mn; en vegetales Ca-Cu; Ca-Mn; Na-Mg; Mg-Cu y Cu-Mn; en el suero: Ca-Mg. Los coeficientes más sobresalientes en la relación suelo-planta-animal, se encontraron entre vegetales y suero ($P < 0.01$) y fueron, siguiendo la relación Vegetal: Suero, Ca: Na, Co:K y Co: Fe.

De acuerdo con los promedios obtenidos en los minerales de vegetales, el Mg, Na, K, Mn y Co llenan los requerimientos del National Research Council (NRC) para ovinos. Los promedios encontrados en los sueros de ovinos están por encima de los rangos citados por otros autores, salvo el Cu y Fe. Se mencionan las principales interacciones minerales que pueden haber afectado los resultados y se emiten algunas recomendaciones para estudios posteriores y, en su caso, para la corrección de la dieta.

INTRODUCCION

Todos los tejidos del organismo animal contienen minerales en cantidades que deben mantenerse dentro de límites muy estrechos para que se conserve normal la integridad de los tejidos y para que no se altere el crecimiento, salud y productividad del animal. Para esto debe suministrarse una dieta que contenga los minerales en cantidades adecuadas y en forma que puedan utilizarse al igual que los demás nutrientes como son energía, proteínas y vitaminas (20). La dieta que contenga tales nutrientes puede ser satisfecha por vegetales, los cuales toman de la solución del suelo los siguientes elementos esenciales: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), hierro (Fe), manganeso (Mn), boro (B) y cloro (Cl), en cantidades que puedan satisfacer sus propias necesidades, así como las del ganado en pastoreo. Además de los elementos esenciales, los vegetales extraen del suelo: selenio (Se), cobalto (Co), yodo (I), aluminio (Al), silicio (Si), etc., de los cuales los tres primeros son esenciales para los rumiantes (23).

De entre los muchos factores que afectan la relación suelo-vegetal-animal, destaca especialmente el conocimiento de la fertilidad del suelo. La llamada fertilidad se refiere a los elementos que la planta toma del suelo y que son indispensables para su nutrición y desarrollo (6).

Muchas plantas de cultivo son dañadas por la alcalinidad o la acidez excesivas. Los nutrientes para las plantas de cultivo no son fácilmente asimilables en un suelo muy alcalino o muy ácido (8). Algunos elementos cuya disponibilidad guarda una correlación directa con el pH, son: el cobre (Cu), zinc (Zn) y molibdeno (Mo) que bajo condiciones de acidez pueden resultar limitantes de la producción. Muchas veces en suelos fuertemente ácidos aparecen deficiencias de ellos (5).

Según Pettinger y colaboradores (1980), los rangos de pH más favorables a la asimilación de los elementos minerales son: Para el K de 6 a 8.5; Ca y Mg de 7 a 8.5; Mn de 4.5 a 6; Cu de 5 a 7 y Mo de 7 a 8.5. Con excepción del Mo la asimilación de los elementos es mejor en un medio ácido (25).

Bahía (1976) señala que en Minas Gerais los niveles de potasio (K) son bajos cuando tienen valores de 60 ppm; medios de 60-120 y arriba de 121 son adecuados para el crecimiento del vegetal (23).

Hay ciertas plantas que retienen más fácilmente el Se que otras; cuando las concentraciones van de 8.5 ppm a 500 ó 1000 ppm los animales padecen enfermedades crónicas o de intoxicación. Lo anterior se desprende según las concentraciones existentes en el suelo. Un suelo con 0.5 ppm de Se es pobre en este elemento (6,24).

El Cu está estimado en 55 y 70 ppm en rocas ígneas y en sedimentarias de 5 a 45 ppm, pero el contenido en suelos derivados de cenizas volcánicas oscila entre 0.6 y 27 ppm, de acuerdo a los resultados presentados por Blasco, 1968 (23).

No basta con encontrar un elemento en el vegetal para sacar la conclusión de que es verdaderamente indispensable. Hay que considerar que algunos elementos son esenciales para los animales sin que lo sean para el vegetal de que se alimentan y viceversa. Como el Mo, que es necesario para los animales y no para los vegetales (7).

Everson (1970) en sus estudios indica que 40 ppm de Mn en los vegetales pueden ser consideradas como adecuadas; de 20 a 40 ppm, límites mínimos y menos de 20 ppm son deficientes para los rumiantes (23).

Los niveles más bajos de cobalto en forrajes para ser adecuados en la alimentación de los animales deberán ser de 0.10 ppm y valores menores de 0.08 ppm son deficientes (23).

En los animales las múltiples interrelaciones entre minerales esenciales o no, influyen directa o indirectamente en el aprovechamiento de cualquier otro elemento mineral. La ingestión continua de dietas deficientes o muy ricas en minerales determina invariablemente cambios en el funcionamiento o en las concentraciones de los fluidos orgánicos. Como ejemplo se tiene que la asimilación de cobre (Cu) en el aparato digestivo es afectada por el Mo, S y Cd. (7,12,21).

Se realizó un estudio en ovinos criados en confinamiento en la región de Parres, D.F. encontrándose los siguientes valores minerales en suelo: Ca 0.36 - 0.46%; Mg 0.01-0.02%; Mn 251 - 392 ppm; Cu 4.3 - 6.5 ppm; Na 0.01 - 0.03%; K 0.01 - 0.02%; Co 5.5 - 6.5 ppm; Fe 0.26 - 0.47%. En el suero los valores fueron: Ca 15 a 40 mg/100ml; Mg 2.6 a 3.9 mg/100ml; K 13 a 17 mg/100ml; Cu 0.15 a 0.21 mg/100ml; Na 233 a

308 mg/100ml y Fe 2.2 a 3.0 mg/100ml (2).

