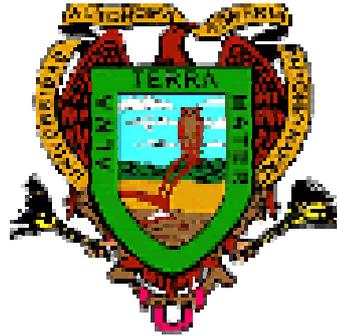


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO “

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



**SUPLEMENTACIÓN MINERAL DE
CABRAS ALIMENTADAS EN PASTOREO**

POR:

Luis Alberto Sánchez Morales.

TESIS

**Presentada como requisito parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre, 2007.**

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO “

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Suplementación mineral a cabras alimentadas en pastoreo

POR:

Luis Alberto Sánchez Morales

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA.

Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez
ASESOR PRINCIPAL

M. C. Manuel Torres Hernández
ASESOR

M. C. Lorenzo Suarez García
ASESOR

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Ing. Rodolfo Peña Oranday

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2007

DEDICATORIAS

A dios y a la virgen de Guadalupe por haberme brindado la oportunidad de dar un paso mas en la enseñanza diaria de mi vida, por haberme guiado en aquellos momentos difíciles, y por darles vida y salud a mis padres que para mi son un gran tesoro y por darme la sabiduría para mis estudios.

A MIS PADRES.

ALBERTO SÁNCHEZ VÁSQUEZ

EDITH MORALES BARRERA

A el quien a través de sus esfuerzos y sufrimientos me ha dado uno de los valores mas valiosos que es el de ser un profesionista y el de hacer de mi un hombre de bien con sus consejos y por ser un amigo cuando lo necesitaba, porque se que para apoyarme trabajaste bajo el sol todos los días y te preocupaste en tener todo lo necesario para que yo no sufriera y seguir adelante sin ningún obstáculo.

A ella por darme muchos consejos para tener muchos principios, por darme las atenciones necesarias en mis estudios, por realizar un esfuerzo de trabajo para que no me falte nada, gracias mama porque aunque yo estaba lejos de ti me diste mucho cariño, por esto y por muchas cosas mas les dedico esta tesis en recompensa a su gran esfuerzo, gracias papas sin ustedes dos no hubiera logrado ser lo que ahora soy.

¡Mama, Papa, este logro es de ustedes!

A MIS HERMANOS.

DIEGO SÁNCHEZ MORALES

ADRIAN SÁNCHEZ MORALES

CRISTIAN SÁNCHEZ MORALES

Por su incondicional apoyo, por los momentos felices y tristes que pasamos juntos, por hacer una familia unida aunque ahora estemos distanciados se que estamos el uno para el otro.

A MIS ABUELOS.

JULIA BARRERA PORTUGAL

ANSELMA VÁSQUEZ

LUIS MORALES TENANGO.

MANUEL SÁNCHEZ (+)

Por brindarme un cariño sincero y consejos que me ayudaron a salir adelante, por eso y muchas razones muchas gracias y este trabajo es por ustedes. Con una mención honorífica para mi tía Antonia Morales por su gran apoyo en esos momentos de flaqueo en este trabajo, gracias tía; sin dejar de mencionar al resto de mi familia, tíos (as), primos y sobrinos que fueron un pilar fundamental para que yo terminara mi carrera de todo corazón:

**ESTE TRABAJO ES POR TODOS USTEDES
¡GRACIAS FAMILIA!**

AGRADECIMIENTOS

Con cariño a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme abierto las puertas, por haberme brindado la oportunidad de superarme.

Al Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez, por su magnífica asesoría y por su gran apoyo para la realización de este trabajo de tesis. Expresó mi humilde y profundo agradecimiento por su valiosa aportación para realizar la investigación de campo y por brindar el apoyo necesario para llevar a cabo satisfactoriamente este trabajo.

Al M. C. Ing. Lorenzo Suárez García por sus aportaciones y disponibilidad para la revisión de este trabajo.

Al M.C Ing. Manuel Torres Hernández por su importante asesoría y acertadas sugerencias para el buen desarrollo de este trabajo.

A alguien muy especial para mí, Cruz Isela Lozano Castañuela por su cariño y amor que me ha brindado en todo momento, por su apoyo y confianza, por enseñarme que en la vida no hay obstáculo que no se pueda superar.

A todos mis compañeros de generación y a todas aquellas personas que de una u otra forma participaron en mi formación durante mi paso por la Universidad.

A mis amigos, Anselmo de León y su familia, Rubén de León y a la familia Espinoza, Ticho, Mago, Cuco, José Luís, Azael, Marcos Manuel, Juan Carlos, Eliseo, Alfredo y a mis compañeros del dormitorio Paraíso cuarto 7, por su valiosa amistad que me ha brindado en todo este tiempo.

ÍNDICE

	PAGINA
DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo e Hipótesis	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Grupos de Minerales	5
Clasificación Biológica de los Minerales.....	6
Importancia de los Minerales en la Nutrición Animal.....	6
Funciones Generales de los Minerales Dentro del organismo	9
Funciones de los minerales con los Microorganismos Ruminales	9
Trastornos Causados por la falta de Minerales.....	10
Fuentes de Minerales para Rumiantes en Pastoreo	12
Factores que Influyen en el Contenido Mineral de las Plantas.....	13
Estado mineral del forraje.....	14
Estado Mineral en el Animal.....	15
Funciones de los Minerales.....	16
Necesidades de los Minerales.....	16
Calcio	18
Fosforo	20
Magnesio.....	22
Sodio	28
Cloro.....	30
Potasio	32
Azufre	33
Yodo.....	35
Cobre y Molibdeno	36
Hierro	42
Manganeso.....	44
Cobalto	44
Selenio	47
Zinc	49
Comportamiento de las Cabras en Pastoreo.....	53
Diferencias Entre los Grandes y Pequeños Rumiantes.....	54
Respuesta alimentaria positiva y negativa al pastoreo.....	55
Regulación natural de la composición de la dieta	57
Adaptaciones de las cabras para el pastoreo	58
Consumo de forraje de las cabras en pastoreo libre	59
Comportamiento alimentario de las cabras en pastoreo libre	60
Duración del pastoreo	61
Cantidad ingerida en cada bocado.....	62
Ciclos de consumo en el pastoreo selectivo	62
Cuando, cuanto y como suplementar.....	64

MATERIALES Y MÉTODOS	65
Localización del área de estudio	65
Materiales.....	65
Metodología.....	66
Muestreo de forraje	67
Muestreo de pelo y suero sanguíneo	67
RESULTADOS Y DISCUSIONES	68
CONCLUSIONES	72
LITERATURA CITADA	73
APÉNDICE	82

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro:	pagina
Cuadro 1. Clasificación biológica de los minerales.....	6
Cuadro 2. Signos clínicos de las deficiencias de minerales en los Rumiantes.....	10
Cuadro 3. Macro minerales que requieren los caprinos para su desarrollo y para Producir.....	11
Cuadro 4. Micro minerales que requieren los caprinos para su desarrollo y Producir.....	11
Cuadro 5. Concentraciones de calcio y fosforo en sangre (mg/100ml) de cabras Prepartum, al parto y postparto y cabritos al nacer, 3 y 6 días de edad.....	22
Cuadro 6. Concentración de cobre y molibdeno en tejidos corporales de bovinos, Ovinos y cabritos.....	40
Cuadro 7. Concentraciones de hierro en los tejidos corporales de ovinos y Bovinos.....	43
Cuadro 8. Ganancia diaria de peso y ganancia total de peso de cabras alimentadas En pastoreo suplementadas con suplemento Mineral (BOVINAZA).....	69
Cuadro 9. Concentraciones encontradas de los diferentes minerales estudiados en los animales y en el forraje, así como de la Pc del forraje al final del Estudio.....	71

INTRODUCCIÓN

La cabra doméstica fue originada a partir de la Capra aegagrus, la cual se encontraba sólo en el Cáucaso, de la Capra prisca, que se localiza en toda Europa, Asia, África, y América y de la Capra falconeri, que habitaba en varias partes del Cáucaso, (Argaz, 1984).

La cabra fue domesticada en el Neolítico, según se puede observar en pinturas encontradas en las cuevas donde se aprecia la cabra con cuernos. Se cree que cuando los cazadores salían en busca de la cabra para aprovechar su carne, piel y cuernos, seguramente regresaban a sus cuevas llevando cabritos huérfanos, iniciándose así su domesticación. Al cabo del tiempo, esto produjo la formación de razas y subrazas, (Argaz, 1984).

El hábitat de la cabra son las zonas áridas y semiáridas que figuran en todo el mundo, y por lo cual esta especie se encuentra completamente distribuida en casi todos los países donde predomina este tipo de zonas. Estas zonas, son por lo general pobres en algunos minerales y ricos en otros, y por consiguiente los forrajes existentes en estas áreas carecen o contienen una alta concentración de minerales que de una a otra manera pueden afectar el metabolismo del animal, (Argaz, 1984). Por las condiciones que caracterizan a las zonas áridas y semiáridas imperantes en la región norte de México, la actividad ganadera en el estado de Coahuila ocupa la mayor superficie territorial del estado, con 12.9 millones de hectáreas, de las cuales el 81.7% es agostadero, el 1.6% agricultura de temporal y el 1.1% agricultura de riego. Bajo esta superficie, se sustentan 666,223 cabezas caprinas; el 82% de esta población, se encuentra en el sector ejidal, el resto en el sector privado, dando un total de 12,465 unidades de producción rural (INEGI,1993).

En estudios realizados por McDowell (1976) en diferentes partes del mundo, encontró que un gran número de países presentaban problemas de deficiencia y/o toxicidad de minerales, siendo México uno de los países con estos problemas. De

Alba (1974) reportó deficiencias de fósforo en los estados de Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, Durango, y Sonora, así como deficiencias de cobre en el estado de Coahuila. En México existe muy poca información al respecto, sin embargo trabajos realizados por Davis (1977) y Gartenberg (1982), en las regiones de Navidad N. L. y san Tiburcio, Zac. , respectivamente, indican que en estas áreas existen elevadas concentraciones de selenio, molibdeno, y calcio, así como deficiencia de fosforo, cobre, cobalto y zinc en los suelos y plantas de estas regiones.

La deficiencia alimentaria más común en las raciones alimenticias para cabras es la energía, lo cual les induce disminución en el peso, tamaño, fertilidad y producción de leche, además de acortar los períodos de producción de leche y reducir la resistencia a los parásitos y enfermedades. Así mismo, los síntomas que ocasiona la deficiencia de proteína, en cabras, cuando se les ofrecen dietas isoenergéticas con niveles variables de proteína son anorexia, pérdida de peso, deterioro en la reproducción y poca producción de leche y pelo,(Ensminger y Olentine,1978).

OBJETIVO

Evaluar dos diferentes niveles de suplementación mineral en caprinos alimentados a base de pastoreo con una mezcla mineral para observar si hay cambios en la productividad de los animales.

HIPÓTESIS

La suplementación mineral en caprinos alimentados a base de pastoreo mejorará la productividad del animal.

REVISIÓN DE LITERATURA

En general la nutrición animal se ha enfocado a las proteínas y energía, dando poca importancia a los minerales. Se han identificado más de 60 elementos en las cenizas en los tejidos de los animales superiores, sin embargo, para muchos de ellos no se ha determinado su función exacta dentro del organismo (Domínguez, 1993).

El conocimiento de las funciones de cada uno de los minerales en el organismo, es de gran importancia, no solo para corregir las deficiencias y en consecuencia disminuir sus efectos negativos en la producción, también para evitar el riesgo de intoxicaciones, que se puede causar al implementar estrategias de suplementación, sobre todo cuando se trata de microminerales como el cobre y selenio. (McDowell, 1976).

Zapata *et al.*, (1998), reportaron que la carne de paletilla y piernas de una determinada raza de cabras del noreste de Brasil, fueron analizadas para la composición de humedad, grasa, proteína, cenizas y minerales seleccionados (Ca, Mg, P, K, Mn, Fe, Cu y Zn). Las cabras fueron alimentadas con suplementos minerales que consistieron de: A: 93.2% sal y 6.8% de mezcla de minerales traza (TMM); B=86.4% de sal, 6.8% TMM y 6.8% de fosfato dicálcico; C= 86.4% del sal, 6.8% de TMM y 6.8% de fosfato de piedra. Los suplementos con fosfato de calcio no tuvieron efecto significativo ($P>0.05$) sobre la composición de la carne de la pierna, sin embargo, fue significativamente alta ($P<0.05$) en el contenido de humedad (72.70 y 73.45%) que en la paletilla (69.15 y 70.45), en A y C, respectivamente. El rango de contenido de grasa de 7.8 – 12.30% y fue generalmente más alto en la carne de la paletilla. No se observó efecto significativo de el corte de carne para el contenido de proteína y ceniza. Los niveles de Ca, K, Mg, Mn y Fe en la carne no fue afectado por los tratamientos de alimentos o por el tipo de corte. El contenido de Cu en la carne

de las cabras sin suplemento de fosfato de calcio (A), sin embargo, fue significativamente alto ($P < 0.05$) que B y C. La carne de la paletilla fue significativamente alta ($P < 0.05$) en Zn, Na y bajo en Cu y P respecto a la carne de la pierna.

Ogebe y Ogunmodede (1996) evaluaron el efecto de la suplementación de Na sobre el desempeño de 20 cabras (bucks) alimentadas sobre heno de *Leucaena leucocephala* y desechos de cassava en la época seca (Enero a Marzo) en Nigeria. Se desarrollaron cuatro tratamientos de cuatro cabras cada uno, recibiendo 0, 4, 5 y 6 g/kg de MS en agua. Un quinto tratamiento recibió suplemento de Na de un bloque de sal con 38.14 % de Na. Las cabras que consumieron Na en agua de bebida digirieron y retuvieron más energía ($P < 0.05$) y consecuentemente, altas ganancias de peso corporal. Se requirió menos energía y N por g de ganancia de peso para cabras que recibieron Na suplementario en su agua de bebida. Los autores concluyen que la suplementación de Na en el agua de bebida es recomendada para cabras recibiendo materiales alimenticios de pobre calidad durante la estación seca.

Aina (1997) al estudiar el efecto del magnesio en dietas sobre el desempeño en cabras West African dwarf encontró que el incremento de magnesio en la dieta aumentaba a su vez la tasa de crecimiento y la conversión alimenticia. En promedio, una tasa de crecimiento óptima (0.094 kg/d) un consumo de MS de $0.054/W^{0.75}$ fueron inducidos por 0.5 kg/100 kg de MS.

Kalita *et al.*, (1996) estudiaron el efecto de la administración intramuscular de calcio y el fósforo (Tonophosphan) sobre el peso corporal de cabras Black Bengal, en tres grupos, el grupo 1 fue el testigo, el 2 recibió Ca (como Macalvit) a razón de 30 mg/kg de peso corporal, el 3 recibió P (como Tonophosphan) a nivel de 30 mg/kg de peso y el tres la combinación de Ca y P de ambas marcas a razón de 30 mg/kg de peso. El grupo que recibió la combinación de Ca y P tuvo una mayor ganancia de peso respecto a los demás grupos de tratamientos.

Manua (1994) evaluó el desarrollo de borregos y cabras por dos años. En cabras pastoreando, y recibiendo suplemento adicional de minerales, reportó ganancias de peso diarias de 38, 78 y 98g para cabritos pre-destetados bajo un mismo régimen de alimentación.

Muhikambele *et al.*, (1993) estudió el efecto de la suplementación proteínica y mineral en cabras en crecimiento en pastoreo, bajo cuatro tratamientos: sólo pastoreando, pastoreando más 10 g de un suplemento mineral, pastoreando más 100 g de pasta de semilla de algodón y pastoreando más 10 g de suplemento mineral más 100 g de pasta de semilla de algodón, no encontrando efecto sobre la ganancia diaria de peso (32.2, 29.5 y 33.2 g, respectivamente).

Eys *et al.*, (1985) reportan que la suplementación de minerales en cabras en Indonesia, aumentó la ganancia de peso y redujo la mortalidad, y hubo una mejor respuesta a la suplementación en animales destetados que en animales lactantes, así también menciona que para los nueve meses que duró el estudio, fue suficiente para detectar diferencias entre tratamientos de 20% en ganancia postdestete.

Los minerales se pueden clasificar dependiendo de su disponibilidad en la naturaleza y de acuerdo con su función en el organismo.