Urzuigila (22) encontró en ovinos confinados 98 - 160 mg/100ml de Fe sérico. Georgievskii (7) señala que los valores séricos de Ca están entre 10 - 12 mg/100ml; Mn 0.04 - 0.05 mg/100ml; K 18 mg/100ml; Na 320 a 340 mg/100ml; Cu 0.10 - 0.15 mg/100ml; Mg 1.8 - 2.5 mg/100ml; Fe 0.06 - 0.10 mg/100ml y Co 0.005 - 0.005 - 0.01 mg/100ml.

Los suelos de la región de Parres se clasifican dentro del orden Inceptisol suborden Andéptico. Derivan de cenizas volcánicas y tienen un contenido de materia orgánica de entre 2 y 15% (15) por lo que se denominan suelos minerales. En este tipo de suelos el pH más adecuado para la disponibilidad de los diferentes nutrientes es alrededor de 6.5 (4). Los suelos de esta región están rodeados por zonas boscosas con fuertes lluvias, lo que da al suelo una reacción ácida característica de este tipo de suelos lixiviados (5).

El desconocimiento del contenido de minerales en plantas silvestres y su interrelación con el suelo como fuente y los ovinos como receptores del contenido de minerales, han sido considerados como motivación para el desarrollo del presente trabajo que tiene como

HIPOTESIS

Los suelos de la región de Parres son deficientes en calcio, magnesio, cobre y molibdeno para la nutrición de los vegetales pastoreados por los ovinos. El contenido que de estos minerales tengan el suelo, vegetales y suero de los ovinos guarda una correlación estrecha.

OBJETIVOS

- a) Evaluar el contenido de Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Mn, Co, Mo y Se en suelos arables y su correlación con el pH del suelo.
- b) Cuantificar el contenido de minerales en pastizales naturales, residuos de cosechas y suero sanguíneo de ovinos en pastoreo.

c) Estudiar la correlación entre los minerales del suelo, vegetales y suero de ovinos.

MATERIAL Y METODOS

El presente estudio se realizó en los terrenos comunales en que pastorean varios rebaños de ovinos y que se ubican en la Delegación de Tlalpan, al sur del poblado San Miguel Topilejo. Las coordenadas de dichos terrenos son: 19° 10' de latitud norte y 99° 9' de longitud oeste. La altitud va de 2700 a 2900 msnm, la precipitación pluvial anual es de 800 a 1200 mm y el clima corresponde al tipo C (w2) (w) (bi) i ; templado subhúmedo, el más húmedo de los templados subhúmedos con lluvias de verano (*).

Los predios del estudio se conocen como Apantenco, La Reja y Xalpitongo. Cubriendo una superficie aproximada de 100 ha se colectaron un total de 150 muestras; 30 de suelos, 90 de vegetales y 30 de suero sanguíneo de ovino.

Las muestras de suelo se tomaron con ayuda de una pala de 0-15 cm de profundidad y en forma de zig zag, pesando 300 g de tierra aproximadamente, utilizando bolsas nuevas de plástico previamente identificadas.

El muestreo de los vegetales se llevó a cabo colectando aquellos que acostumbran consumir los ovinos de acuerdo a la información dada por los pastores en cada uno de los predios citados. Los vegetales fueron

(*) CETENAL, Carta de Climas México 14 Q-V. Secretaría de la Presidencia Dirección de Planeación. CETENAL, UNAM, Instituto de Geografía. 1970.

prensados en papel periódico anotando el nombre común (cuando fue posible investigarlo) para su posterior identificación botánica en el Herbario Nacional del Instituto de Biología o en el Herbario de la Facultad de Ciencias, ambos de la UNAM. Para tal identificación, así como para su procesamiento, fue necesario secar los especímenes adecuadamente exponiéndolos al sol y cambiando los papeles que los prensaban cada 24 hs. por un lapso de siete días.

Se tomaron 30 muestras de sangre de ovinos que son alimentados en los predios ya mencionados. La técnica que se utilizó fue la de punción en la vena yugular empleando tubos al vacío vacutainer debidamente identificados. Se dejaron reposar las muestras para favorecer la separación del coágulo y el suero sanguíneo. Posteriormente se centrifugaron a 2400 g y se extrajo el suero con una pipeta Pasteur el cual se conservó en congelación hasta el momento de su análisis.

Las muestras de suelos, vegetales y suero fueron colectadas a principios de diciembre de 1985 y una vez obtenidas todas ellas, se procedió a analizarlas en el laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Las tierras fueron trabajadas por el método de extracción ácida de cationes extractables modificada o técnica de Sprague & Slavin (1963). Estas muestras se analizaron en el espectrofotómetro de absorción atómica modelo 2380 Perkin-Elmer (14).

Del mismo extracto en solución de la tierra se obtuvieron los valores del pH de los suelos muestreados por medio de un potenciómetro Corning modelo 12.

En los vegetales y en el suero de ovinos se utilizó la técnica de Digestión Ácida. El proceso de análisis de las diferentes especies vegetales comprendió la planta completa. Una vez digeridas las muestras se diluyeron a 25 ml para leerse en el espectrofotómetro de absorción atómica. El sodio y el potasio fueron leídos en el flamómetro Corning modelo 490. Los sueros se agruparon de acuerdo a la edad de los animales.

Todo el material utilizado en el laboratorio para el manejo, preparación, conservación y análisis de las muestras de tierra, vegetales y suero fue sometido a un proceso de lavado con jabón bajo en fosfatos y enjuagado con agua desmineralizada, evitando con esto la contaminación.

Los métodos estadísticos empleados para el análisis de los resultados fueron la media, la desviación estándar y la correlación lineal simple que se calcularon con ayuda de una microcomputadora Denkin Corona haciendo uso del paquete SPSS junto con la hoja electrónica Lotus 1-2-3, del Laboratorio de Microcomputadoras para la Investigación de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico de la UNAM.