Los Minerales Generalmente se Dividen en dos Grupos:

Macrominerales. Se encuentran en altas concentraciones dentro del organismo, y dentro de estos están los siguientes: calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), cloro (Cl), potasio (K) y azufre (S).

Son los que se requieren en cantidades mayores, ya que están presentes en los tejidos en mayor concentración. Estos elementos se agregan a razón de gramos por animal al día.

Micro minerales. Se encuentran en bajas concentraciones en el organismo, y estos son: hierro (Fe), Zinc (Zn), cobre (Cu), cobalto (Co), molibdeno (Mb), manganeso (Mn), yodo (I), selenio (Se) y cromo (Cr).

También se mencionan como elementos trazas. Son aquellos que se requieren en pequeñas cantidades, ya que están en los tejidos en bajas concentraciones. Además, hay otros elementos tales como flúor, arsénico, níquel y plomo, que son esenciales para algunas especies. Sin embargo, no tienen importancia en la formulación de raciones comúnmente usadas en los rumiantes. (McDowell, 1996).

Clasificación biológica de los minerales.

La clasificación biológica de los minerales esta basada de acuerdo con su función dentro del organismo del animal. Dicha clasificación se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación biológica de los minerales (Huerta, 1999).

Esenciales		Probablemente esenciales		Función incierta	
Calcio	Cobre	Flúor	Cadmio	Germanio	Zirconio
Fósforo	Cobalto	Litio	Boro	Antimonio	Plata
Magnesio	Molibdeno	Silicio	Aluminio	Cesio	Escandio
Sodio	Manganeso	vanadio	Bromo	Tinio	Galio
Cloro	Yodo	Níquel	Bario	Berilio	
Potasio	Selenio	Arsénico	Estroncio	Bismuto	
Hierro	Cromo	Plomo	Titanio	Uranio	
Cinc	Azufre	Estaño			

Importancia de los minerales en la nutrición animal.

1 -Actúan como componentes estructurales de órganos y tejidos corporales (huesos, músculos).

2 -Componentes de fluidos y tejidos en forma de electrolitos que intervienen en el mantenimiento del metabolismo animal (sangre, plasma).

3 -Catalizadores de sistemas enzimáticos y hormonales, metaloenzimas.

4 -Requeridos en las diferentes funciones reproductivas, debido a su papel en el metabolismo, mantenimiento y crecimiento celular.

5 -Tienen efecto benéfico en el rendimiento, composición y persistencia de la producción de la leche y ganancias de peso.

6 -Unidos a proteínas enzimáticas forman quelatos que intervienen en la absorción de otros elementos (Huerta, 1999).

Los minerales son un conjunto de elementos químicos esenciales en el organismo, que se hallan presentes en cantidades variables en los diferentes tejidos como huesos, músculos, nervios y no sólo hacen parte de la estructura misma, sino en virtud de sus características que ejercen una acción directa en gran cantidad de reacciones dentro del organismo y que en caso de no desarrollarse adecuadamente comprometen en forma grave, no sólo la producción sino la vida misma del animal.

Conociendo las funciones específicas que cumplen los minerales en el cuerpo animal y sus deficiencias se deduce la importancia de cada uno de ellos. En terrenos con adecuados minerales, los pastos y los animales alimentados con este forraje no necesitan de suplementación, pero si los terrenos que son deficientes en minerales debe adicionárseles en la alimentación como mezclas minerales. La base de estas mezclas es la sal común por ser agradable y fácil de tomar, (McDowell, 1996).

Como ya se mencionó anteriormente, todos los tejidos animales y todos los alimentos contienen elementos minerales en cantidades muy variables. Antes del siglo XIX solamente se tenía idea muy confusa de la naturaleza, origen y funciones de los componentes minerales de los tejidos vegetales y animales, pero no fue hasta

1971 cuando Fordice demostró en Inglaterra, que cuando los canarios eran alimentados con una dieta a base de semillas, necesitaban un suplemento de “ tierra calcárea” para mantenerse sanos y producir huevos, y en 1847 Boussingault obtuvo la primera prueba experimental sobre la necesidad del ganado por la sal común (NaCl) en la dieta .

En la actualidad se sabe que la deficiencia de minerales en las cabras en pastoreo de muchas regiones es causada, ya sea por el bajo contenido o por la variabilidad de los mismos en las dietas, y esto se debe básicamente a cambios estacionales, a la madurez y a la baja digestibilidad de las plantas. También se conoce que el abastecimiento de minerales esta influenciado por el clima y el suelo sobre el cual crecen las plantas.

En las zonas áridas y semiáridas, la alimentación del caprino se basa fundamentalmente en el pastoreo libre con el consumo de especies propias de estas zonas, lo cual es insuficiente en cantidad de biomasa y de nutrientes, especialmente durante la época de sequía cuando disminuye su calidad. Esta situación causa en el animal retraso o paralización del desarrollo corporal, enflaquecimiento, esterilidad, abortos, disminución de la producción de leche y carne, y en casos severos hasta la muerte. (NRC, 1981; Sánchez *et al.*, 2001; Sánchez y García, 1994). El tamaño del animal, su tasa de crecimiento y la gestación o lactación son factores que individual y colectivamente afectan las necesidades nutricionales de las cabras.

Es importante que los forrajes consumidos por los rumiantes tengan cierto número de minerales para ser utilizado por los microorganismos del rumen, ya que esto les facilita la digestibilidad de la fibra y la síntesis de proteínas.

En regiones áridas y semiáridas parece ser que la calidad nutricional del pastizal esta relacionadas con modelos de crecimiento de las mismas, por este motivo se ha observado que el nivel máximo de calidad generalmente se presenta en primavera,

cuando el crecimiento es más activo y que dicho nivel declina progresivamente para ser mas bajo durante el invierno. (CIENCIA UANL, 2002).

Funciones generales de los minerales dentro del organismo.

Las funciones de estos minerales en el organismo son: formar huesos, órganos, tejidos, cascos, piel, sangre, dientes, molares, pelo, hormonas, enzimas, también facilitar la digestión y absorción de los alimentos, mantener la fertilidad y ayudar en los procesos de la reproducción y desarrollo del feto.

- Conformación de la estructura ósea y dental (Ca, P y Mg).
- Equilibrio ácido-básico y regulación de la presión osmótica (Na, Cl y K).
- Sistema enzimático y transporte de sustancias (Zn, Cu, Fe y Se).
- Reproducción (P, Zn, Cu, Mn, Co, Se y I).

Funciones de los minerales con los microorganismos ruminales.

- Procesos energéticos y de reproducción celular (P).
- Son activadores de enzimas microbianas (Mg, Fe, Zn, Cu y Mb).
- Producción de vitamina B12 (Co).
- Digestión de la celulosa, asimilación de nitrógeno no proteico (NNP) y síntesis de vitaminas del complejo B (S).
- Procesos metabólicos (Na, Cl y K), (McDowell, 1996).

Las deficiencias de minerales en el ganado, han sido reportadas en casi todas las regiones del mundo. Los minerales más críticos para los rumiantes en pastoreo, son los siguientes: Ca, P, Na, Co, Cu, I, Se y Zn. En muchas circunstancias el Cu, Co, Fe, Se, Zn y Mo disminuyen conforme avanza la edad del forraje (Reid y Horvath, 1980). Lo anterior es debido al proceso de dilución natural y al transporte de nutrientes de los tallos y hojas a la raíz del forraje (McDowell, 1996).

Las carencias de minerales pueden causar en general los siguientes trastornos en los animales:

Reproductivos: Reducción en el porcentaje de pariciones, servicios por concepción, abortos, retenciones placentarias, intervalos entre partos.

Productivos: Baja producción de leche, ganancia de peso, peso al nacimiento, peso al destete, porcentaje de destete.

Sanitarios: Alto índice de mortalidad, incidencia de enfermedades.

Conducta: nerviosismo, lamido de paredes y estructuras metálicas.

Consumo: disminución del consumo de alimento o apetito depravado (consumo de tierra, huesos, piedras, maderas).

Otros: fracturas, diarreas, deformación de huesos.

Por lo anterior, es de suma importancia conocer o consultar no solo los trastornos causados por la carencia de minerales sino también los causados por agentes infecciosos, previo a determinar la suplementación con minerales, Huerta (1997).

Los signos clínicos ante una deficiencia, son muy variables y dependen del mineral o minerales en cuestión.

Cuadro 2. Signos clínicos de las deficiencias de minerales en los rumiantes, (Huerta, 1997).

Esqueleto anormal	Anemia	Reproductivos	Piel y pelo	Pica	Nerviosos	Diarrea
Calcio Fósforo Manganeso Magnesio Cobre	Hierro Zinc Cobre Cobalto	Fósforo Zinc Manganeso Cobre Yodo Selenio Cobalto	Cobre Zinc Cobalto Fósforo Potasio Sodio Yodo	Fósforo Cobalto Sodio Cobre	Magnesio Potasio Calcio Cobre Manganeso	Cobre

Se debe tomar muy en cuenta que trastornos patológicos están asociados con las deficiencias de minerales, ya que se pueden confundir principalmente con parasitosis internas (parásitos hematófagos), externas (sarna) o con deficiencias de vitaminas (complejo B, A y D).

Los minerales como ya se cito son de gran importancia en el desarrollo de los caprinos debido alas funciones que realizan en el organismo, de tal forma se citaran los requerimientos que necesitan los caprinos, tanto los macro minerales y los micro minerales, señalados en los cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Macro minerales que requieren los caprinos para su desarrollo y para producir, (Kelseler 1991; Haenlein, 1987).

Minerales	Mantenimiento, % de materia seca	Producción de leche g/kg leche	Crecimiento g/kg peso vivo
Calcio	0.7	1.25	10.7
Fosforo	0.5	1.0	6.0
Magnesio	0.2	0.14	0.4
Potasio	0.5	2.1	2.4
Sodio	0.5 – 0.6	0.4	1.6
Azufre	0.16 – 0.32	-----	-----

Cuadro 4. Micro minerales que requieren los caprinos para su desarrollo y producir. (Kelseler 1991; Haenlein, 1987).

Minerales	Mg/kg de materia seca
Hierro	30 - 40
Cobre	8 – 10
Cobalto	0.1 – 0.15
Yodo	0.4 – 0.6
Manganeso	30 – 40
Zinc	40 – 50
Selenio	0.1 – 0.2
Molibdeno	0.1

Las necesidades minerales corresponden al nivel de productividad, edad del animal, estación del año, entre otros factores por lo que es difícil definir las necesidades específicas de minerales en los animales (Underwood, 1983).

Fuentes de minerales para rumiantes en pastoreo.

En la mayoría de los casos, los animales obtienen una elevada proporción de sus nutrientes minerales de el alimento y forraje que consumen (Underwood, 1981). McDowell *et al.*,(1984) y Underwood (1981) consideran al suelo como fuente importante de minerales para el ganado en pastoreo.

Los desórdenes minerales presentados en el animal son consecuencia de la compleja relación existente entre el suelo, la planta y el animal. Existen diversos factores que pueden afectar esta relación.

Alimento

Vegetales:

Cereales: Son deficientes en Ca, K, Na, Cu, Mn y Zn.

Pastas de oleaginosas: Son más ricas en minerales que los cereales.

Melaza: Es alta en Mn, K y S, y. baja en P y Zn.

Pajas: Son deficientes en minerales excepto en K y Fe.

Animales

Subproductos animales: Son excelentes fuentes de minerales excepto en Mg.

Excretas: Son buenas fuentes de minerales, pero contienen demasiado Ca con respecto al P, exceso de Fe y Cu (hasta 686 ppm). El Cu es potencialmente tóxico para los ovinos.

Compuestos inorgánicos.

Se incluyen tanto fuentes naturales como roca fosfórica, conchas marinas, cascarón de huevo, etc., así como las presentaciones comerciales. Los animales con

deficiencias consumirán al inicio grandes cantidades de minerales, posteriormente regulan su consumo a niveles normales. Puede ocurrir lo contrario, que a pesar de las deficiencias el consumo sea nulo. (Underwood 1981; McDowell *et al.* 1984).

Factores que influyen en el contenido mineral de las plantas

- 1.- El valor nutritivo y la palatabilidad de las plantas.
- 2.- La proporción y la disponibilidad de las plantas.
- 3.- La presión de pastoreo.
- 4.- La estación del año.
- 5.- La estrategia alimenticia de las cabras.

Factores asociados al suelo

La ocurrencia natural de la mayoría de las deficiencias minerales en herbívoros está asociada con regiones específicas y está directamente relacionada con las características del suelo, siendo notable esta deficiencia en plantas forrajeras que crecen en estos suelos deficientes, las cuales disminuyen su crecimiento y contenido mineral. El Ph del suelo influye en la absorción radicular de los minerales y a medida que esta disminuye, la disponibilidad y la absorción del molibdeno y selenio del forraje decrecen, mientras que el hierro, manganeso, zinc, cobre y cobalto se incrementan (McDowell *et al.*1984; Underwood 1981).

Al respecto, Murriay *et al.*(1978) reportaron que en suelos calcáreos, la disponibilidad del fósforo está relacionada con el dióxido de carbono y el Ph del suelo. Un ph de 7.5 a 8.5 disminuye su disponibilidad, mientras que un ph de 6.5 a 7.5 es más favorable.

Suelo. Es una fuente de Co, Se, I y Mb. El consumo del suelo puede ser indirecto a través del pastoreo, o bien directo, lo cual denota una deficiencia.

Materia orgánica. Incrementa la disponibilidad de los microminerales ya que interviene en la retención y transporte de los mismos dentro de los forrajes.

Humedad. Modifica la solubilidad y disponibilidad. En los suelos con poca humedad aumenta el nitrógeno disponible, disminuyendo las concentraciones de P.

Condición climática

Underwood (1969), De Alba (1974) y Gomide y Zometa (1978) mencionan a la luz, la temperatura y la precipitación como factores climáticos que influyen en el contenido de minerales en las plantas forrajeras. Un clima cálido seco acelera el proceso de maduración de las plantas, lo que disminuye la producción de brotes nuevos los cuales son ricos en nitrógeno, fósforo y potasio. De Alba (1974) menciona además que en climas tropicales el crecimiento puede ocurrir durante todo el año si la humedad es adecuada y por lo tanto, solo hay pequeñas variaciones en el contenido de minerales de la planta durante la época de lluvias.

Estado mineral del forraje

La concentración de minerales en la planta no siempre está asociado al contenido mineral del suelo. El contenido de éstos en la planta varía de acuerdo con los siguientes factores (Underwood, 1969; De Alba, 1974):

Género y especie. Las plantas arbustivas y leguminosas son más ricas en minerales que las gramíneas.

Madurez de la planta. Conforme aumenta la edad del forraje el contenido mineral disminuye.

Manejo del forraje. El secado al sol y/o exposición a lluvia y viento por tiempo prolongado disminuye la concentración mineral en el forraje.

Especie o variedad vegetativa

McDowell *et al.* (1984) menciona que es generalmente aceptado que las hierbas y las leguminosas son más ricas en varios minerales que las gramíneas. Underwood (1977) reportó que las leguminosas son más ricas en Calcio y Potasio, además de Magnesio, Cobre, Zinc, Cobalto y Níquel, y que las gramíneas son más ricas en Manganeso, Molibdeno, Silicio.

Fase de maduración

Los contenidos de fósforo y potasio, aunque no los de calcio, descienden apreciablemente según avanza la maduración de los forrajes, también descienden las concentraciones de magnesio, zinc, cobre, manganeso, cobalto, níquel, hierro y molibdeno, aunque raras veces con la misma intensidad que el fósforo y el potasio, mientras que la concentración de silicio suele aumentar cuando maduran los forrajes. La caída de la semilla, disminuye la concentración de muchos minerales, pero el calcio y el silicio son más abundantes en la paja, que en la semilla, (Underwood, 1981).

Algunos elementos son muy móviles, como el nitrógeno, fósforo y potasio, trasladándose de los órganos maduros hacia los rebrotes, mientras que otros como el calcio, zinc, magnesio y hierro son más estáticos. (Gomide y Zometa, 1978).

Rendimiento de la planta

Al incrementar los rendimientos de los cultivos, se extraen más rápido los minerales del suelo, de modo que en las praderas más utilizadas, es más gasto de minerales y son más propensas las deficiencias de minerales, (Underwood, 1981).