RESULTADOS

Los resultados de la determinación de minerales en suelo, vegetales y suero de ovinos se muestran a continuación:

1. Suelo

En el cuadro No. 1 se presenta el contenido de minerales detectados en muestras de suelo, el promedio y desviación estándar para cada uno de estos elementos, así como su correlación con el pH. En él se observa que el pH de las muestras colectadas varía en un rango de 5.91 a 6.78 con un promedio de 6.33. Puede apreciarse que el calcio fue el elemento más abundante en las tierras analizadas con una media de 12012.5 mg/kg mientras que el cobalto fue el que se encontró en menor proporción. Además, es importante señalar que molibdeno y selenio no fueron detectados.

En cuanto a la correlación con el pH se distinguen tres elementos con coeficientes significativos $P < 0.05$: magnesio, manganeso y cobalto.

2. Vegetales

La concentración mineral encontrada en vegetales se muestra en el cuadro No. 2. Como puede apreciarse, los especímenes muestreados se agruparon por familias dentro de las cuales sobresalió la I, Compositae que presentó el promedio más alto de calcio (5282 mg/kg), sodio (2786 mg/kg), hierro (1001 mg/kg), cobre (25.3 mg/kg), y cobalto (3.3 mg/kg). También es notoria la especie Arenaria reptans de la familia Caryophyllaceae que tiene las concentraciones más altas de magnesio y molibdeno con 1697 y 106 mg/kg respectivamente.

Los valores más altos para potasio y manganeso se encontraron: el primero en la familia Cruciferae con 6223 mg/kg y el segundo en Tinantia erecta de la familia Commelinaceae con 107 mg/kg.

En la parte final inferior del cuadro No. 2 se presentan los promedios y desviaciones estándar generales, es decir, se han tomado en cuenta todos los vegetales analizados.

3. Animales

En el cuadro No. 3 se presentan los promedios para las concentraciones de calcio, magnesio, hierro, cobre, sodio y potasio, en cada una de las edades de los animales. En los ovinos de un año de edad se hallaron los promedios más altos en el contenido sérico de hierro (1.2 mg/dl), sodio (2458 mg/dl) y potasio (45.4 mg/dl). En cambio magnesio y cobre se encontraron en mayor concentración en los corderos de seis meses de edad, con valores de 6.12 y 0.16 mg/dl respectivamente, mientras que el calcio se encontró en mayor cantidad en los ovinos de cuatro años de edad.

4. Correlación Suelo/Suelo

En el cuadro No. 4 se presentan los coeficientes de correlación entre los elementos del suelo. Sobresalen dos coeficientes altamente significativos ($P < 0.001$) entre magnesio y calcio con 0.6343, así como el que quedó establecido entre manganeso y sodio con 0.6890.

De manera semejante se encontraron coeficientes significativos ($P < 0.01$) del sodio (0.5186); del sodio con el cobalto (0.5554) y del cobalto con el manganeso (0.5390).

5. Correlación Vegetal/Vegetal

En el cuadro No.5 se presentan los coeficientes de correlación registrados entre los minerales de las plantas.

Se encontraron correlaciones altamente significativas ($P \leq 0.001$) entre calcio y cobre (0.6871); calcio y manganeso (0.6679); magnesio y sodio (0.6289); magnesio y cobre (0.7432); así como entre manganeso y cobre (0.7477).

En el mismo cuadro se aprecian dos coeficientes de correlación significativos ($P \leq 0.01$). El primero entre magnesio y manganeso con 0.5292 y el segundo entre cobre y sodio con 0.5391.

6. Correlación Suero/Suero

Los coeficientes de correlación formados entre los minerales del suero de ovinos se presentan en el cuadro No.6. Aquí es notoria la alta significancia ($P \leq 0.001$) entre calcio y magnesio, con un coeficiente de correlación (lineal simple) de 0,6303; también sobresalen dos valores significativos ($P \leq 0.01$) establecidos entre potasio y calcio con 0.6255 y el otro entre potasio y hierro con 0.5219 .

7. Correlación Suelo/Vegetal

En el cuadro No.7 se presentan los coeficientes de correlación entre los componentes minerales del suelo y los vegetales. El magnesio contenido en los vegetales presentó una correlación ($P \leq 0.05$) con el sodio del suelo (0,4636) y al mismo nivel de significancia el sodio vegetal registró con el hierro del suelo, un coeficiente de correlación de 0.4278.

El cobalto del suelo se correlacionó con una significancia $P < 0.05$ con el cobre (0.4171) y el manganeso (0.4302) de los vegetales. Otra correlación con la misma significancia pero con signo negativo, esto es, que al aumentar un elemento el otro disminuye, se detectó entre el molibdeno vegetal y el manganeso del suelo (0.4275).

8. Correlación Vegetal/Suero

Los coeficientes de correlación lineal simple entre el contenido mineral de vegetales y suero se presentan en el cuadro No. 8. La mayor significancia encontrada en esta relación fue $P < 0.01$ y corresponde a la que guardan el calcio vegetal con el sodio sérico (0.6247). Otros dos coeficientes pero con significancia $P < 0.05$ se obtuvieron entre el cobalto vegetal y dos minerales del suero; potasio con 0.4665 y hierro con 0.4227.

9. Correlación Suelo/Suero

En el cuadro No. 9 se resumen los coeficientes de correlación entre el contenido mineral de suelo y suero. Los coeficientes significativos mas altos ($P < 0.05$) se observaron entre potasio del suelo y sodio sérico (0.4405); manganeso del suelo y calcio sérico (0.4994); y finalmente entre el cobalto del suelo y el magnesio sérico (0.4092).

CUADRO No. 1

Contenido Mineral en suelos de la región
de Parres, D.F. y su correlación con el pH

Concentración en mg/kg

No. de muestra	pH	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Hierro	Cobre	Manganeso	Cobalto
1	6.28	15800	240	700	500	29.1	0.5	56.3	0.6
2	6.28	5100	124	500	400	74	0.9	29.6	1.5
3	6.37	15400	303	400	200	29.8	0.6	20.7	0.4
4	6.32	10600	165	575	1125	37.2	1	27.1	0.7
5	6.15	11400	130	400	437	44.4	0.7	28.3	0.7
6	5.91	17950	115	500	587	50	0.8	26.6	0.6
7	6.37	950	65	150	300	70.4	1	18.6	0.5
8	6.67	7057	66	250	350	37.9	1.2	9.3	a
9	6.2	10200	153	327	437	28.3	1.5	23	0.7
10	6.10	11200	133.5	500	387	46.3	1.6	38.4	0.9
11	6.27	9550	97	250	300	33.3	1.1	25.8	0.2
12	6.32	8600	86	400	387	29.2	1.2	19.9	0.2
13	6.28	9350	95	250	300	37.3	1.4	16.4	0.4
14	6.24	4400	57	200	462	14.2	0.5	4.4	a
15	6.44	12650	195	327	437	22.4	0.8	13.8	0.5

CUADRO No. 1 (Continuación)
 Contenido Mineral en Suelos de la Región
 de Parres, D.F. y su correlación con el pH

No. de muestra	Concentración en mg/kg								
	pH	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Hierro	Cobre	Manganeso	Cobalto
16	6.57	12650	151	327	325	42.7	1.3	19.5	0.8
17	6.62	11450	153	327	325	28.8	1	11.1	0.3
18	6.5	12400	183	327	450	28.5	1.3	11.2	0.4
19	6.66	15250	233	450	325	19.7	0.8	6.3	0.2
20	6.78	14350	312.5	327	450	11.9	0.6	9.9	0.3
21	6.46	11050	138.5	450	500	19.4	1.3	22.6	0.8
22	6.03	10150	83	575	400	23.8	1.4	25.3	1.1
23	6.3	15200	177.5	450	587	25.8	1.6	22.2	1
24	5.93	11600	81	500	250	21.2	1.3	19	0.6
\bar{X} :	6.33	11012.5	147.2	352.6	425.8	33.35	1.09	21.05	0.55
d. e. :	0.22	3916.9	70.2	158.6	177.5	15.4	0.36	11.08	0.35
r pH-mineral:	0.0046		0.4497 *	-0.1714	-0.0953	-0.2217	-0.0133	-0.4971 *	-0.4067

\bar{X} : Promedio

d. e. : Desviación Estándar

a: Concentración Indetectable

r : Coeficiente de Correlación * Significancia P < 0,05

EL SELENIO Y EL MOLIBDENO NO SE DETECTARON

CUADRO No. 2

Contenido mineral en vegetales de la región de Parres, D.F.

Concentraciones en mg/kg

Familia y especie	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Hierro	Cobre	Manganeso	Cobalto	Molibdeno
I COMPOSITAE									
<u>Artemisa mexicana</u> (estafiate)	1007	1005	2404	2884	188	20	25	3.4	0.15
<u>Gnaphalium chartaceum</u> (gordolobo)	10074	1416	4925	2662	923	50	187	11	0.27
<u>Ambrosia artemisaefolia</u> (artamisa)	5190	452	1384	2234	305	10	30	1.9	45
<u>Galinsoga parviflora</u>	8626	1280	2500	875	234	20	76	a	87
<u>Bidens pilosa</u>	1511	1309	4968	2838	3358	24	56	a	107
Promedio	5282	1092	2786	2141	1001	25.3	75.2	3.3	47.9
Desviación estándar	4081	388	2114	1176	1350	14.7	66.2	4.6	48.8
II CRUCIFERAE									
<u>Raphanus sativus</u> (rábano)	31	12	a	7756	2.14	2.7	0.23	a	44
<u>Brassica campestris</u> (nabo)	507	431	6424	769	57	5.8	8.6	0.39	68
<u>Brassica sp.</u>	1991	409	1449	10144	173	6.5	23	1.01	27
Promedio	843	284	1045	6223	77.7	5.0	10.9	0.46	47.01
Desv. est.	1022	235	570	4871	87.4	2.01	11.97	0.5	20.67
III UMBELLIFERAE									
<u>Daucus carota</u> (zanahoria)	903	422	640	425	149	8.41	27	0.78	80

a: Concentración indetectable

CUADRO No. 2 (Continuación)
 Contenido mineral en vegetales de la región de Parres, D.F.
 Concentraciones en mg/kg

Familia y especie	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Hierro	Cobre	Manganeso	Cobalto	Molibdeno
IV LEGUMINOSAE									
<u>Pisum sativum</u> (chicharo)	609	391	280	1074	58	6.5	7.6	a	65
<u>Vicia sativa</u>	414	666	776	1463	109	14	8.8	a	51
Promedio	511	528	528	1268	83.7	10.51	8.2	-	58.6
Desviación estándar	137	194	350	274	36.2	5.63	0.8	-	9.6
V POLYGONACEAE									
<u>Rumex conglomeratus</u>	456	391	1150	1287	171	5.8	97	1.35	33
VI SOLANACEAE									
<u>Solanum tuberosum</u> (papa)	1632	452	1585	603	332	17	48	2.50	40
VII MALVACEAE									
<u>Malva parviflora</u>	446	432	1296	1037	69	20	18	a	45
VIII CHENOPODIACEAE									
<u>Spinacea oleracea</u> (espinaca)	392	528	1759	1666	261	10	59	1.47	36
<u>Chenopodium graveolens</u> (epazote cimarrón)	442	431	308	2066	48	5.9	20	a	69
Promedio	478	477	809	962	154	8.36	39.5	-	36.5
Desviación estándar	76	51	655	1056	150	1.96	16.2	-	23.6

a: Concentración indetectable

CUADRO No. 2 (Continuación)
 Contenido mineral en vegetales de la región de Parres, D.F.
 Concentraciones en mg/Kg