Manejo del pastizal

La presión del pastoreo influye en la dominación de ciertas especies vegetales y cambia la relación hoja / tallo, por lo que tiene una directa relación con el contenido mineral del pastizal, debido a que las hojas son más ricas en minerales que los tallos, (McDowell, 1977).

El pastoreo limitado de los forrajes es favorable porque provoca un mayor amacollamiento y frondosidad de las plantas y al ser removida la yema terminal del tallo, se estimula al brote de las yemas laterales (Stodart y Smith , 1955).

Estado mineral en el animal.

Se determina a partir de los líquidos y tejidos del animal. Entre los principales se encuentran hígado, hueso, sangre, saliva, orina, pelo o lana. (Underwood, 1969; De Alba, 1974 ; Gomide y Zometa 1978).

Funciones de los minerales.

Los minerales activan las enzimas, son cofactores esenciales de las reacciones metabólicas, funcionan como portadores de proteínas, regulan la digestión, respiración, balance del agua, reacción del músculo, transmisión del nervio, fuerza esquelética, balance del ph, incluso equilibrio mental, protegen contra enfermedades, son antagonistas o synergistas de otros elementos y desempeñan un papel vital en la resistencia, y la adaptación del animal.

Los minerales son nutrientes esenciales para todos los animales, influyendo en su metabolismo en general. Del peso corporal de los animales, el 5% son minerales. Las deficiencias y/o toxicidades de minerales afectan la industria ganadera especialmente en las zonas donde el ganado depende del forraje nativo para satisfacer sus requerimientos. (McDowell *et al.*, 1979).

Necesidades de minerales.

Los minerales son elementos esenciales para obtener una adecuada respuesta en producción animal, ya que son necesarios para casi todos los procesos vitales del organismo. Aunque desde el punto de vista del costo total de la alimentación, la proteína y energía significan sobre el 90% del costo total de la ración, -

Los minerales generalmente no significan más del 5%. Sin embargo, una falta de uno o más minerales puede significar una baja importante en productividad y, por lo tanto, una baja significativa en los ingresos. Cuando los animales se alimentan en base a forrajes y concentrados, es necesario suplementar con minerales y vitaminas para lograr una adecuada respuesta animal, ya sea en producción o aumento de peso. A medida que los niveles productivos se incrementan, la suplementación con minerales para obtener una ración balanceada es más difícil. Esto se debe, principalmente, porque los requerimientos aumentan con los mayores niveles productivos. (McDowell *et al.*, 1979).

Las funciones de la mayoría de los minerales en general son bastante conocidas. Sin embargo, las necesidades o requerimientos no se conocen con certeza. Además, la disponibilidad de las diferentes fuentes de minerales y el conocimiento de las interacciones que se producen entre los minerales es bastante limitada.

Las interacciones entre minerales se producen ya que los excesos de algunos afectan la absorción de otros. Un buen ejemplo de esto es el efecto de altos niveles de potasio sobre la absorción de magnesio, y a veces la deficiencia de magnesio se produce no por una falta de magnesio en la ración, sino por un exceso de potasio en la misma. En los micro elementos, la absorción de cobre disminuye con altos niveles de molibdeno y azufre en la ración, (Huerta, 1999).

Se requiere de mucha investigación para conocer estos factores, por lo que constantemente hay importantes innovaciones en estos aspectos, especialmente en lo relacionado con micro elementos. (McDowell *et al.* 1984).

Los requerimientos de minerales, así como los niveles de toxicidad, dependen de la edad, nivel de producción y de la especie. Hay diferencias importantes entre especies. Es así como el nivel en que se observan síntomas de toxicidad de cobre en ovejas es de 10–20 mg. de cobre/kg de materia seca consumida, mientras que los vacunos toleran hasta 100 mg. de cobre/kg de materia seca.

Hay información que indica que las cabras toleran niveles de cobre mayores que las ovejas. Debido a estas diferencias entre las especies, sólo cuando no se tiene información se puede hacer alguna extrapolación entre cabras y vacunos; sin embargo, se debe tener presente que las diferencias pueden ser importantes.

La definición de los aportes de minerales en forrajes y concentrados también presenta inconvenientes por la gran variabilidad que existen entre épocas del año y tipos de suelo, como así también la variación en disponibilidad para el animal. Se reconoce que la mejor forma de determinar la adecuada nutrición mineral es con el muestreo de tejidos animales. El tejido o fluido a muestrear depende del mineral.

La necesidad de minerales difiere según la especie, edad, estado fisiológico, ó producción a que se destina, expresándose en forma de proporciones, porcentaje o partes por millón de la sustancia seca de la dieta total. la necesidad mínima básica o verdadera de cualquier mineral puede concebirse por consiguiente; como aquella en la que son optimas todas las condiciones de la dieta que afectan a dicho mineral y al consumo voluntario del pienso por el animal. (Kessler, 1991; Haenlein, 1987).

Calcio (Ca)

La relación del calcio y fósforo es tan estrecha en el metabolismo del animal, que es necesario estudiarlos juntos. Estos son elementos minerales que se encuentran en mayor proporción en el cuerpo, de 80 a 85 % de fósforo se localiza en los huesos y dientes en forma de fosfato de calcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) y carbonato de calcio (CaCO_3) y aproximadamente el 98% de calcio, los cuales forman el 80-85 % de contenido mineral del cuerpo. (Agraz,1984). Además, menciona que el calcio se encuentra

también en los líquidos del cuerpo y es de gran importancia en el proceso de coagulación de la sangre.

Bergner,(1970), Cullison,(1983), Underwood,(1983), Oteiza y Carmona, (1985), Church y Pond,(1987). Señalan que el calcio interviene en la formación de huesos y dientes, órganos en donde se encuentra el 99% del calcio Orgánico.

Bergner,(1970), Cullison,(1983), Underwood,(1983), Oteiza y Carmona, (1985), Church y Pond,(1987), Rodríguez,(1991). Indican que el calcio interviene en el funcionamiento de los nervios y músculos, en la producción de leche, es preciso para la coagulación normal de la sangre y en la regulación de la permeabilidad celular.

Asimilación.

Flores (1996) menciona que el calcio ingresa en el organismo con los alimentos en combinaciones inorgánicas (fosfatos, carbonatos, cloruros) y orgánicas (proteínatos). El mineral ingerido forma combinaciones insolubles, solubilizando y transformado en $Cl_2 Ca$ por acción del HCl del jugo gástrico, pasa al intestino en forma de calcio iónico. La absorción se verifica en los primeros tramos del intestino delgado, específicamente en el duodeno, estando regulada por la vitamina D y por la cantidad del fósforo administrado simultáneamente y favorecida por la acidez del medio.

Church y Pond (1987), citan que el calcio de la dieta se absorbe principalmente en el duodeno y yeyuno. La absorción se efectúa tanto por transporte activo (dependiente de la energía) como por transporte pasivo (difusión). Las tres vías principales de excreción del calcio son: las heces, la orina y el sudor.

Nieto (1990) hace mención que la absorción o digestibilidad del calcio es mayor en los animales jóvenes que es los animales adultos.

Deficiencias y sus manifestaciones

Hafez y Dyer (1972), Academia Nacional de Ciencias de E.U.A.(1973), Cullison,(1983), Oteiza y Carmona,(1985), Church y Pond,(1987) hacen mención que los síntomas de deficiencia de calcio ocasionan cambios óseos, cojera, rigidez de las articulaciones. Los efectos de esta deficiencia varían de acuerdo a la edad del animal; en los animales jóvenes la deficiencia se llama raquitismo en donde los huesos se vuelven suaves y se deforman aumentando las articulaciones de tamaño; en los animales adultos es llamada osteomalacia u osteoporosis, los huesos se vuelven porosos y débiles, lo cual puede ser corregido suministrando calcio en los casos donde no halla habido fractura ósea.

Oteisa y Carmona (1985) citan que la deficiencia de calcio, acompañada casi siempre de fósforo y vitamina D y A ; las deficiencias leves de calcio en rumiantes reducen la fertilidad. Las fallas agudas en el metabolismo del calcio regulado por la paratiroidea producen hipocalcemia o fiebre de leche en los rumiantes, es una enfermedad no contagiosa que se presenta poco después del parto, aunque puede ocurrir poco antes o durante del mismo, lo que significa que no hay suficiente cantidad de calcio en la sangre después del parto.

Fósforo (P)

Risse (1970) cita que el fósforo, muy a menudo unido a los lípidos, glúcidos o proteínas, juega un papel muy importante en la mayor parte de las reacciones metabólicas (contracción muscular, elaboración y utilización de enzimas, etc.).

Hafez y Dyer (1972) mencionan que el fósforo presente en los tejidos blandos desempeña multitud de funciones. Interviene en la formación intermedia de lecitinas en el metabolismo de las grasas, desempeña un papel fundamental en el metabolismo de los carbohidratos para la formación hexosafosfatos, fosfato de -

creatina y ácido adenilico. Interviene también en el metabolismo de las proteínas a través de su presencia en nucleoproteínas y fosfoproteínas.

Rodríguez (1991) señala que el fósforo es un elemento que está involucrado en todas las reacciones del metabolismo, siendo necesario en la síntesis de ATP (trifosfato de adenosina) que proporciona la energía requerida para mantenimiento y producción.

Asimilación.

Hafez y Dyer (1972) indican que el fósforo se absorbe con rapidez. Aparece en la circulación general a unos 5 minutos después de penetrar en el duodeno. Su absorción, principalmente a través de la porción distal del duodeno, se ve favorecida por los medios ácidos y concentraciones reducidas de berilio, calcio, magnesio y estroncio. La eficiencia de la absorción depende de varios factores dietéticos, incluida la forma en que es ingerido, el pH de los fluidos intestinales, el cociente calcio-fósforo y la cantidad de vitamina D presente.

Church y Pond (1987) citan que la mayor parte de la excreción renal parece ser el principal regulador de la concentración sanguínea del fósforo. Cuando la absorción intestinal de este elemento es baja, el fósforo urinario desciende a un nivel bajo con una reabsorción en los túbulos renales, que llega casi al 99%. La excreción renal del fósforo se encuentra bajo el control de la hormona paratiroidea y de la 1, 25-dihidroxi vitamina D, como parte del mecanismo homeostático sanguíneo global del calcio y fósforo.

Deficiencias y sus manifestaciones

Morrison (1965) indica que uno de los síntomas de deficiencia de este mineral es el aspecto desmedrado del animal, los animales jóvenes dejan de aumentar normalmente de peso y las hembras que están produciendo leche reducen considerablemente su rendimiento. Los animales en busca de este mineral faltante

pueden llegar a ingerir huesos o carne descompuestos, los animales en pastoreo pueden contraer botulismo u otras enfermedades. La deficiencia continua de fósforo suele determinar el agarrotamiento de las articulaciones y a veces los huesos se hacen frágiles y se rompen con facilidad. Una falta intensa puede hacer que las hembras en gestación paran crías anormales o aborten.

Morrison (1965), Maynard (1969), la Academia Nacional de Ciencias E.U.A.,(1973), y Stamm (1980), citan que la deficiencia de fósforo causa una pérdida del apetito como uno de los primeros síntomas.

Rodríguez (1991), menciona que con una deficiencia de fósforo la reproducción se ve mermada considerablemente por la insuficiencia energética.

La deficiencia de fósforo parece ser un problema en todo el mundo, Mc Dowell *et al* ,(1978) reportaron solo 15 países con deficiencias de calcio, mientras que en fósforo, fueron 37 países, encontrándose México en ambos casos.

En diferentes partes del mundo se han reportado muertes de animales a consecuencia de severas deficiencias de fósforo aún cuando al parecer el forraje era bueno y abundante. (Maynard *et al*,1981; McDowell, 1978). La deficiencia del fósforo interviene en forma determinante en la fertilidad de las hembras Underwood (1981), Call *et al*,(1978), en un estudio en el que se utilizaron diferentes niveles de fósforo en relación a lo recomendado por la NRC (174 Y 66%) encontraron que los animales que consumieron la ración con el nivel más alto alcanzaron un 100% de preñez y 93% de crías vivas. Mientras que los niveles más bajos tuvieron 96% de preñez y 91% de crías vivas. Barlet et al. (1970), citados por Haenlein, (1980), reportan las concentraciones en sangre de cabras y cabritos que se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Concentraciones de calcio y fosforo en sangre (mg/100ml) de cabras *prepartum* , al parto y *postpartum* y cabritos al nacer, 3 y 6 días de edad. Haenlein, (1980),

DIA	CABRAS			CABRITOS		
	- 6	0	+6	0	+3	+6
Calcio	8.36	7.93	8.35	10.63	10.88	10.60
Fosforo	8.40	5.01	6.62	6.57	8.36	8.10

Magnesio (Mg)

El magnesio es un elemento esencial en la nutrición de rumiantes, el cual está íntimamente relacionado con el calcio y el fósforo en su distribución y metabolismo. McDowell (1976); Viana y Zometa (1978) mencionan además, que aproximadamente el 60 % de este mineral en el cuerpo se encuentra en los huesos y los dientes, es además un activador de sistemas enzimáticos del organismo y es esencial en el proceso de fotosíntesis en las plantas.

El magnesio es también un constituyente de los huesos, en los cuales se encuentra en mayor proporción (70%), del músculo cardiaco, músculo esquelético y del tejido nervioso. Bajos niveles de magnesio, al igual que bajos niveles de calcio, causan descarga espontánea de impulsos nerviosos, lo cual conduce a tetania y convulsiones en el animal. (Navarro, 1987).

Según Navarro (1987), existe una condición conocida comúnmente como tetania de las pasturas, la cual aunque no es una deficiencia típica de magnesio tiene las mismas características del síndrome producido por la deficiencia de este elemento y responde a la administración del mismo. Esta condición se presenta en aquellos rumiantes que pastorean muy rápidamente sobre pastos en crecimiento (rebrotos) o en cultivos de cereales. Altos niveles de potasio en plantas jóvenes y suculentas pueden crear un desvalance del magnesio.

El magnesio es un elemento esencial en la nutrición de rumiantes, el cual está estrechamente relacionado con el calcio y el fósforo en su distribución y metabolismo. Deficiencias de magnesio se han reportado en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Guayana, Haití, Honduras, Jamaica, Kenia, Perú, Surinam, Trinidad, Uganda, Unión del S. de África y Uruguay McDowell,(1976). De Alba,(1971), menciona que en México en el estado de Coahuila, en becerros recién destetados se presentan síntomas de hipomagnesemia, cuando estos han sido sometidos a un arreo.

El magnesio se encuentra presente en el cuerpo del animal en 0.05%, un 60% de este, se encuentra en los huesos y el resto en los tejidos blandos. Es necesario para que se lleven a cabo, aproximadamente 80 reacciones enzimáticas. Interviene en la transmisión de estímulos neuromusculares, específicamente activando todas las enzimas participantes en la transferencia de fósforo del trifosfato de adenosina hacia el difosfato de adenosina, influenciando en esta forma, todos los fenómenos vitales. (Maynard y Loosli, 1975).

Maynard y Loosli (1975), Viana y Zometa (1978), corroboran la interacción entre el calcio, fósforo y magnesio, encontrando al experimentar con ovejas que consumían dietas altas en calcio, que esto provocaba una disminución de magnesio en el plasma y el hueso, y un aumento de calcio y reducción de fósforo en el plasma, y además que una dieta alta en magnesio, disminuía los niveles de calcio y fósforo en el plasma. El magnesio presenta sinergismo únicamente con el azufre.(Georgievskii et al.1982).

Es muy poco lo que se sabe acerca de los requerimientos de magnesio en los rumiantes y existen factores que afectan estos requerimientos. Maynard y Loosli (1975), señalan que hay diferencias entre especies, sin embargo, estos autores afirman que los requerimientos de magnesio para la mayoría de los animales es de 0.06% de la ración, en base a materia seca, coincidiendo con la opinión de Viana y

Zometa (1978), quienes aseguran que en vacas y ovejas lactantes, la inclusión de 1 mg. de magnesio en la dieta, es suficiente para llenar los requerimientos.

La concentración de minerales en tejidos corporales han sido reportados por varios autores, Georgievskii et al.,(1982), afirman que en suero sanguíneo de ovejas es de 1.8 a 2.5 mg./100 ml.

Abrams(1965), Maynard (1969), Mcdonald *et al.*(1975) y Underwood (1983), citan que aproximadamente el 70% del magnesio del organismo se encuentra en el esqueleto, el resto se encuentra repartido entre los tejidos blandos y en líquidos corporales.