Familia y especie	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Hierro	Cobre	Manganeso	Cobalto	Molibdeno
IX COMMELINACEAE									
<u>Tinantia erecta</u>	2077	1017	3340	2478	448	20	107	1.7	60
X CARYOPHYLLACEAE									
<u>Arenaria reptans</u>	1737	1697	5933	5301	487	24	61	a	106
XI GRAMINEAE									
<u>Bromus anomalus</u>	359	918	2195	1290	729	15.4	15.4	a	134
<u>Muhlenbergia macroura</u>	532	520	1650	1068	91	8.7	9.75	a	72
<u>Poa annua</u>	1257	1080	1956	2164	232	11	26	a	60
Promedio	716	839	1933	800	351.2	11.9	17.3	-	88.9
Desviación estándar	476	288	272	1181	335	3.3	8.7	-	39.4
XII HYDROPHYLLACEAE									
<u>Phacelia platycarpa</u>	1381	817	1526	809	203	11	26	a	75
XIII CAPRIFOLIACEAE									
<u>Symphoricarpus microphyllus</u>	1438	1011	1036	1166	308	17	85	a	57
<hr/>									
PROMEDIO GENERAL	1388	648	1943.4	1326	383.2	14.1	45.1	1.05	54.7
Desviación estándar	1292	437	1372	1382	642	9.7	41	2.2	32.6

a: Concentración indetectable

El selenio no fué detectado

CUADRO No. 3

Contenido mineral de sueros de ovinos de la región de Parres, D.F.,
agrupados por edades

Edades	(mg / dl)					
	Calcio	Magnesio	Hierro	Cobre	Sodio	Potasio
Seis meses \bar{X}	35.39	6.12	0.475	0.16	1758	36.67
(n= 15) d.e.	6.34	3.04	0.25	0.1	1222	19.3
Un año \bar{X}	35.83	4.66	1.2	0.13	2458	45.4
(n= 6) d.e.	26	2.96	0.37	0.03	438.9	6.9
Cuatro años \bar{X}	37.61	4.56	0.416	0.14	2086	39.13
(n= 9) d.e.	8.6	0.51	0.149	0.02	320.3	13.05
Promedios Generales \bar{X}	36.27	5.11	0.697	0.143	2100.9	40.4
d.e.	8.76	2.17	0.256	0.05	350	4.5

\bar{X} : Promedio

d.e. : Desviación estándar

No. de ovinos muestreados: 30

El manganeso, cobalto, molibdeno y selenio no se detectaron

CUADRO No. 4

Coefficientes de correlación lineal simple
entre el contenido de minerales del suelo

	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cu	Mn
Magnesio	0.6343 **						
Sodio	0.5186 *	0.2741					
Potasio	0.1402	0.0759	0.4120				
Hierro	-0.4203	-0.3385	-0.0460	-0.0203			
Cobre	-0.0944	-0.4179	-0.0232	-0.0832	0.0471		
Manganeso	0.1981	0.0748	0.6890 **	0.2554	0.3356	0.0189	
Cobalto	0.0411	-0.0136	0.5554 *	0.2163	0.4268	0.3329	0.5390 *

Coefficientes de correlación significativos:

* $P < 0.01$

** $P < 0.001$

CUADRO No. 5

Coefficientes de correlación lineal simple
entre el contenido de minerales de vegetales

	Ca	Mg	Na	K	Fe	Cu	Mn	Co
Magnesio	0.4884							
Sodio	0.3154	0.6289 **						
Potasio	-0.0375	-0.1576	0.0369					
Hierro	0.1661	0.4652	0.4760	0.0458				
Cobre	0.6871 **	0.7432 **	0.5391 *	-0.1235	0.4382			
Manganeso	0.6679 **	0.5292 *	0.3537	-0.0226	0.2983	0.7477 **		
Cobalto	0.0120	-0.0976	-0.0574	-0.1533	0.0975	0.0960	0.0479	
Molibdeno	-0.1798	0.0943	0.1940	-0.3096	0.2676	-0.1476	-0.2807	-0.1369

Coefficientes de correlación significativos :

* $P < 0.01$

** $P < 0.001$

CUADRO No. 6

Coefficientes de correlación lineal simple
entre el contenido de minerales del suero

	Ca	Mg	Na	K	Fe
Magnesio	0.6303 **				
Sodio	0.0161	-0.0377			
Potasio	0.6255 *	0.2511	0.0817		
Hierro	0.2784	-0.0262	0.1466	0.5219 *	
Cobre	0.0690	-0.2217	0.0696	0.1152	-0.0851

Coefficientes de correlación significativos : * $P < 0.01$
** $P < 0.001$

CUADRO No. 7
 Coeficientes de correlación lineal simple
 entre el contenido mineral de suelo y vegetales

		-	-	-	S	U	E	L	O	-	-	-
		Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Hierro	Cobre	Manganeso	Cobalto			
V	Calcio	-0.1883	0.1255	0.3234	0.3985	0.3932	-0.1632	0.1565	0.4010			
E	Magnesio	0.0784	0.2631	0.4636*	0.2297	-0.0689	-0.1759	0.0701	0.2887			
G	Sodio	-0.3049	0.0831	0.0062	-0.0192	0.4278*	-0.2288	0.0122	0.2137			
E	Potasio	0.1679	-0.0892	0.1713	-0.0799	0.2540	0.0851	0.1372	-0.0636			
T	Hierro	-0.0146	0.0664	0.0768	-0.0052	0.2072	-0.2366	0.1358	0.2000			
A	Cobre	-0.1416	0.1258	0.3390	0.1431	0.2322	-0.3064	0.1408	0.4171 *			
L	Manganeso	-0.2160	-0.0668	0.1576	0.0338	0.3547	0.0954	0.0254	0.4302 *			
E	Cobalto	-0.3708	-0.2722	-0.3039	0.0391	-0.2492	-0.3529	-0.3013	-0.3117			
S	Molibdeno	0.1709	0.2979	-0.1805	0.1760	-0.3956	-0.1271	-0.4275*	-0.2452			

Coeficientes de correlación significativos : * $P < 0.05$

CUADRO No. 8
 Coeficientes de correlación lineal simple
 entre el contenido mineral de vegetales y suero