Abrams (1965), Underwood (1983), Oteiza y Carmona (1985), Flores (1986) y Church y Pond (1987), señalan que el magnesio esta relacionado con la activación de la fosfataza alcalina una enzima importante en el organismo.

Abrams (1965), indica que este elemento interviene en varios cambios metabólicos del organismo, tales como la oxidación de los carbohidratos y de la síntesis proteica.

Maynard (1969), hace mención que alrededor de un tercio del magnesio que hay en los huesos esta sujeto a la movilización a favor de los tejidos blandos cuando la ingestión del mismo no es suficiente.

Bergner (1970), cita que de acuerdo con los conocimientos actuales, la más importante función del magnesio muy bien podría ser la colaboración en los procesos de fosforilación. Este mineral es parte componente de enzimas, así mismo participa en la estructura de los ácidos nucleicos. El magnesio cuenta con influencia sobre la excitabilidad neuromuscular y sobre la función cardiaca, en este aspecto se encuentran estrechamente relacionadas las funciones del calcio y magnesio.

Cullison (1983), indica que la presencia del magnesio es necesaria para varios sistemas enzimáticos. Participa activamente en el metabolismo energético del organismo, es necesario para el funcionamiento normal del sistema nervioso.

Church y Pond (1987), citan que el magnesio se distribuye en forma muy amplia en todo el organismo y, con excepción del calcio y fósforo, se encuentra presente en mayores cantidades en el cuerpo que cualquier otro mineral. En los tejidos blandos el magnesio se encuentra dentro de las células; las mayores concentraciones se encuentran en el hígado y en el músculo esquelético.

El magnesio se necesita para el desarrollo esquelético normal como constituyente de los huesos; se necesita para la fosforilación oxidativa de las mitocondrias del músculo cardíaco y posiblemente para las mitocondrias de otros tejidos. Es necesario para la activación de las muchas enzimas que toman parte en las reacciones en que interviene el ATP. Es un cofactor en la descarboxilación y se necesita para activar ciertas peptidasas.

Asimilación

Hafez y Dyer (1972), señalan que del magnesio ingerido por el animal se asimila hasta el 30% especialmente en el intestino delgado. Al parecer se absorbe principalmente en forma de sales solubles de magnesio. Cuando la ración es rica en amonio y fosfato, puede formarse un compuesto insoluble de amonio-fosfato-magnesio el cual no puede ser absorbido o lo hace muy poco. El magnesio se elimina principalmente con la orina, aunque generalmente es retenido por el organismo.

Church y Pond (1987), citan que la asimilación del magnesio es desde el aparato digestivo y se lleva a cabo en el íleon. No se conoce portador alguno que actúe en la asimilación del magnesio, ni tampoco se ha demostrado que la vitamina D aumente

su absorción. Se asimila aproximadamente de 55 a 60% del magnesio que se ingiere y la cantidad absoluta es proporcional a la ingesta de la dieta.

Deficiencias y manifestaciones

Morrison (1965), señaló que los síntomas usuales de la deficiencia de magnesio son nerviosismo, falta de apetito, respiración rápida y pulso frecuente. No se ha determinado la causa exacta de la deficiencia, algunas veces el pasto es pobre en magnesio, pero en otras el contenido de este es normal. La deficiencia suele curarse por medio de inyecciones hipodérmicas de sales de magnesio y calcio, cuando se trata a tiempo.

Underwood (1983), Oteiza y Carmona (1985), Flores (1986), indicaron que como último síntoma de la tetania es cuando sobrevienen las convulsiones y posteriormente la muerte del animal.

Underwood (1983), menciona que la deficiencia de magnesio en los animales se manifiesta clínicamente por diversas alteraciones, las cuales incluyen retraso en el crecimiento, hiperirritabilidad y tetania, falta de apetito, incoordinación.

Estas alteraciones pueden ir seguidas de coma y muerte, a menos que se tomen medidas terapéuticas indicadas. Los trastornos clínicos descritos van acompañados de un descenso de magnesio en el suero sanguíneo.

Oteiza y Carmona (1985), citan que en los pastos hay cantidad necesaria de magnesio para el ganado; la deficiencia de este mineral ocurre únicamente como consecuencia de la interferencia en su aprovechamiento. La tetania se viene a presentar cuando los pastos son fertilizados con abonos nitrogenados que van a provocar que el nivel de proteína en la planta aumente y con ello su contenido de nitrógeno; esto da lugar a que se produzcan grandes cantidades de amoníaco en el rumen las cuales intervienen en el aprovechamiento del magnesio. La hipomagnisemia se caracteriza por su presentación súbita con hiperexitabilidad y espasmos musculares.

Church y Pond (1987), señalaron que la tetania se presenta con mayor frecuencia en animales que pastan y se alimentan con forrajes de cereales o con pastos nativos durante los periodos de crecimiento exuberante. La etiología de la tetania no se comprende por completo, aunque se esta de acuerdo en que la hipomagnisemia sea cual fuere la causa, es el factor que la desencadena.

La deficiencia de magnesio ha sido reportada en ganado pastoreando zacates de rápido crecimiento y en animales alimentados exclusivamente con leche. Mc Dowell *et al.*, (1983).

La deficiencia de magnesio en los animales no solo depende de su consumo inadecuado, sino que existen otros minerales como el calcio, potasio y nitrógeno que pueden interferir en la disponibilidad de éste en el forraje, así como en su absorción por el animal. Mc Dowell *et al.* (1983).

Sodio (Na)

El deseo natural de los animales por la sal común (NaCl) ha demostrado la necesidad de sodio y cloro. El sodio es un elemento critico en la sal y su deficiencia es mas probable que ocurra durante la lactancia, en animales pastando en forraje altamente fertilizado con potasio y en regiones tropicales donde se acentúa la pérdida de este elemento por el sudor y en donde los forrajes son pobres en sodio; en cambio, las deficiencias de cloro no han sido demostradas. Mc Dowell *et al.*, (1983).

Hafez y Dyer (1972), McDonald *et al.*,(1975), Flores (1986) y Church y Pond (1987), asentaron que el sodio interviene también en la regulación y mantenimiento del equilibrio ácido-básico del cuerpo.

McDonald *et al.*,(1975), hacen mención que la mayor parte del sodio del organismo esta formando parte de los tejidos blandos y de los líquidos orgánicos, interviene en la regulación de la presión osmótica de los líquidos del organismo. Es el catión mas importante del plasma sanguíneo y de otros líquidos extracelulares.

Flores (1986), menciona que es un ion necesario para mantener la excitabilidad de los tejidos, interviene en el mantenimiento de la presión osmótica de las células, de la que dependen el paso de los elementos nutritivos al interior de las mismas, y la expulsión de los materiales de desecho; los carbonatos y fosfatos ácidos y básicos de sodio, constituyen sistemas amortiguadores importantes.

Church y Pond (1987), citan que este mineral interviene en la transferencia de impulsos nerviosos por medio del potencial energético que se asocia con su separación del potasio en la membrana celular.

Asimilación.

Tyler (1964), señala que las sales de sodio son de fácil asimilación y circulación, el excedente es rápidamente excretado, no habiendo gran acumulación de este mineral en el organismo.

Tyler (1964), Maynard (1969) y Hafez y Dyer (1972), indican que la excreción del sodio es principalmente por vía de los riñones en forma de cloruro y de fosfato. Se puede perder algo de sodio por medio del sudor, pudiendo ser esta pérdida bastante elevada en climas cálidos.

Hafez y Dyer (1972) , mencionan que el sodio es un mineral que se asimila rápidamente, el sitio principal de absorción es el intestino delgado, aunque puede asimilarse algo en el estomago del animal. La mayor parte de sodio se ingiere en forma de sales de sodio tales como cloruro, bicarbonato, lactosa, fosfato y proteínato, después se disocia y se asimila como ion sodio.

Con las heces se elimina poco sodio. El mecanismo homeostático para regular el metabolismo de sodio es muy eficaz, ya que los animales pueden sobrevivir durante periodos prolongados con unos consumos de este mineral excepcionalmente bajos.

Mcdonald, *et al.*,(1975) asentó que el sodio se ingiere sobre todo en forma de cloruro (sal común) y así es como se excreta.

Deficiencias y sus manifestaciones.

Hafez y Dyer (1972), mencionan que la deficiencia de sodio en los animales es debido a que la dieta vegetal posee un contenido muy bajo de este mineral. Puede manifestarse esta deficiencia tras una pérdida excesiva de fluidos corporales provocados por sudoración intensa, diarrea y vómitos. La insuficiencia de sodio se manifiesta por calambres musculares, debilidad general y finalmente colapso muscular.

Church y Pond (1987), señalan que esta deficiencia se manifiesta con menor producción de leche y pérdida de peso en los adultos.

El primer signo de deficiencia de sodio y cloro es el ansia de sal, demostrada por un constante lamer de la madera , tierra, sudor de otros animales y consumo de agua. McDowell. *Et al.*,(1984). Una deficiencia prolongada de sodio produce pérdida del apetito, reduce el crecimiento, baja la producción de leche, hay perdida de peso y una mala apariencia.(Underwood, 1981).

La toxicidad debida a sal común (NaCl) en los rumiantes en pastoreo es poco frecuente, ya que ésta se excreta fácilmente por la orina siendo su vehículo el agua y mientras ésta se encuentra disponible los animales podrán tolerar grandes cantidades de sal.

Sin embargo, puede presentarse toxicidad en el ganado que se le ha privado de sal por un período prolongado y súbitamente se le administra a libre acceso, causando bajo consumo de alimento , problemas digestivos, baja ganancia de peso y diarreas. (McDowell *et al.* 1984; De Alba, 1974). .

Cloro (Cl)

Abrams (1965), Maynard (1969), McDonald *et al.* (1975), y Church y Pond (1987), señalaron que este elemento mineral juega un importante papel en el equilibrio ácido-básico en el organismo.

Morrison (1965), Risse (1970), Church y Pond (1987), refieren que el cloro es el principal anión del jugo gástrico donde se une con los iones de hidrógeno para formar el HCl (ácido clorhídrico) .

Hafez y Dyer (1972), Church y Pond (1987), asentaron que el cloro se encuentra presente sobre el 63% de los aniones existentes totales de los fluidos extracelulares. El cloruro facilita la regulación de la presión osmótica extracelular.

Flores (1986), hace mención que el cloro no falta en ningún tejido animal en estado de cloruros inorgánicos. Abunda en la mucosa gástrica, orina, sudor, leche, etc; se encuentra dentro y fuera de las células, se encuentra en la sangre. Una parte del cloro esta en las células y dos en el plasma sanguíneo.

Asimilación

Tyler (1964), Maynard (1969), Flores (1986), mencionaron que el cloro puede llegar a asimilarse en la piel y en los tejidos subcutáneos ya que el cuerpo animal tiene cierta capacidad para hacerlo.

Hafez y Dyer (1972), señalaron que el cloruro se absorbe principalmente en el intestino delgado; una buena parte del cloruro que aparece en el estómago en forma de ácido clorhídrico es absorbido cuando pasa por las regiones distales del tubo digestivo. Se asimila en grandes cantidades en la parte distal del intestino para evitar quizás una pérdida importante de este ion con las heces. Los cloruros suelen eliminarse principalmente a través de los riñones, el sudor puede constituir una pérdida importante en algunas especies. Una parte del cloruro se elimina con las heces, especialmente cuando se ingieren en cantidades normales o superiores. La excreción de cloruro con las heces es proporcional a la eliminación del sodio.

Deficiencias y sus manifestaciones.

Hafez y Dyer (1972), señalan que las deficiencias de cloruro no aparecen muy difundidas. Cuando se produce una deficiencia suele ser el resultado de una pérdida excesiva originada por una difusión del tracto digestivo o del metabolismo.

Church y Pond (1987), revelan que el signo principal de una deficiencia de cloro es la disminución del índice de crecimiento, la concentración baja de este mineral en la dieta trae como consecuencia una disminución en la concentración del cloro urinario a casi cero y se disminuye la concentración en la piel de este elemento, músculo, hígado, riñón, cerebro, vísceras y en casi toda la canal. Las lesiones renales se manifiestan dentro del primer mes después de ingerir la dieta deficiente de este elemento.

Potasio (K)

El potasio es el tercer elemento mineral más abundante en el cuerpo animal y es el principal catión del fluido intracelular; es además un constituyente del fluido extracelular que tiene influencia en la actividad muscular.(McDowell *et al.* 1984). Este mismo autor coincide con Thompson y Villalba (1978) quienes mencionan que el potasio es esencial para la vida, siendo requerido para una variedad de funciones corporales, incluyendo balance osmótico, equilibrio ácido-básico, interviene en varios sistemas enzimáticos y el balance hídrico.

Hafez y Dyer (1972), McDonald *et al.* (1975), citan que el potasio interviene también sobre el metabolismo de los hidratos de carbono, esta influencia se ejerce, al menos parcialmente a través del efecto de este elemento sobre la glándula adrenal.

Cullison (1983), Flores (1986), Church y Pond (1987), señalan que el animal tiene la necesidad de recibir potasio en la dieta para que realice funciones tan importantes como lo es el equilibrio ácido-básico del organismo.

Asimilación

Hafez y Dyer (1972), señalan que el potasio se asimila como un Ion en el intestino delgado principalmente, y la principal vía de excreción es a través del riñón.

Deficiencias y sus manifestaciones

Hafez y Dyer (1972), indican que la deficiencia de potasio puede estar originada por padecer una diarrea, diuresis o acidosis. Una deficiencia de este elemento produce aumento de la irritabilidad, desorientación mental, irregularidades cardíacas y tasa de crecimiento reducida.

Cullison (1983), menciona que los síntomas de una deficiencia son muy inespecíficos, tales como disminución en el consumo de alimento, disminución en la conversión alimenticia y desgano generalizado.

Church y Pond (1987), indican que los exámenes post-mortem, no siempre nos revelan la presencia de cambios patológicos en el músculo cardíaco. Síntomas como paso o marcha inestable, adelgazamiento, seguido de la muerte son algunos síntomas que caracterizan la deficiencia de este mineral. La diarrea se asocia con pérdidas de electrolitos, especialmente de potasio, en cantidades excesivamente anormales en las heces, y de esta forma se alteran las relaciones de las presiones osmóticas y el balance ácido-básico.

La deficiencia de potasio puede ser causada por consumo insuficiente, por pérdidas causadas por diarreas, o por ingestión excesiva de sal (NaCl). Este elemento debe proporcionarse a diario por que no existen lugares de reserva en el cuerpo, aparte de las que se encuentran en la célula muscular y nerviosa, donde es vital para un funcionamiento óptimo.(Ammerman y Ggoodrich, 1983).

La deficiencia de potasio no tiene signos específicos, incluso hasta hace poco se creía que esta deficiencia era mínima, puesto que el contenido de este elemento en los pastos jóvenes es mayor que el requerido por los animales en pastoreo. Sin embargo, los forrajes maduros expuestos al sol, no cubren las necesidades de potasio de los animales y algunos concentrados proporcionados al ganado en lotes de engorda contienen menor cantidad de la requerida. (McDowell *et al.*1984).

Azufre (S)

Abrams (1965), Maynard (1969), Hafez y Dyer (1972), McDonald *et al.* (1975), Oteiza y Carmona (1985), Flores (1986), Church y Pond(1987) y Rodríguez (1991), citan que el azufre forma parte de los aminoácidos esenciales sulfurados como la cistina, cisteína y metionina.

Morrison (1965), menciona que el azufre es necesario para la vida de los animales, pues es parte esencial de muchas proteínas. Además el glutathion,

compuesto que tiene importancia en la oxidación de los principios nutritivos, contiene azufre (está compuesto por 3 aminoácidos: cisteína, glicina y ácido glutámico).

Maynard (1969), Hafez, y Dyer (1972), Flores (1986), Church y Pond (1987), hacen mención que el azufre se encuentra en cada célula constituyendo aproximadamente el 0.15% del peso corporal.

Maynard (1969), Hafez y Dyer (1972) citan que este elemento mineral se presenta casi enteramente en forma orgánica, abunda en los tejidos orgánicos ricos en proteína.

Maynard (1969), indica que el azufre inorgánico se halla en forma de sulfato de condrotina, componente de los cartílagos.