		-	-	S	U	E	R	O	-	-	-	
V		Calcio		Magnesio		Sodio		Potasio		Hierro		Cobre
E	Calcio	-0.0704		0.0792		0.6247 **		-0.0132		-0.0700		-0.1292
G	Magnesio	0.0996		-0.0077		0.1363		0.0922		-0.0202		-0.1292
E	Sodio	0.0305		-0.0181		-0.0175		0.0582		0.0533		-0.3075
T	Potasio	-0.0434		-0.0671		-0.3234		-0.2638		-0.1431		-0.1136
A	Hierro	0.1579		0.3381		-0.1784		0.0247		0.0414		-0.1379
L	Cobre	0.1829		0.2431		0.1281		0.2833		0.2000		-0.2063
E	Manganeso	0.1165		0.1686		0.2341		0.0916		-0.1221		-0.1885
S	Cobalto	0.1748		-0.0453		0.1228		0.4665 *		0.4227 *		-0.0139
	Molibdeno	-0.2602		-0.1791		0.0433		-0.3476		-0.2336		0.0203

Coeficientes de correlación significativos : * $P < 0.05$
 ** $P < 0.01$

CUADRO No. 9
 Coeficientes de correlación lineal simple
 entre el contenido mineral de suelo y suero

		-	-	S	U	E	R	O	-	-	
		Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Hierro	Cobre				
S	Calcio	-0.0197	0.0655	-0.0147	-0.1567	0.2161	-0.0985				
	Magnesio	0.1099	0.1826	0.2475	0.0266	0.2636	-0.1865				
U	Sodio	0.2693	0.2061	0.1659	0.1567	0.1151	-0.2676				
E	Potasio	-0.1188	-0.1498	0.4405 *	-0.0538	0.0044	-0.2130				
L	Hierro	-0.1408	0.0945	-0.0190	-0.1652	-0.1521	-0.0592				
	Cobre	0.0856	0.1118	-0.0280	-0.3221	-0.4011	-0.0610				
O	Manganeso	0.4994 *	0.3609	0.0179	0.3658	0.2520	-0.0512				
	Cobalto	0.1824	0.4092 *	0.2226	0.0254	-0.1333	-0.2538				

Coeficientes de correlación significativos : * P < 0.05

DISCUSION

De la interpretación de los resultados expuestos anteriormente, surgen las siguientes deliberaciones:

1. Suelo

Los valores de pH en las muestras de suelo de la región estudiada, al encontrarse entre 5.9 y 6.78 con un promedio de 6.33, permiten clasificarlos como ligeramente ácidos (11, 17), estableciendo una concordancia con la hipótesis planteada al inicio de este trabajo. Este pH es adecuado para pastos y es considerado el mejor para la mayoría de los cultivos forrajeros (4). El pH promedio (6.33) registrado en esta investigación, difiere del 5.5 reportado en estudios previos realizados en la misma región (2).

De manera semejante, al comparar los valores del contenido mineral del suelo en el presente estudio, con el efectuado por Córdoba (2) en la misma región en 1985, se observan concentraciones que difieren al compararse, como por ejemplo, el Ca, que es 2.7 veces superior al Ca cuantificado por Córdoba. El K también fué 2.7 veces mayor. Sin embargo, el Fe tuvo un promedio que es 102 veces más abundante en el trabajo de Córdoba. Otros valores que éste autor encontró superiores a la presente tesis fueron: manganeso, 15 veces mayor; Cobalto, 10.7 veces más abundante y Cobre, 4.8 veces superior.

Al parecer, el origen de estas diferencias en la composición del suelo se debe a que Córdoba tomó muestras de otros predios dentro de la misma región, las cuales, con un pH de 5.57 ya permiten clasificar a esos suelos como moderadamente ácidos (17). Además los suelos muestreados por Córdoba

son suelos destinados al cultivo mientras que los referentes a este estudio son en su mayoría suelos silvestres de pastizal nativo que no se cultivan ni se fertilizan artificialmente.

Correlación pH-minerales en suelo

En el cuadro 1 se encontraron tres valores de correlación significativos $P < 0,05$. El primero quedó establecido entre el pH y el Mg con 0,4497 lo que sugiere que al ser más abundante el Mg, el suelo se hace más alcalino. El segundo fue de -0,4971 entre el pH y Mn; en estos dos casos se observó que cuando las tierras de Parres contienen más Co y Mn disminuye su pH.

El hecho de que el magnesio disminuya y el manganeso aumente en suelos ácidos concuerda con otros resultados obtenidos en Norteamérica (4,11).

Al tomar como referencia la concentración de Ca y Mg que Breland, citado por Córdoba (2), reporta para Ca y Mg en suelos ligeramente ácidos, hacen que el Ca y Mg del suelo de la región estudiada con 11,012 y 147 mg/kg respectivamente, se consideren altos. Además, estos dos elementos se encuentran correlacionados $P < 0,001$ en el suelo (Cuadro No.4).

Los niveles de sodio (352.6) y potasio (425.8) hallados, son mayores que los registrados por Córdoba. El Na no es requerido por las plantas (4) pero el K sí lo es; Bahía, citado por Córdoba (2) señala que en suelos de Minas Gerais, Brasil, más de 121 ppm (mg/kg) de K son adecuadas para el crecimiento vegetal. Cabe señalar que el Na se correlacionó ($P < 0,01$) con el Ca (Cuadro No.4).

El cobre se encontró con un valor promedio de 1,09 mg/kg que coincide con los resultados presentados por Blasco en 1968, quien señala que el

contenido de este mineral en suelos derivados de cenizas volcánicas oscila entre 0.6 y 27 ppm; aunque un suelo con contenido adecuado de este elemento para las plantas debe tener desde 6 ppm si es suelo mineral y mas de 30 ppm si es suelo orgánico (10).