Flores (1986), señala que el azufre del organismo se encuentra casi en su totalidad en formas orgánicas. Son 3 funciones que desempeña el azufre en el organismo: plástica, integrando formaciones epidérmicas en las que abundan los aminoácidos con azufre; en los procesos de oxireducción (glutation), en los que el grupo sulfhidrilo (sh) pasa a disulfurico s-s, cambio que es reversible,--

Como desintoxicante, ya que el Ion SO_4 esterifica en el hígado cuerpos de función fenólica haciéndolos perder su toxicidad.

Asimilación.

Abrams (1965), menciona que las proteínas que contienen azufre se hidrolizan y se absorben del tracto digestivo de la misma forma que las otras proteínas alimenticias y después sufren diversas transformaciones metabólicas.

Hafez y Dyer (1972), citan que la asimilación del azufre tiene lugar principalmente en el intestino delgado, y que entre las distintas fuentes, el azufre inorgánico se asimila peor que el orgánico.

Abrams (1965), Maynard (1969), Hafez y Dyer (1972), Flores (1986), Church y Pond (1987), indicaron que la excreción del azufre se efectúa tanto por las heces como por la orina, según sea la forma en que se administra y la cantidad recibida.

Maynard (1969), Flores (1986), hacen mención que con la orina sale el azufre de tres formas: sulfatos inorgánicos que constituyen la fracción principal, de la oxidación del azufre orgánico, como sulfatos etéreos (sulfoconjugados), que son productos complejos de desintoxicación, y como azufre neutro en forma de cistina, taurina y otros.

Deficiencias y sus manifestaciones.

Hafez y Dyer (1972), Cullison (1983), indican que la mayoría de las raciones destinadas al ganado en general, se proporciona una mayor cantidad de azufre del requerido, por lo que bajo condiciones normales, rara vez se llega a presentar una deficiencia de este mineral.

Church y Pond (1987), mencionan que no se ha demostrado que el azufre inorgánico sea dispensable para el mantenimiento normal o para las funciones productivas de los animales. Sin embargo, la deficiencia de metionina, tiamina o biotina, cada una de las cuales contiene azufre, sin duda alguna produce lesiones funcionales y morfológicas.

Yodo (I).

La función principal del Yodo es participar en la síntesis de las hormonas de la tiroides, que son la tiroxina y la triyodotironina. Estas hormonas tienen un papel activo en la termorregulación, metabolismo intermedio, reproducción, el crecimiento y

desarrollo, la circulación y la función muscular. Por medio de estas hormonas el yodo controla la tasa de oxidación en todas las células. (Mufarrege, 2002).

Según Mufarrege (2002), menciona que el yodo es absorbido primariamente en el rumen. Los signos de deficiencia de yodo son el bocio, caída de pelo en animales jóvenes y retardo de crecimiento. El suministro de sal yodada o inyecciones yodo-fosforadas corrige la deficiencia del microelemento.

Los efectos depresores de estas sustancias pueden ser corregidos aumentando las cantidades de Yodo de la dieta en 2 a 4 veces los requerimientos, lo que es recomendable para los ovinos. Mufarrege, (2002).

Según Mufarrege (2002), algunas variedades de *Leucaena leucocephala* generan una sustancia (DHP) a partir de la mimosina, que generan bocio y que no se puede prevenir mediante el tratamiento con yodo.

Los requerimientos de yodo de los ovinos son de 0.5 mg/kg MS de la ración. En mezclas minerales pueden agregarse 300 mg. de Ioduro de Potasio por Kg. de mezcla, como para satisfacer los requerimientos de los ovinos. (Mufarrege, 2002).

Cobre y Molibdeno (Cu y Mb)

El cobre fue considerado como esencial por primera vez por Hart *et al.*, en 1928, al descubrir la anemia láctea de las ratas. Estos investigadores encontraron que el cobre es necesario para síntesis de la hemoglobina en dicha especie (Underwood, 1969). Schutte (1966), reportó que este elemento es esencial también en la formación de la enzima citocromo oxidasa, el cual es importante en la cadena respiratoria. Respecto al molibdeno, éste guarda una relación estrecha con el cobre, la primera indicación sobre la función de este elemento en la producción animal, apareció en 1953, cuando un grupo de investigadores descubrieron la flavo proteína xantina oxidasa, que es una metaloenzima que contiene este elemento y de el depende su actividad. (Coelho y Chávez, 1978), la cual es esencial en el

metabolismo de las purinas. Maynard *et al.*,(1981), y en los pasos finales de la formación del ácido úrico. (Schutte, 1996).

Gartenberg (1982), en Navidad N.L., encontró en los forrajes analizados, concentraciones promedio de 7.3 y 5.8 ppm de molibdeno y cobre respectivamente, observándose una toxicidad de molibdeno que causa a su vez una deficiencia de cobre en el ganado, lo cual está siendo contrarrestada actualmente mediante la suplementación de sulfato de cobre en la ración.

La relación que existe entre el cobre y el molibdeno es ampliamente conocida, Coelho y Chávez,(1978), reportaron que elevadas concentraciones de molibdeno en la ración inhiben la absorción del cobre, probablemente debido a la formación de un complejo cobre-molibdeno de baja disponibilidad, provocando síntomas de deficiencia de cobre, aún cuando los niveles de este elemento en la ración sean los adecuados.

La deficiencia de cobre en los animales se presenta con ataxia del recién nacido (en cabritos hijos de cabras u ovejas deficientes de cobre), falta de crecimiento y apetito, infertilidad asociada con retraso o acumulación de celo, y en algunos casos, abortos de pequeños fetos muertos. (Howell y Hall, 1970 citados por Underwood, 1981).

El cobre como componente de los tejidos vegetales y animales, fue identificado hace más de 150 años. Coelho y Chávez,(1978), mencionan que, ciertas enfermedades de bovinos y de ovinos en pastoreo, se identificaron como consecuencia de deficiencia de cobre.

Respecto a las funciones de estos elementos, Haper (1980), menciona que el cobre es un constituyente de varias proteínas, metaloenzimas y algunos pigmentos que ocurren en la naturaleza, siendo necesario para la síntesis de hemoglobina y formación de hueso. En los rumiantes el contenido normal de este elemento varía de 200 a 600 ppm, encontrándose las mayores concentraciones en el hígado.

Según Grace y Lee (1990), indican que los síntomas de una deficiencia de Cobre en ovinos se observan por lo general en los corderos jóvenes. Se produce una falta de coordinación muscular con parálisis parcial de los miembros posteriores y degeneración de las fibras nerviosas de la médula espinal; los corderos pueden nacer débiles y morir por su incapacidad para mamar. Los ovinos que no consumen suficiente cantidad de Cobre, presentan un trastorno en la síntesis de hemoglobina y se presentan con algún grado de anemia. Los lanares con deficiencia de Cu, producen lana “acerada” ó “en tiras”, que carecen de rizos y tienen una apariencia brillante o sedosa. En casos graves se observa pérdida de pigmentación en la lana de los ovinos negros.

El Cobre se almacena en el hígado, los riñones, el corazón, los pulmones, el páncreas y el bazo, las reservas sirven durante cuatro a seis meses, proveyendo el Cobre necesario cuando se produce una deficiencia. (Hernández,1982).

Según Shimada (2003), menciona que los niveles hepáticos normales en la bilis son: en pollos y cerdos 4 ppm; en bovinos de 30 a 35 ppm; en borregos de 100 a 300 ppm. En el caso de borregos, estos nacen con 100 ppm de cobre hepático, que no se metaboliza durante la lactancia, por lo que al destete el mineral tendrá un nivel grande. La situación con los bovinos es intermedia entre lo que ocurre con los cerdos y borregos.El nivel de Cobre en pastos para satisfacer una oveja preñada, ó en lactación y a borregas en recría es de 5 ppm Cu en la MS. El Sulfato de Cobre se puede agregar a las mezclas minerales en un 0.5%, como para cubrir bien las necesidades. (Mufarrege, 2002).

El Cobre puede provocar efectos tóxicos cuando se ingiere más de 25 ppm del elemento. Se han observado necropsias donde el hígado aparece con un color cobrizo, en carneros que consumieron un exceso de Sulfato de Cobre. (Grace y Lee, 1990).

Según Shimada (2003), menciona que el cobre está interrelacionado con el molibdeno; un exceso del último causa una deficiencia del primero, que se manifiesta por decoloración de pelo de los animales afectados. El cobre y el zinc también se interrelacionan. En condiciones normales es poco probable una deficiencia alimenticia del mineral, ya que los animales requieren entre 2 y 10 ppm y la mayoría de los alimentos contienen de 6 a 20 ppm (los cereales tienen de 3 a 8; la pasta de soya 25; los pastos 6; las leguminosas forrajeras 17).

La relación que existe entre el cobre y el molibdeno es ampliamente conocida, Coelho y Chávez (1978), Dowdy y Matrona (1968), indican que elevadas concentraciones de molibdeno en la ración, inhiben la absorción de cobre, probablemente debido a la formación de un complejo cobre-molibdeno de baja disponibilidad, provocando según agregan. Russell et al., (1960), Clawson et al., (1972), síntomas de deficiencia de cobre, aun cuando los niveles de este elemento en la ración sean adecuados. Al respecto Mason, (1981), afirma que en ovejas, consumos de molibdeno mayores de 50 ppm produjeron signos clínicos de deficiencia de cobre, coincidiendo con lo anterior Dowdy y Matrona, (1968), afirman que en ovejas consumos de 38.4 mg/día, provocaron una disminución en la concentración de cobre en el hígado (660 mg/kg de materia seca).

Goodrich y Tillman (1966), trabajando con ovejas probaron dos niveles de cobre (10 y 40 ppm), molibdeno (2 y 8 ppm) y sulfato (0.10 y 0.40%), encontraron que la ganancia y conversión alimenticia se redujo al incrementar el sulfato en las raciones que contenían 2 ppm de molibdeno, y se observaron que no hubo el mismo efecto, cuando la dieta contenía 8 ppm de molibdeno, lo cual indica que el molibdeno contrarresta los efectos detrimentales del sulfato. La concentración de cobre en el hígado disminuyó siempre que se ofrecieron en la dieta 0.40% de sulfatos y/o 8 ppm de molibdeno y se incrementó cuando se suministraron 40 ppm de cobre.

Además de la interacción con el cobre, el molibdeno tiene relación con el azufre, Dick (1956), indica que altas concentraciones de sulfatos, reducen el transporte del

molibdeno a través de las membranas, debido a este efecto, se produce un incremento en la excreción de este elemento. Debido a los factores que interactúan con el cobre, es difícil establecer claramente las necesidades de este elemento, Maynard y Loosli (1975), opinan que de 5 a 8 ppm en el pasto consumido en base a materia seca, es suficiente para llenar los requerimientos de los animales; considerando lo anterior, puede calcularse una ingestión diaria para bovinos y ovinos de 50 y 5 ppm, respectivamente.

Cuadro 6. Concentración de cobre y molibdeno en tejidos corporales de bovinos, ovinos y cabritos. Maynard y Loosli (1975),

Muestra	Especie	Cu	Mo	Autor
Suero sanguíneo	Bovino joven	1.0 g/100 ml	-	a
Sangre	Bovino adulto	-	6.0 g/100 ml	b
Sangre	Bovino joven	-	60.80 g/100 ml	b
Suero sanguíneo	Ovinos	60–100 g/100 ml	-	a
Hígado	Animales adultos	10-50 ppm en base a Ms	-	c
Hígado	Caprinos deficientes	3.3 ppm	-	d
Hígado	Caprinos normales	86.0 ppm	-	d
Hígado	Bovino adulto	-	9.35 g/kg de Ms	d
Hueso cortical	Bovino adulto	9.12 mg/kg	-	a
Músculo	Bovino adulto	3.6 mg/kg	3.6 mg/kg tejido fresco	a

- a.- Georgievskii *et al.*, (1982).
- b.- Cunningham (1950), (citado por Underwood, 1977).
- c.- Lorenzen y Smit (1947).
- d.- Henning *et al.*, (1974), (citado por Haenlein, 1980).

La toxicidad de molibdeno, es uno de los problemas que han sido reportados en México, Gartenberg (1982), indica que en el área de navidad, en el municipio de Galeana, N.L., existen problemas de toxicidad por este elemento.

Los síntomas de una toxicidad de molibdeno los reportan varios autores, Maynard y Loosli (1975), indican que el síntoma mas destacado es una diarrea intensa, Russell *et al.*,(1960), agregan que además se presenta debilidad y anemia, tales síntomas se observan cuando los animales consumen de 6 a 36 ppm de este elemento.

Gray y Daniel (1964), opinan que el principal efecto toxico del molibdeno en animales alimentados con cantidades inadecuadas de cobre, es la disminución en el crecimiento, esto probablemente debido a la interferencia del molibdeno con la síntesis de proteína.

Existe un rango de signos de deficiencia en rumiantes asociados con una deficiencia de Cobre simple o inducida (nivel alto de Mb y s); estos signos incluyen: anemia, diarrea severa, crecimiento lento, decoloración del pelo, ataxia en el recién nacido, infertilidad temporal, fallo cardiaco, y huesos frágiles y débiles que se fracturan fácilmente. (Underwood, 1981). Ataxia en el recién nacido es un problema del sistema nervioso en los corderos y las cabras. Dos tipos de ataxia en el recién nacido en ovinos son reconocidos: (1) la forma aguda del recién nacido y (2) una forma retardada que a menudo ocurre unas semanas o meses después del nacimiento.

La concentración de Cobre en la sangre o el plasma reflejan el Cobre en la dieta, a pesar de que el rango normal es amplio. Para el ovino, bovino y caprino, el rango normal es de 0.6 a 1.5 µg/ml.(McDowell *et al.*, 1993).

Hierro (Fe)

El hierro juega un importante papel en el metabolismo de los animales, principalmente limitando el proceso de respiración celular, también es componente de la hemoglobina.

La deficiencia de hierro es más común en el hombre y en el cerdo, y no existen pruebas de que los rumiantes sufran deficiencia de este elemento cuando se encuentra en pastoreo, salvo por circunstancias que determinen una pérdida de sangre intensa o alteraciones en el metabolismo de este elemento provocadas por infecciones parasitarias u otro tipo de enfermedades.(Underwood, 1977; McDowell *et al.*,1984).

La absorción de hierro se inhibe debido a varios factores. Settlemire y Matrone (1976), citados por Ortega,(1984), reportan que altas concentraciones de zinc, reducen la absorción de hierro.

Su función más conocida es ser parte de la molécula de hemoglobina y otras proteínas sanguíneas, siendo la anemia el síntoma característico de su deficiencia. Sin embargo, se le asocia también como el metabolismo de los lípidos, ya que se produce hígado graso.(Shimada, 2003).

El Hierro de origen inorgánico puede ser toxico, especialmente para rumiantes, ya que su requerimiento es menor que el que contienen los forrajes. El nivel toxico para los ovinos es de 280 ppm y para bovinos de 400 a 1000 ppm, dependiendo del contenido de cobre, fósforo, manganeso y vitamina E en la dieta.

A la fecha no existen pruebas convincentes de que animales pastoreados en agostadero sufran deficiencias de hierro, salvo por hemorragias o disturbios en el metabolismo de este elemento.(McDowell *et al.*, 1978).

McDowell *et al.*,(1978), señalan que poco se sabe acerca de los requerimientos de hierro en los rumiantes, pero que de acuerdo a estudios realizados por Underwood,(1969), en bovinos de carne se sugieren niveles entre 10 y 30 ppm, y para bovinos de leche entre 100 y 150 ppm. En ovinos en crecimiento, Lowlor *et al.*, (1965), citados por McDowell *et al.* (1978), indican que los requerimientos oscilan entre 25 y 40 ppm.

Cuadro 7. Concentraciones de hierro en los tejidos corporales de ovinos y bovinos Georgievskii *et al.*, (1982).

Muestra	Especie	Concentración	Unidad
Suero sanguíneo	Ovino adulto	0.10 – 0.15	Mg/100 ml
Hígado	Bovino adulto	180 – 270	Mg/kg materia seca
Hígado	Bovino de 1 mes edad	3402	Mg/kg materia seca
Músculo	Bovino adulto	14.1	Mg/kg tejido fresco
Hueso cortical	Bovino adulto	350 – 400	Mg/kg

Desde el punto de vista de reproducción, Hidiroglou (1979), menciona que en un estudio realizado en semen de toros y plasma seminal, con el propósito de observar las reacciones de hierro y cobre, la reacción de hierro fue mucho mayor en los espermatozoides que en el plasma seminal, sin embargo, no se han llevado a cabo pruebas relacionadas con la función reproductiva de los espermatozoides. En otro estudio este mismo autor señala que altos niveles de hierro y zinc en la sangre, disminuyeron el número de inseminaciones por concepción.