2. Vegetales

El análisis de los valores obtenidos de la composición mineral de los vegetales (Cuadro No. 2) sugiere que el magnesio, sodio, potasio, manganeso y cobalto, pueden satisfacer las necesidades de éstos marcadas por el National Research Council (NRC) para ovinos (13); sin embargo, el resto de los promedios de los minerales estudiados no cuenta con niveles adecuados a las necesidades ovinas en sus diferentes edades y etapas productivas, por lo que en ellos se centrará la discusión.

Tomando en cuenta que la única fuente de alimento son las plantas que pastorean los animales para cubrir sus necesidades minerales, el promedio del Ca (1388 mg/kg) resulta inferior a las necesidades indicadas por el NRC (0.21 - 0.52 % ó 2100 - 5200 mg/kg) aunque hasta el momento al parecer no se han presentado problemas metabólicos en los animales por esa deficiencia. Además es posible que el fósforo se encuentre a niveles adecuados para que junto con el magnesio, que se detectara dentro de lo normal y con la participación de otros factores como la luz del sol hayan evitado problemas por la relativa carencia de calcio. Los animales seleccionan las partes mas nutritivas de las plantas (hojas y tallos jóvenes) y ésta pudiera ser otra razón ya que presentan una mayor concentración de este mineral en sus tejidos. De acuerdo con Simpson (16), el nivel de calcio en vegetales varía

principalmente con el pH del suelo, el encalado y la concentración de Mg en el suelo, el cual es antagonista del Ca. La cal reduce la absorción excesiva de K y aumenta la de Ca, lo cual es una medida práctica desde el punto de vista económico y nutricional ya que el Ca es comúnmente deficiente en raciones animales mientras que el K está en exceso (4).

Es notable la existencia de una correlación significativa $P < 0.001$ entre el Ca y el Cu, mineral que también está en los límites mínimos para satisfacer las necesidades nutricias de los animales (Cuadro No. 5).

Los minerales del suelo no siempre pueden ser tomados por la planta. Los minerales de rocas no expuestas a los agentes atmosféricos pueden contener grandes cantidades de Ca, K y otros elementos forma de silicatos que no pueden ser absorbidos por la planta debido a su estado químico (16).

El hierro del suelo con 33.35 mg/kg promedio es un valor que seguramente con la influencia del pH ligeramente ácido y la intervención de otros elementos (ver Cuadro No. 7), se encuentra altamente disponible para los vegetales, ya que estos registraron un promedio de 383.2 mg/kg que resulta alto para las necesidades que marca el NRC para ovinos (30 -50 mg/kg) (13), aunque no parece representar peligro de toxicidad hasta ahora.

El nivel promedio de cobre cuantificado, 14.1 mg/kg, parecería estar dentro del rango normal de acuerdo a los 7 mg/kg recomendados por el NRC; sin embargo, el Mo registró una concentración promedio de 54.7 mg/kg que no permite establecer una relación Cu : Mo de 10 : 1 (10). Este hecho, aunado a las altas cantidades de hierro detectadas en las diferentes especies vegetales, así como el Fe proveniente de tierra ingerida (18), posiblemente

limita de manera grave la disponibilidad de Cu para los animales en pastoreo porque tanto el Fe como el Mo entre otros elementos, son antagonistas del Cu.

3. Animales

Los promedios valorados en los sueros de los ovinos estudiados (Cuadro No. 3) estan por encima de los rangos citados por otros autores (2, 8, 10) salvo el cobre y el hierro. En el caso del cobre el promedio detectado fue de 0.143 mg/dl vs. 58 -160 ug/dl que reporta Kaneko (8). Sin embargo es importante señalar que la concentración sérica de este mineral puede permanecer normal aun cuando los animales sufran una deficiencia revelada por el bajo contenido de cobre en el hígado (10, 18). El valor considerado normal por Underwood en este órgano es de 100 a 400 ppm (21).

La etiología de la deficiencia de cobre se ha esclarecido gracias a hallazgos recientes (18) como son:

La baja disponibilidad de Cu en pastos frescos o succulentos en comparación con forrajes conservados.

La inhibición de la absorción de Cu por pequeños incrementos del Mo y S contenidos en la pastura, al igual que por el Fe ingerido junto con la tierra.

La gran diferencia en la absorción intestinal de Cu entre las diferentes razas de ovinos como la Escocesa de Cara Negra que es menos eficiente en dicha absorción de cobre. Asimismo el status de Cu de un rebaño puede modificarse completamente en tan solo cuatro generaciones seleccionando pie de cria con concentraciones plasmáticas de Cu altas o bajas según se requiera.

Por lo señalado anteriormente, es muy posible que existan niveles

deficientes de Cu en los animales de esta región, por lo que sería recomendable hacer estudios evaluando cobre hepático y si fuera necesario, corregir esta deficiencia por el método mas conveniente (10).

Para el Fe se promediaron 0,697 mg/dl que podrían considerarse un valor alto si se compara con el rango citado por Kaneko (8), 166 - 222 ug/dl; o bien, quedar deficiente si se confronta con el promedio hallado por Córdoba (2), 2,4 mg/dl; aunque en otros estudios se ha visto gran variación del hierro en el suero con valores hasta de 98 - 160 mg/dl (22).

En este estudio el valor del hierro sérico parece haber sido afectado por los valores del cobalto vegetal que por cierto, es esencial para la fijación del nitrógeno en cultivos de leguminosas (16), ya que se encontró un coeficiente de correlación significativo $P < 0.05$ entre estos dos elementos (Cuadro No. 8).

El promedio de calcio detectado fue de 36,27 mg/dl y el de magnesio de 6,12 mg/dl vs. 11,5 - 12,8 de Ca y 2,2 - 2,8 mg/dl de Mg que cita Kaneko (8), por lo que podrían parecer elevados; no obstante dichos rangos de referencia son calculados considerando Ca y Mg ionizables, mientras que en esta investigación los elementos fueron evaluados en forma total. Esta justificación es válida también para los resultados obtenidos en Na y K, ya que los promedios de 2100,9 y 40,4 mg/dl respectivamente, parecerían exacerbados al confrontarse con los valores enunciados por otros autores; Na: 320 - 340 mg/dl (7) y K: 15,2 - 21,1 mg/dl (8).

Generalmente las dietas contienen suficiente o excesiva cantidad de K pero son deficientes en Na por lo que es práctica común el dar sal (NaCl) aunque debe evitarse el exceso, de modo que el aporte de ésta no sea mayor

a 5% en la dieta, ni superior a 1% en el agua de bebida (7).

Los altos valores registrados de Ca y Mg séricos concuerdan con el coeficiente de correlación significativo ($P < 0.001$) encontrado entre estos dos elementos (Cuadro No. 6).

De manera semejante el valor promedio del Na detectado en el suero de los ovinos muestreados también puede explicarse por el hecho de que el Ca vegetal tuvo una correlación de 0,6247 con el Na sérico (Cuadro No.8), que se considera significativa ($P < 0,01$), por lo que se puede pensar que el alto contenido de Ca detectado en los vegetales tuvo una influencia en el elevado contenido de Na sérico. Algo similar podría haberse visto con el K sérico influido por el Co vegetal, en los que la correlación fue de 0,4665 pero con una significancia de menor confiabilidad ($P < 0,05$) (Cuadro No. 8).

No se observaron las correlaciones estrechas que se esperaban entre los coeficientes calculados a través de las diferentes muestras (suelo-planta-animal) debido en parte a que la biodisponibilidad de los minerales y su metabolismo en el organismo animal es afectado por factores antagónicos y sinérgicos.

En lo que respecta a los elementos no detectados en las diferentes muestras de origen animal, así como en el suelo y el alimento (Se, Mo, Co y Mn), la sensibilidad mínima del espectrofotómetro de absorción atómica (0,55 ppm) (1) no fue suficiente para detectar los niveles de los minerales (19).

Sería aconsejable realizar estudios de este tipo en ésta y otras regiones dedicadas a la ovinocultura a lo largo del año para comparar los resultados obtenidos en las diferentes estaciones, así como investigaciones acompañadas de fistulizaciones ruminales en los animales de experimentación para poder precisar la cantidad consumida de cada especie vegetal , así como el empleo de biopsias hepáticas.

LITERATURA CITADA

1. Beaty, R.: Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry. U.S.A., Perkin Elmer Co. 1978.
2. Córdoba, V.C.A.: Relación del contenido de minerales esenciales en suero de ovinos confinados con el alimento y con el suelo en la región de Parres, D.F. Tesis de Licenciatura. Fac de Med Vet y Zoot , Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1985.
3. Daniel, W.: Bioestadística: Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud. Limusa, México, D.F., 1977.
4. Donahue, R.L., Miller, R.W. y Shickluna, J.C.: Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Trad. de la 4a. ed. en inglés. Prentice Hall International, Colombia, 1981.
5. Fassbender, H.W.: Química de suelos (con énfasis en suelos de América Latina). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, OEA, Turrialba, Costa Rica, 1975.
6. Flores, M.J.A.: Bromatología Animal, 3a. ed. Limusa, México, D.F., 1983.
7. Georgievskii, V.I., Aunenkov, B.N. and Samakhin, V.T.: Mineral Nutrition of Animals. Butterworths, London, 1982.
8. Kaneko, J.J.: Clinical biochemistry of domestic animals, 3rd. ed. Academic Press, New York, 1980.
9. Lucas, R.E. and Knezek, F.D.: Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants, Micronutrients in

- Agriculture. Edited by Mortvedt, J.J., Giordano, P.M. and Lindsay, W.L., 265 - 283. Soil Science Society of America, Inc., Wisconsin, 1972.
10. Noffal, N.V.M.: Estudio de un síndrome locomotor en ovinos de la zona del ex-lago de Xaltocan: aspecto clínico patológico y relación suelo-planta-enfermedad. Tesis de licenciatura., Fac de Med Vet y Zoot, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1986.
 11. National Plant Food Institute.: Manual de Fertilizantes. Limusa, México, D.F., 1974.
 12. National Research Council, N.R.C.: Mineral Tolerance of domestic animals. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 1980.
 13. N.R.C.: Nutrient requirements of sheep. 5th. ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1975.
 14. Perkin-Elmer.: Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry, Perkin-Elmer Co., Connecticut, 1982.
 15. Schlaepfer, C.: Carta Geológica de México, 14 Q-h (5). Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1968.
 16. Simpson, K.: Soil, Longman, New York, 1983.
 17. Storie, R.E.: Manual de evaluación de suelos. UTEHA, México, D.F., 1970
 18. Suttle, N.F.: Copper deficiency in ruminants; recent developments. Vet. Rec., 119: 519-522 (1986).
 19. Ullery, D.E.: Analytical problems in evaluating mineral concentrations in animal tissues. J. Anim. Sc., 44: (3):476. (1977)

20. Underwood, E.J.: Los minerales en la alimentación del ganado. Acribia, Zaragoza, 1969.
21. Underwood, E.J.: Trace minerals in human and animal nutrition. 4th. ed. Academic Press, New York, 1977.
22. Urzguila, L. and Skalka, J.: Long term study of minerals in blood serum of sheep reared intensively. Am. J. Vet. Res. 26: (6): 401-408. (1981).
23. Volkswiess, S.J. y Rodríguez, N.M.: Soil properties that influence mineral toxicities in plants and animals. Proceedings of the Latin American Symposium on Mineral Nutrition Research with Grazing Ruminants, Belo Horizonte, Brasil, 1976. 143 - 148, edited by Conrad, J.H. and Mc Dowell, L.R., Florida, (1978).
24. Watkinson, J.H. and Grant, A.B.: Selenium deficiency; symptoms and control. Farm Production & Practice. Ministry of Agriculture and Fisheries, Wellington, New Zealand, 1983.
25. Webster, C.C. and Wilson, P.N.: Agriculture in the tropics. 2nd. ed. Longman, London, 1980.