Manganeso (Mn).

La deficiencia del manganeso en animales da lugar a crecimiento deteriorado, a anomalías esqueléticas y a la ataxia de la función reproductiva recién nacida, y presionada o disturbada. (Hidiroglou,1979; Underwood,1981).

Aunque los requisitos exactos de las ovejas para el manganeso no se saben, deben ser adecuados para la mayoría de las etapas de la producción.

Con una dieta bien equilibrada, aparece que 1.000 mg/kg del manganeso dietético son el nivel tolerable máximo para las ovejas (NRC, 1980).

Cobalto (Co).

El descubrimiento de este mineral, es el más reciente dentro del grupo de los elementos que se consideran esenciales para el desarrollo y buena salud de los animales. (Maynard y Loosli,1975). En estudios realizados en 21 países entre los que se encuentra México, McDowell (1976), reporta deficiencia de cobalto en los rumiantes

El cobalto es importante debido a su intervención en la síntesis de vitamina B₁₂ por los microorganismos del rumen, la cual participa en varios procesos enzimáticos; actúa como coenzima en las reacciones de la transmetilación (síntesis de metionina, metano y acetato). Marston *et al.*,(1961), citado por (Underwood, 1984 y Georgievskii, 1982).

El cobalto se encuentra ampliamente distribuido en el cuerpo y no existe acumulación excesiva en los tejidos, las mayores concentraciones se localizan en el hígado, riñones y huesos. (Houser *et al.*, 1978). Según Maynard y Loosli,(1975) la importancia de este elemento radica en que es necesario para la proliferación de bacterias productoras de vitamina B₁₂

De Alba (1974), reportó que las deficiencias de cobalto se manifiestan en los rumiantes como anorexia, apetito deprimido, disminución en el crecimiento, anemia

y muerte, y que una pequeña suplementación de este elemento, hace que los pastizales que no se aprovechaban por ser deficientes en cobalto, sean bien utilizados.

En el caso de los rumiantes en agostadero, la deficiencia de este elemento en el área origina síntomas generales de desnutrición. Los animales pierden apetito y peso, se debilitan y finalmente muere. La sangre de los animales es anémica, de tipo normocítico normocrómico, existe degeneración.

(Shimada, 2003).

Los niveles máximos permitidos son de 20 y 50 ppm para bovinos y ovinos, respectivamente. Dosis mayores pueden provocar intoxicación, cuyos síntomas son similares a aquellos de carencia: disminución de consumo y peso, emaciación, anemia, debilidad, incremento en la hemoglobina y el volumen celular empacado, lagrimeo, salivación, disnea. (Shimada, 2003).

Respecto a los factores que facilitan o inhiben la absorción de cobalto, Georgievskii *et al.*,(1982), indican que este elemento es antagónico únicamente con el zinc y presenta sinergismo con el fósforo, azufre, magnesio, cobre y yodo.

Houser *et al.* (1978), Maynard y Loosli (1975), afirman que los requerimientos de bovinos, ovinos y equinos son de 0.05-0.07; 0.08 y 5 a 8 mg/kg de ración, respectivamente, por lo que el nivel de 0.1 ppm en la dieta, es suficiente para los requerimientos de bovinos y ovinos.

La concentración de cobalto en los tejidos corporales han sido estudiados por varios autores, en hígado de bovinos y ovinos; Underwood,(1969), afirma que las concentraciones normales son de 0.2 a 0.3 ppm en base a materia seca, al respecto, Andrews *et al.*,(1959), (citado por Church, 1974), indican que las concentraciones de cobalto en hígado de rumiantes es de 0.15 ppm o más. En suero sanguíneo de ovejas Georgievskii *et al.*,(1982), reportan concentraciones de cobalto de 0.5 – 0.1 µg/100 ml.

Manard y Loosli (1975), afirman que una deficiencia de cobalto, presenta síntomas semejantes a los de una desnutrición general, los animales pierden apetito, padecen anemia, se debilitan y mueren.

En ovejas una deficiencia de cobalto, esta asociada en una reducción en el número de celos, anomalía que desaparece al suplementar la deficiencia. (Hidiroglou, 1979).

MacPherson *et al.* (1987), mencionan que los pastos con niveles debajo de 0.1 ppm de Cobalto en base seca serán más probables de producir deficiencias en corderos y terneros mientras que un acceso prolongado a pastos con menos de 0.07 ppm de Co van a producir una deficiencia extendida en dicho elemento.

McDowell *et al.* (1993), señalan que el Cobalto tiene escasa posibilidad de ser tóxico en todas las especies estudiadas. Dosis diarias de 3 mg de Cobalto por kilogramo de peso o aproximadamente 150 ppm en dietas secas (1,000 el nivel normal) pueden ser toleradas por ovejas durante varias semanas sin presentar signos clínicos visibles de toxicidad. Dosis de 4 a 10 mg de Co por kilogramo de peso van a disminuir severamente el apetito y el peso del animal así como producir anemia, y también algunas muertes pueden presentarse con niveles más altos.

Según Mufarrege (2002), la deficiencia en ovinos puede ser detectada por análisis de Cobalto ó de Vitamina B₁₂ en suero ó hígado, siendo recomendable la determinación de B₁₂ en hígado. La suplementación con Cobalto puede hacerse mediante suplementos minerales con Sulfato ó Carbonato de Cobalto. En mezclas minerales pueden agregarse 66 Mg. de Sulfato de Cobalto por Kg. de mezcla, como para satisfacer los requerimientos de los ovinos.

Selenio (Se).

Entre las regiones del mundo que tiene problemas de deficiencia de este elemento, se encuentran: San Carlos y Guacacaste en Costa Rica, Bahamas, Brasil, Ecuador, Guyana, Honduras, México, Paraguay, Perú y Uruguay . (McDowell *et al.*1978).

El Selenio actúa en diversas funciones corporales, como el crecimiento, reproducción, la prevención de enfermedades y la integridad de los tejidos.

Las funciones del Selenio en el metabolismo están fuertemente relacionadas con la vitamina E ya que ambos protegen las membranas celulares contra la degeneración y muerte de los tejidos, actuando como antioxidantes. (Mufarrege, 2002).

El selenio se encuentra ampliamente distribuido en el cuerpo animal, acumulándose en mayor concentración en la corteza renal, páncreas e hipófisis y el hígado, (Harper, 1980).

De acuerdo a estudios realizados por Ammerman *et al.*, (1978), se requiere selenio para el crecimiento y reproducción normal, así como también para la prevención de una amplia variedad de enfermedades, siendo componente esencial en la enzima glutatión peroxidasa.

Harper (1980), indica que recientes estudios sugieren que el selenio interviene en algunos procesos biológicos, como mecanismo inmunitario y biosíntesis de trifosfato de adenosina mitocondrial.

El selenio tiene relación con el arsénico, mercurio, talio y cadmio, de manera que altos niveles de estos elementos en la dieta, incrementa la excreción de selenio por medio del aire que el animal expira.(Camarillo,1979).

Moxon (1938), citado por Underwood (1977), encontró que la administración de 5 ppm de arsénico en el agua de bebida, previno los síntomas de selenosis en ratas.

Underwood (1977), indica que la protección que ejerce el arsénico contra la toxicidad de selenio, radica en que incrementa la excreción de este elemento por medio de la bilis y vía pulmonar.

Ammerman *et al.*,(1978), menciona que una deficiencia de cobalto, reduce la tolerancia del animal al consumo de selenio.

En lo que se refiere a los requerimientos de selenio, McDowell (1976), señala que para ganado de carne se encuentra alrededor de 0.05 y 0.10 ppm, Maynard y Loosli,(1975), indican que los requerimientos para bovinos y ovinos son de 0.1 mg/kg de ración.

En otros estudios indican los requerimientos de Se para los ovinos depende de la cantidad de vitamina E en la dieta; el nivel de Selenio sugerido para los ovinos es de 0.1 mg Se /kg MS; siendo 2 mg Se / kg MS de la ración, el límite máximo tolerable. (Mufarrege, 2002).

Para la detección de toxicidad o deficiencia de selenio, es frecuentemente usada la concentración de este mineral en pelo, (Underwood,1977).

Olson *et al.* (1954), Citado por Underwood (1977), indica que la concentración de selenio en pelo de ganado pastoreado en áreas no seleníferas, es de 1-4 ppm. Al respecto Georgievskii *et al.*,(1982), indican que en ovejas consumiendo de 0.3 a 0.5 Mg. de selenio por Kg. de ración, las concentraciones de este elemento fueron de 21.0 gramos % en base a tejido fresco.

La deficiencia de Se produce una distrofia muscular ó enfermedad del “músculo blanco” en los corderos, caracterizada por debilidad, rigidez y deterioro de los músculos de tal manera que los animales afectados tienen dificultades para mantenerse en pié. La deficiencia afecta la reproducción incluyendo la retención de

placenta, que responde muy bien a la suplementación con Selenio. En mezclas minerales pueden agregarse 80 Mg. de Selenito de Sodio por Kg. de mezcla, como para satisfacer los requerimientos de los ovinos, (Mufarrege, 2002).

Zinc (ZN).

El Zinc es un elemento mineral esencial para la vida ya que forma parte de numerosos sistemas enzimáticos, con acción principal en los tejidos de alta velocidad de formación de células, de allí que su deficiencia perjudique el crecimiento de los corderos, disminuya la espermatogenesis en los carneros y favorezca las enfermedades de la piel, (Hernández, 1982).

La deficiencia de Zinc produce en el ganado ovino (y en todas las especies animales) una severa inapetencia, falta de crecimiento y perjuicios en la función reproductiva, especialmente en la del macho. En las ovejas una deficiencia en los últimos meses de gestación implica pérdida del feto. El Zinc se elimina principalmente por heces, y en las regiones tropicales los ovinos y vacunos, pierden cantidades considerables por el sudor lo que puede provocar síntomas de deficiencia aguda. (Apgar y Fitzgerald, 1985).

El Zinc no tiene en el organismo un tejido de reserva de fácil acceso y es por eso que si se produce escasez en el pastoreo, los mecanismos de homeostasis no funcionan, como con otros elementos, y la deficiencia de Zinc comienza a suceder. Esta acción diferencial del Zinc a sido confirmada en ovinos, con análisis de macro y microelementos en los tejidos corporales, de animales con y sin suplementación de elementos minerales, (Perry y Dana, 1990).

En años recientes, mas reportes han indicado que aún animales en pastoreo están recibiendo insuficiencias de Zinc de los forrajes en ciertas regiones del mundo. McDowell,(1992). Para

poder determinar la probabilidad de las deficiencias en grandes poblaciones de rumiantes, se consideran que una combinación de concentración de Zinc en el plasma (0.6 a 0.8 ppm) y en el forraje (<40 ppm) sería un buen indicador del estado del Zinc, (McDowell *et al.*, 1984).

Los problemas de toxicidad o deficiencia de zinc en los animales domésticos no son comunes, debido a la gran variedad de insumos que consumen. Sin embargo, en estudios realizados por (McDowell y Conrad, 1977), en diferentes países de Latinoamérica, se encontraron niveles menores de 50 ppm de este elemento en forraje, significando esto una deficiencia, ya que el contenido de zinc en el cuerpo es aproximadamente de 3 Mg./100 g, encontrándose las máximas concentraciones en el tejido epidérmico (piel, pelo, lana), y menores indicios en huesos, músculos y sangre

de acuerdo a estudios realizados por (Miller, 1970), este elemento está involucrado en sistemas enzimáticos y el metabolismo de los carbohidratos.

McDowell *et al.* (1978) estudio el papel de este elemento en el metabolismo de la vitamina A, encontrándose que el zinc era necesario para la movilización de esta vitamina contenida en el hígado.

El factor más importante que afecta la absorción del zinc es su propio contenido en el alimento, pues al decrecer este disminuye su absorción. Miller *et al.*,(1963).

Altas concentraciones de calcio también inhibe la absorción de zinc en borregos. Miller,(1970), observó que al incrementar en la dieta el contenido de calcio en 0.6, 1.8 y 2.4%, disminuía la concentración de zinc en la sangre, aumentando la severidad de las lesiones epidérmicas por deficiencia de este elemento.

Los requerimientos de Zinc de los ovinos, no están definidos con precisión se recomienda entre 20 y 40 ppm de Zinc en la MS de la ración y se recomienda incorporar 0.5% de Zinc a las mezclas minerales especialmente en regiones

tropicales y subtropicales, considerando esta cantidad como suficiente como para corregir cualquier probable deficiencia marginal, (Mufarrege, 2002).

En el caso de corderos, Mills *et al.*,(1967) sugirieron que 7ppm de Zinc en la dieta era suficiente para mantener el crecimiento pero que se necesitaban 15 ppm para mantener niveles normales de Zinc en la sangre.

En la cabra los requerimientos de zinc no están claramente establecidos, pero un mínimo de 10 mg/kg de alimento en base a materia seca parecen ser adecuados, (Haenlein, 1980).

Respecto a la concentración de zinc en los tejidos corporales, Otto *et al.*, (1965), afirman que concentraciones de 100 mg/ml, son óptimas para el crecimiento de borregos alimentados con dietas semisintéticas.

Beeson *et al.* (1977), indican que la suplementación de zinc no tiene ningún efecto sobre los niveles de este elemento en la sangre excepto cuando el nivel en la ración es extremadamente alto (300 a 620 mg/kg). En ovejas Georgievskii *et al.*, (1982), reportan concentraciones de zinc en suero sanguíneo de 100 a 120 mg/ml, con rango normal.

En cabras, Anke *et al.* (1973), (citado por Haenlein, 1980), menciona que la concentración normal promedio de hígado, es de 177 ppm en base a materia seca.

En cabras Anke *et al.* (1973), citado por Haenlein (1980), reportan concentraciones de 54 ppm en base a materia seca en hueso y 199 ppm para músculo.

Underwood y Somers (1969), concluyeron que un consumo de zinc de 17 ppm aparentemente era adecuado para el crecimiento de corderos machos pero inadecuados para un desarrollo función testicular normal. Esto último fue mejorado significativamente por un consumo dietético de 32 ppm de Zinc.

En ovejas la deficiencia de zinc, provoca mortalidad embrionaria debido a que el óvulo fecundado no pudo implantarse. (Hidiroglou, 1979).

Los bovinos, los ovinos y la mayoría de los mamíferos exhiben considerable tolerancia al alto consumo de Zinc. La magnitud de la tolerancia depende principalmente de los contenidos relativos de Ca, Cu, Fe y Cd con los cuales el Zn interactúa en los procesos de absorción y utilización, (McDowell *et al.*, 1984).

El zinc es un elemento que interviene en diversos sistemas enzimáticos y en el metabolismo de los ácidos nucleicos, carbohidratos y de la vitamina A, así como en la síntesis de proteína, (McDowell *et al.*, 1978).

Harper (1980), Georgievskit *et al.* (1982), mencionan que el depósito corporal del zinc biológicamente disponible, es pequeño y tiene rápido recambio.

El zinc es requerido en la movilización normal de la vitamina A del hígado manteniéndose así la concentración normal de esta en el plasma; en las dietas pobres de zinc, se provocan alteraciones en el crecimiento y la reproducción, además de un mal desarrollo de la piel en los animales.

La deficiencia de zinc en animales causa reducción en el consumo de alimento, disminución en el crecimiento, ausencia de libido, crecimiento excesivo de cuernos, paraqueratosis, rigidez en las articulaciones con hinchazón en las patas y reducción en el tamaño de los testículos, (Haenlein, 1980).

Comportamiento de las cabras en pastoreo.

El ganado caprino siempre se ha caracterizado por su facilidad de adaptación al medio, a nadie se le escapa que la ubicuidad de las cabras en los ecosistemas mas desfavorables se debe a su capacidad alimentarse de una manera casi increíble, desafiando las tablas de necesidades y las de composición de alimentos; un desequilibrio mágico que permite a esta especie desenvolverse, aprovechando inteligentemente los recursos que le rodean.



Las cabras han gozado durante algún tiempo y en determinadas zonas geográficas de una fama de devastadoras de especies vegetales totalmente inmerecida ya que hasta que no se ha estudiado con cierto rigor las costumbres alimenticias de la especie no se ha llegado a comprender el verdadero significado de su comportamiento.

El comportamiento de las cabras en el pastoreo se interpreta como una relación entre la sensación de satisfacción producida por la ingestión de la comida y las sensaciones proporcionadas por cada componente de la ración una vez ingerido en el organismo.

El proceso de pastoreo de una cabra a lo largo de un día se realiza **en una secuencia de acciones** que se repiten en cada nuevo pasto que entra:

- *Prueba (bajo consumo)*
- *Ingesta (consumo abundante)*
- *Diversificación (bajo consumo)*

Siempre que les resulta posible las cabras eligen diversos tipos de plantas para componer su dieta, y esto tiene el inconveniente de introducir en la dieta gran cantidad tóxicos tipo alcaloides, terpenos y taninos, pero el temperamento exploratorio de estos animales les permite equilibrar la dieta para contrarrestar los efectos perjudiciales de estos compuestos además de adecuar sus necesidades nutricionales a la disponibilidad de los forrajes. Por ejemplo regulan sus ciclos reproductivos a la disponibilidad de la dieta.

Para entender todas las características del pastoreo selectivo de las cabras hay que analizar diversos puntos:

Diferencias entre los grandes y pequeños rumiantes.

Estudios recientes demuestran que los rumiantes de peso muy bajo no pueden subsistir pastando solamente forrajes de calidad baja debido a:

- Menor volumen ruminal.
- Mayor velocidad de tránsito de lo ingerido
- Menor capacidad fermentativa

Esto explicaría porque realizan un pastoreo muy selectivo tanto en cuanto a variedad de especies como al estado de desarrollo vegetativo en el que se encuentran, compensando así su menor capacidad de ingestión, substituyendo la cantidad por calidad.

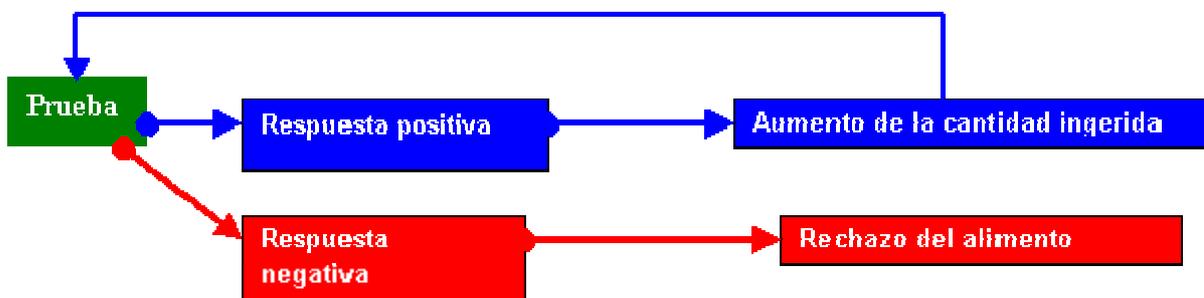
Las cabras gozan de un labio superior muy movable que unido a su capacidad de bipedestación le abren un nicho alimenticio compuesto por los brotes de los árboles a una altura de hasta 2 m, además de una enorme capacidad de adaptación al medio como demuestran algunas que viviendo en ambientes con vegetales muy leñosos desarrollan una composición salivar diferente y poblaciones bacterianas del rumen que son capaces de desactivar los taninos.

Por ejemplo las que viven en los desiertos son capaces de:

- Degradar los carbohidratos estructurales de las plantas endurecidas
- Reciclar la urea que se produce en el rumen de forma más eficaz
- Aumentar el tiempo de retención del alimento en el rumen para su mejor fermentación.

Respuesta alimentaria positiva y negativa al pastoreo.

Los animales en general y las cabras en particular relacionan los sabores de los alimentos con la respuesta positiva o negativa que reciben posteriormente por parte de su organismo. La inclusión de un nuevo alimento en la dieta de una cabra se realiza bajo el siguiente esquema:



La respuesta recibida por parte del organismo es crucial en la valoración de un nuevo alimento porque es la manera que tiene el animal de conocer como han respondido sus diversos órganos a la composición química de --

los nuevos nutrientes proporcionando así una sensación de si le gusta o de lo contrario rechaza el nuevo sabor.

Todos los animales prefieren la variedad de alimentos y las sensaciones de saciedad impulsan a los animales a explorar nuevos sitios y alimentos, siendo la relación entre el sabor y la respuesta orgánica positiva la que determina los cambios que se producen en el gusto de los animales.

Los receptores del sabor responden a:

- *Gusto*: dulce, salado, ácido y amargo
- *Olfato*: con toda la diversidad de olores que se puedan presentar
- *Tacto*: astringente, doloroso, temperatura

Los receptores del gusto interaccionan con los receptores orgánicos que responden a:

- Químico-receptores de nutrientes y toxinas
- Osmo-receptores de concentración de sales
- Mecano-receptores: distensión de la pared gástrica

Del intercambio de información entre los diversos receptores se elabora una sensación gustativa diferente según las necesidades del animal en ese preciso momento esto explica porque el gusto varía a lo largo de un ciclo de alimentación de un animal con un descenso de palatabilidad para los alimentos recién ingeridos y un aumento para aquellos que equilibran la dieta. Las modificaciones gustativas pueden ser transitorias o bien definitivas según la intensidad de la respuesta de los diferentes receptores.

Como ejemplo explicativo es lo mismo que nos sucede a los humanos cuando comemos mucha cantidad de un alimento salado nos saciamos de él y nos apetece tomar algo dulce, y al revés. O cuando hemos tenido algún problema con un

determinado alimento sentimos rechazo hacia su sabor durante un determinado espacio de tiempo o definitivamente

Regulación natural de la composición de la dieta:

El comportamiento de las cabras en pastoreo esta muy influido por:

- las necesidades orgánicas puntuales como crecimiento, gestación, parasitosis, etc.
- la disponibilidad de alimentos: si estas son escasas son capaces de comer lo que tengan disponible; si por el contrario hay abundancia y variedad eligen lo que mas les apetece manteniendo una relación relativamente constante de energía y proteína.



Lo mismo sucede con los componentes minerales de la dieta que se hacen más apetecibles cuanto mas carencia hay de ellos, esto se comprueba con los diferentes tipos de bloques de sales los cuales se consumen mas o menos según su composición y sus necesidades. Por ello es muy importante saber en que minerales es deficiente determinado terreno de pasto para poder ofrecer bloques de lamer compensatorios.

Las cabras tienden a anteponer el equilibrio de energía y proteína como factor de consumo de cantidad de alimento, sirvan estos ejemplos:

1. Cuando una cabra tiene su dieta equilibrada en cuanto a energía y proteína se refiere, ingiere más cantidad de arbustos ricos en terpenos potencialmente tóxicos y menos apetecibles que si solamente tiene equilibrada o la energía, o la proteína.

2. El carbón vegetal neutraliza los terpenos tóxicos y si se proporciona a las cabras con una dieta equilibrada de energía y proteína, se observa un aumento del consumo de los arbustos ricos en estos tóxicos, pero si no hay equilibrio previo la administración de carbón vegetal no afecta al aumento de consumo de los arbustos.

Estas consideraciones deberían hacernos recapacitar sobre la no-utilización de herbicidas para la destrucción de plantas potencialmente tóxicas para las cabras en pastoreo, y por el contrario partir de una dieta base equilibrada en Energía, minerales y Proteína bruta para permitir el pastoreo de las cabras, e ir reduciendo posteriormente la dieta base para que la cabra vaya compensando por sí misma los posibles efectos tóxicos de las plantas.

Adaptaciones de las cabras para el pastoreo.

Si pensamos en los ecosistemas donde se desenvuelven las cabras, se caracterizan por dos premisas comunes a todos los pastos:

- Altos en la presencia de tóxicos
- Bajos en su composición proteica

Estas premisas se cumplen en las zonas semiáridas de todo el mundo donde las cabras son los animales por excelencia: Sabana Africana, Norte de México, Texas y zonas Mediterráneas.

Las zonas de pastoreo están compuestas por vegetales ricos en taninos. Los taninos son compuestos fenólicos que contienen una cantidad suficiente de grupos hidroxilo y carboxilo como para hacer inutilizables los hidratos de carbono de los alimentos que los contienen a mamíferos y pájaros.

Sus efectos negativos sobre la alimentación son:

- Disminución del contenido proteico debido a dos factores:

1.- Capturar las proteínas convirtiéndolas en inaccesibles para el proceso digestivo.

- Inactivar los enzimas digestivos

2.- Efecto astringente por medio de interaccionar con las proteínas de:

- Mucosa oral
- Saliva
- Irritante para el aparato digestivo
- Toxicidad sistémica

La clave de la resistencia de las cabras a los efectos nocivos de los taninos reside en la adaptación de su microflora ruminal por medio de la presencia de cepas de microorganismos tanino-tolerantes. Por ejemplo de las cabras salvajes se ha aislado una cepa anaerobia de *Selomonas Ruminantium* subespecie ruminantium capaz de crecer en un medio de alta concentración de taninos como única fuente de energía. La presencia de esta microflora adaptada es el éxito de subsistencia de las cabras en medios hostiles y el mantenimiento de una colonia de estos microorganismos aun en épocas de bonanza debido a la presencia de otros pastos, es lo que explicaría el que el ganado caprino aun teniendo abundancia de un pasto mas apetecible siga siendo muy inquieta y curiosa; probando y explorando todo lo que esta disponible. Este comportamiento es el que asegura un substrato mínimo donde pueden seguir manteniéndose un cierto número de microorganismos tanino-tolerantes a la espera de que los pastos cambien con la estación climatológica.

Las cabras se adaptan a las dietas bajas en proteínas gracias a que poseen una gran capacidad de reciclar el Nitrógeno hacia el rumen ante la presencia de un forraje de mala calidad por medio de regular las pérdidas renales de Urea. Esto es lo que explicaría que las cabras del desierto sean capaces de mantenerse con dietas que poseen un 3 % de proteína como si en realidad la dieta tuviera un 6 % como mínimo ya que son capaces de reciclar a nivel renal un 87 % de la Urea para reenviarla al rumen .

Consumo de forraje de las cabras en pastoreo libre.

Para poder estudiar el comportamiento de las cabras en pastoreo libre se ha de emplear algún método que nos permita saber donde, como y cuando come un animal. Este no es un hecho sencillo y los estudiosos se valen de los siguientes métodos cada uno con sus inconvenientes e inexactitudes:

- **Pesada de los animales antes y después del pastoreo:** se les pesa en basculas de precisión y a los animales se les ponen unos arneses para recoger las heces y la orina y la cantidad ingerida es la resta del peso inicial menos el final corregido por el factor IGW (*Inesensible Weight Loss*) perdida insensible de peso debido a las condiciones de temperatura, humedad desplazamientos , etc. Este factor, por ejemplo, puede oscilar entre 150 gramos /hora a 25°C y 300 gramos /hora a 35 °C . Este factor es el que le da inexactitud al método.

Utilización de animales fistulizados por el esófago: para la determinación de la ingestión pero esto presenta a parte del problema ético de la fistulización en si, el que la toma de muestras se hace de manera intermitente lo cual no es representativa de la ingesta total.

· **Control del numero de bocados:** por medio de seguir a los animales tomando nota de lo que ingieren y cogiendo una muestra de igual cantidad, además se anotan también otras variables como el tiempo de consumo de cada tipo vegetal, las especies rechazadas, etc. Su mayor inconveniente es que la presencia del hombre puede influir en el comportamiento de los animales. Para obviar este problema habría que recurrir a las nuevas tecnologías como el geoposicionamiento por medio del GPS y los mapas detallados de la flora de la zona, junto con unos grabadores para controlar la masticación; pero hoy

en día todavía hay un error de 7 metros para la exactitud de la localización por vía satélite convencional.

Comportamiento alimentario de las cabras en pastoreo libre.

Las cabras comienzan el pastoreo con dos pasos consecutivos:

1. Decisión del lugar a pastar: esta decisión la toman normalmente los líderes del rebaño (o el pastor) y que se encuentra muy relacionado con la mayor presencia en la zona de determinadas especies vegetales mas apetitosas.
2. Decisión de que especies de la zona elegida se van a ingerir: esto esta muy relacionado con la probabilidad de encontrarse o no con determinada especie

Con estas dos premisas anteriores se puede concluir que una determinada especie vegetal se encuentra en mayor cantidad dentro de una dieta caprina debido a que se encuentra durante el pastoreo con mayor probabilidad y que una vez encontrada una determinada especie vegetal la cabra la ingiere en mayor cantidad si la cantidad de plantas de esta misma especie que se puedan encontrar es escasa (casi se podría pensar en un mecanismo de compensación de cantidad con probabilidad).



Como ejemplo se puede citar que un rebaño de cabras que pastan en zonas mixtas de vegetación lignificada y herbácea pasan el 59,7 % de su tiempo pastando los vegetales lignificados y el 40,3 % los herbáceos. Si este mismo rebaño se le introduce en

una zona rica de vegetales lignificados subirá el tiempo de pastoreo selectivo dedicado a los lignificados hasta un 82 % a los pocos días; el efecto inverso se detecta con la mayoría de presencia herbácea y entonces el % dedicado al pastoreo selectivo para estas especies asciende a un 74.

Duración del pastoreo.

El tiempo que las cabras dedican al pastoreo selectivo que tanto las caracteriza esta influido por diversos factores:

- Climatológico estacional: como la duración de la luz diurna, condiciones climatológicas (temperatura, lluvia,..)
- Estado fisiológico: que influye en las necesidades alimentarias de cada animal (preñez, lactancia,...)

Como ejemplo se puede señalar que en la Cuenca Mediterránea en zonas de pasto mixto lignificado y herbáceo, las cabras realizan el pastoreo selectivo durante 280 – 360 minutos. El suministro de alimento concentrado disminuye el tiempo dedicado al pasto pero no modifica la pauta de comportamiento en cuanto al ciclo selección-consumo. (El pastor puede influir muy directamente la duración de este tiempo).

Cantidad ingerida en cada bocado.

Las cabras prefieren ingerir alimentos que se coman rápidamente, así que la cantidad tomada en cada bocado es 0,4 gr. Para la hierba y 2,0 gr. para las plantas seleccionadas en el pastoreo selectivo, hay una compensación entre el tamaño de la partícula y la cantidad tomada en cada mordisco, a menor tamaño mayor ingesta. Esto no sucede así cuando las especies están dotadas de pinchos entonces la cabra no toma los brotes que más le gustan sino los que puede. La cabra puede utilizar la bipedestación para el pastoreo selectivo utilizando los brotes de hojas como componentes de su dieta, pero este comportamiento se suspende a favor de retomar el pastoreo horizontal cuando los brotes de hojas ya se han agotado.

Ciclos de consumo en el pastoreo selectivo.

El pastoreo de la cabra pasa necesariamente por tres etapas diferentes que son siempre consecutivas y que se repiten cada vez que un animal se enfrenta a un nuevo ciclo alimenticio. Este comportamiento es precisamente uno de los éxitos

evolutivos de la especie caprina, pues desde hace 7000 años es una especie que ha tenido siempre una facilidad increíble para adaptarse a cualquier ecosistema por duro que sea. Las etapas se distribuyen inteligentemente en:

Búsqueda-prueba: comienza una vez elegida la zona a pastorear, se caracteriza por una ingestión reducida de las diversas especies disponibles, el volumen consumido es de menos de 50 gr. de Materia Seca (MS) por metro lineal recorrido. En esta etapa hay un claro reconocimiento de la zona y un primer contacto con las diferentes especies vegetales que se consumen en poca cantidad a la espera de la respuesta orgánica pertinente para poder continuar o no posteriormente con el aumento de la cantidad a ingerir.

Consumo de las especies más abundantes en la zona: en esta etapa se realiza la mayor parte de la ingesta de la ración diaria basada en especies ya comprobadas por el animal anteriormente por lo tanto el consumo se eleva hasta 100 gr. de MS/m. Esta etapa es también importante porque en ella la cabra recibe las respuestas orgánicas producidas por las especies consumidas en la primera etapa.

Diversificación: en esta etapa la cabra ya tiene las respuestas orgánicas pertinentes y con esta información elabora una ingesta diversificada de especies vegetales *positivas* pero menos frecuentes, por lo tanto la cantidad desciende otra vez a menos de 50 gr. de MS/m. Las cabras que son líderes en el rebaño (o los pastores eficientes) saben conducir a los animales de tal manera que reducen la tercera fase al mínimo cambiando la zona para recomenzar cuanto antes un nuevo ciclo y por lo tanto llegar --rápidamente a la fase dos, repitiendo estos ciclos cuantas veces sean necesarias hasta satisfacer las necesidades orgánicas. Este es uno de los motivos por lo que se suele llevar alguna cabra en los rebaños de ovejas para que las guíen en la exploración de nuevas zonas y por lo tanto que amplíen sus horizontes nutricionales. Es importante destacar que las cabras a las que se les complementa la ración de pastoreo con alimento concentrado no cambian su forma de pastoreo en

ciclos aunque se sacien mas rápidamente pero siguen siendo igual de selectivas que cuando solo pastan como única fuente de alimentación.

Cuando, cuanto y como suplementar.

Cuando suplementar, la respuesta a esta pregunta será distinta para las diferentes zonas del país y aun varia dentro de cada zona o región, dependiendo de la distribución de las lluvias, tipo de manejo del hato, presión de pastoreo y condición corporal de las cabras. Otra consideracion para fijar el periodo de suplementacion es la determinación de los niveles de forraje disponibles en relación ala demanda.

Cuanto suplementar, la respuesta a cuanto suplementar esta sujeta al grado de desnutrición de los animales o a la severidad de la escasez de forraje, a la clase de suplemento y a la categoría de los animales a suplementar, entre otros factores. Cada categoría de animales tiene diferentes requerimientos nutricionales. Por lo tanto, entre mas separemos los animales por categorías, mejor será nuestro programa de suplementacion. Las categorías mas obvias son: cabras jóvenes y cabras adultas, cabras de pobre condición y cabras de mediana y buena condición, cabras lactantes y cabras secas, cabras preñadas y cabras no preñadas.

La cantidad de alimento exacta a suplementar solo puede determinarse si se conoce el contenido de nutrientes del forraje consumido por las cabras y el nivel de consumo del mismo, (Argaz, 1984).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y descripción del área de estudio.

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, localizado en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Sus coordenadas geográficas son 25° 22' de latitud norte y 101° 00' de longitud oeste. Su altitud es de 1,742 msnm y su temperatura media anual es 19.8 °C con una precipitación media anual de 298.5 mm. El clima es Bw hw (x') (e). Clima muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano y precipitación invernal superior al 10% de la total anual (Mendoza, 1983).

Materiales.

En este trabajo se utilizaron 15 caprinos criollos, con un peso promedio de: 23.1Kg. Los animales se asignaron en tres grupos (de 5 animales cada grupo) y fueron alojados en sus corrales respectivos.

Las cabras consumieron durante el pastoreo la vegetación propia de este lugar, como lo es:

- 1.- Salsola iberica (Rodadora)
- 2.- Hilaria belangeri ()
- 3.- Amaranthus hibridus (Quelite cenizo)
- 4.- Prosopis grandulosa (Mezquite)

- 5.- *Lycurus pleoides* (Zacate Lobero)
- 6.- *Pinus cembroides* (Pino Piñonero)
- 7.- *Mimosa biuncifera* (Gatuño)
- 8.- *Kochia scoparia* (Maroma)
- 9.- *Opuntia ssp* (Nopal)

Los tratamientos fueron:

Tratamiento 1. Pastoreo normal

Tratamiento 2. Pastoreo más suplemento mineral para cubrir el 50% de los requerimientos de minerales (25g / animal/día).

Tratamiento 3. Pastoreo más suplemento mineral (50g/ animal/día).

La mezcla ofrecida a los animales tiene como nombre comercial "BOVINAZA", la cual contiene los siguientes ingredientes:

Carbonato de Calcio, Fosfato Mono cálcico, Oxido de Hierro, Selenito de Sodio, Carbonato de Cobalto, Yodato de Calcio, Oxido de Cobre, Oxido de Zinc, Carbonato Ferroso, Oxido de Manganeso y Cloruro de Sodio. Subproductos de cereales ó de oleaginosas como vehículo.

Esta mezcla fue ofrecida en la tarde (6:00 PM) a los grupos experimentales. El grupo control (sin suplementación), se ubicó en un corral vecino con un manejo similar para sus animales, caracterizado solo por el pastoreo libre.

Metodología.

El presente trabajo se llevo a cabo durante 60 días. Los animales fueron distribuidos al azar 5 por tratamiento y se identificaron, desparasitaron y se vitaminaron.

Los animales recibieron el manejo normal (pastoreo) durante el día y al regresar por la tarde (6:00 P.M) se les proporcionó el suplemento (tratamientos 2 y 3, respectivamente).

Los animales fueron pesados al inicio del experimento y después cada 14 días para observar los cambios de peso que en ellos pudiera existir, de la misma manera se tomaron muestras de sangre y de pelo de cada uno de los animales, esto para comparar el contenido de minerales al principio y fin del experimento.

Muestreo de Forraje

Se colectaron muestras de las principales especies forrajeras consumidas por las cabras, previa observación de los animales en pastoreo y consulta directa con el pastor. Las muestras se tomaron en diferentes sitios del área pastoreada, utilizando para ello una navaja de acero inoxidable. El corte del forraje se realizo a la misma altura de la pastoreada por el ganado. La cantidad colectada por muestra fue de aproximadamente 500 g de materia verde depositándolas en bolsas de papel debidamente identificadas. Posteriormente se molieron en molino Willey con criba de acero inoxidable y poros de 1.0 mm. La preparación de las muestras para su análisis se realizo de acuerdo a las indicaciones de Fick *et al.* (1979), que consistió en una hidrólisis en caliente a base de ácido clorhídrico al 50% y al 10% agua destilada, una vez hecha la hidrólisis se filtró y el filtrado fue diluido para determinar los minerales siguientes: Zing, calcio, magnesio y fosforo.

La determinación de minerales se realizó por espectrofotometría de absorción atómica a lo establecido por Perkin Elmer Co., 1984. Y la determinación de Fósforo utilizando la técnica de Fiske y Subbarow 1925.

Muestreo de Suero sanguíneo

Se obtuvieron 30 muestras de sangre 15 al inicio y 15 al final del experimento (una por cada animal). Las muestras fueron colectadas por punción yugular, utilizando agujas VACUTAINER de 21G X 38 mm hasta obtener un volumen de 15 ml. Estas muestras se centrifugaron durante 20 minutos a 3000 rpm, obteniendo así el suero sanguíneo el cual previamente identificado, se metió al refrigerador para congelarlo hasta que se determinó el nivel de minerales: Zinc, calcio, magnesio y fosforo. La determinación de minerales se realizó por espectrofotometría de absorción atómica de acuerdo a lo establecido por Perkin Elmer Co., (1984) y la determinación de Fósforo utilizando la técnica de Fiske y Subbarow (1925).

Muestreo de Pelo

Las muestras de pelo fueron tomadas en los mismos animales utilizados para el muestreo de sangre, colectándose aproximadamente 10 gramos de muestra de las regiones del dorso de cada animal. Para ello se utilizaron tijeras de acero inoxidable. Posteriormente se colocaron en bolsas de plástico previamente identificadas. En el laboratorio, el pelo fue lavado tres veces con agua destilada y shampoo libre de iones, enseguida estas muestras se secaron en la estufa en bolsas de papel a 50 °C durante 12 hrs y finalmente se colocaron en bolsas de polietileno previamente identificadas para su posterior análisis de minerales (Zinc, calcio, magnesio y fosforo) de acuerdo con la metodología propuesta por Fick *et al.* (1979).

RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se discuten los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Ganancia diaria de peso.

Al analizar estadísticamente esta variable, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos. Con valores de 0.094 kg, 0.108 kg y 0.135 kg de ganancia diaria de peso para los tratamientos T1, T2, y T3 respectivamente (**Cuadro 8**). Los tratamientos 2 y 3 mostraron un mayor incremento en cuanto a la ganancia diaria de peso, con respecto al tratamiento 1 sin ser significativa la diferencia, comparado con investigaciones anteriores donde si hay mayor diferencia de ganancia diaria de peso, lo cual concuerda con los siguientes estudios:

Kalita *et al.*, (1996) estudiaron el efecto de la administración intramuscular de calcio y el fósforo (Tonophosphan) sobre el peso corporal de cabras Black Bengal, en tres grupos, el grupo 1 fue el testigo, el 2 recibió Ca (como Macalvit) a razón de 30 mg/kg de peso corporal, el 3 recibió P (como Tonophosphan) a nivel de 30 mg/kg de peso y el tres la combinación de Ca y P de ambos tratamientos a razón de 30 mg/kg de peso. El grupo que recibió la combinación de Ca y P tuvo una mayor ganancia de peso respecto a los demás grupos de tratamientos.

Manua (1994) evaluó el desarrollo de borregos y cabras por dos meses, en cabras pastoreando, y recibiendo suplemento adicional de minerales, reportó ganancias de peso diarias de 38, 78 y 98g para cabritos pre-destetados bajo un mismo régimen de alimentación.

Eys *et al.*, (1985) reportan que la suplementación de minerales en cabras en Indonesia, aumentó la ganancia de peso y redujo la mortalidad, y hubo una mejor respuesta a la suplementación en animales destetados que en animales lactantes, así también menciona que para los nueve meses que duró el estudio, fue suficiente para detectar diferencias entre tratamientos de 20% en ganancia pos destete.

Cuadro 8. Ganancia diaria de peso y ganancia total de peso de cabras alimentadas en pastoreo suplementadas con suplemento mineral (BOVINAZA).

	T1	T2	T3
Número de animales	5	5	5
Peso inicial (kg)	22.5	24.8	22.1
Peso final (kg)	23.0	31.3	30.2
Ganancia de peso total (kg)	5.6a	6.5 a	8.1 a
Ganancia de peso por día (kg)	0.094a	0.108 a	0.135 a

^a Letras iguales en renglones indican no diferencia ($P < 0.05$).

Suero sanguíneo y pelo.

Al analizar el suero sanguíneo y el pelo, al principiar el estudio y al final del estudio se encontraron los siguientes resultados: en suero, Ca 311.2 y 329.6 ppm, P 26.45 y 27.55 ppm, Zn 3.75 y 60.66 ppm, y Mg 35.09 y 33.56 ppm; pelo, Ca 1706.7 y 780.0 ppm, P 1.02 y 1.22 ppm, Zn 89.87 y 103.44 ppm, y Mg 573.33 y 578.33 ppm, como se muestra en el **cuadro 9**. Al analizar los resultados, estadísticamente se encontro que existe diferencia significativa ($P < 0.5$), en Ca y Zn, en los dos experimentos (pelo y suero), y en cuanto a los otros minerales, no existió diferencia significativa ($P > 0.5$) en las dos variables (pelo y suero). Los resultados obtenidos en el análisis de Ca, fueron superiores a lo reportados por Georgievskii (1982) que es de 100 a 120 ppm en borregas. En fosforo los resultados fueron inferiores a los reportados por Underwood (1969) que son de 45 a 65 ppm como es normal para la mayoría de los animales domesticos. En zinc y magnesio los resultados obtenidos, fueron superiores a las concentraciones reportadas por Georgievskii (1982), que son de 1.0 a 1.2 ppm

Forraje.

En cuanto al forraje, no se analizo estadísticamente porque solo se analizo con la finalidad de conocer las concentraciones de minerales que contienen las distintas

especies de plantas utilizadas para la alimentación de los animales. En lo que se refiere al forraje se obtuvieron resultados de concentraciones minerales de calcio, fósforo, magnesio y zinc, así como de proteína cruda: calcio 14,477.8 ppm, fósforo 25.62 ppm, magnesio 3000 ppm, zinc 103.44 ppm y PC 11.66 % como se muestran en el **cuadro 9**. En México existe muy poca información al respecto, sin embargo trabajos realizados por Davis (1977), y Gartenberg (1982), en las regiones de Navidad N. L. y San Tiburcio, Zac. , respectivamente, indican que en estas áreas existen elevadas concentraciones de selenio, molibdeno, y calcio, así como deficiencia de fósforo, cobre, cobalto y zinc en los suelos y plantas de estas regiones, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este estudio.

Cuadro 9. Concentración de los diferentes minerales estudiados en los animales y en el forraje, así como de la PC del forraje al final del estudio.

	Ca (ppm)	P (ppm)	Zinc (ppm)	Mg (ppm)	PC (%)
Numero de animales	15	15	15	15	15
Suero sanguíneo					
Inicio	311.2	26.45	3.75	35.09	-----
Final	329.6	27.55	60.66	33.56	-----
Pelo					
Inicio	1706.7	1.02	99.66	573.33	-----
Final	780.0	1.22	89.87	673.33	-----
Forraje	14477.8	25.62	103.44	3000	11.66

CONCLUSIONES

En conclusión, en base a los resultados obtenidos en el estudio se refiere que, la suplementación mineral, tuvo efecto en la variable de ganancia de peso; con lo que se puede decir que los minerales son de gran importancia para el desarrollo de las cabras y que estos lugares donde se realizó el estudio, las plantas que ingirieron las cabras son pobres en minerales y por lo tanto se debe suministrar minerales adicionales para llenar los requerimientos que necesita para mejorar su desempeño productivo, además de ser económico y práctico el adicionar minerales a la dieta diaria de las cabras. En base a los resultados obtenidos en este estudio, es recomendable la suplementación mineral en cabras alimentadas en agostadero, ya que las plantas presentes en el área de estudio son bajas en minerales y por lo tanto se debe suministrar minerales adicionales para llenar los requerimientos que requieren para mejorar su desempeño productivo. En los resultados obtenidos no hubo diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0.5$).

LITERATURA CITADA

Abrams, J. T. 1965. Nutrición animal y dietética veterinaria. 4ª ed. Zaragoza, España, Acribia. 988 p.

Aina-ABJ.1997 Effect of dietary magnesium supplementation on serum magnesium concentration and performance of female (Fouta djallon) goats. University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria. Indian Journal of Animal Sciences. 67: (10):890-893.

Ammerman, C.B. y R.D. Goodrich. 1983. Advances in mineral nutrition in ruminants. J. Anim. Sci. 57:519.

Ammerman, C.B., S.M. Miller, L.R. McDowell y C.A. Zometa. 1978. El selenio en la nutrición de rumiantes. Simposium Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Universidad de Florida. Marzo. P. 106.

Archibald, J.G. 1947. Cobalt in cow's Milk. J. Dairy Sci. 30:293.

Argaz, 1984. Caprinotecnia 1Edición. Ed Limusa. México.

Austgen, Laura and Bowen, R. A.: 1998, "Pathophysiology of the digestive system," *Colorado State University*, citado en : [www. Agro.tec.128. hhpt//](http://www.Agro.tec.128.hhpt/), en nov, 6, 2007.

- Beeson, W.M., T.W. Perry and T. D. Zurcher. 1977. Effect of Zinc supplementation on growth in hair and blood serum levels of Beef Cattle. *J. Anim. Sci.* 45:160.
- Bergner, H. 1970. *Elementos de Nutrición Animal*. 1ª ed. Zaragoza, España, Acribia. 163 p.
- Call, J.W., J.E. Cher, J.T. Blake, R.A. Smart and J.L. Supe. 1978. Phosphorus influence on growth and production of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 46:216.
- Camarillo, E. C. R. 1979. Interrelación Metabólica de la Vitamina E – Selenio y Vitamina A – Vitamina E. Revisión bibliográfica. Tesis Profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México. Pp47-56.
- Church, D. C. 1974. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. First Edition. Albany Printing. Oregon pp. 693.
- Church, D. C. y W.G. Pond 1987. *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. 3ª ed. Ed. México, Limusa. 438. p
- Clawson, W. J., AL. Lesperance. V. R. Bohman and D.C. Layhee 1972. Interrelationships of Dietary Molybdenum and Copper on Growth and Tissue Composition of Cattle. *J. Anim. Sci.* 34:516.
- Coelho, S. J. F. y V. C. Chávez. 1978. Cobre y Molibdeno en la Nutrición de Rumiantes. Simposio Latinoamericano Sobre Investigaciones en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo. Universidad de Florida. Marzo. P. 98.
- Cullison, A. E. 1983. *Alimentos y Alimentación de Animales*. 1ª ed. México, Diana. 490 p.

- De Alba, J. 1974. Alimentación del ganado en América Latina. 2° edición. Ed. Fournier, México. Pp 143, 475
- Dick, A. T. 1956. Molybdenum in Animal Nutrition. J. Nutr. 81:229.
- Domínguez, I. A. 1993. Diagnostico del estado mineral de ovinos bajo condiciones de pastoreo en Tenango del Valle, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Dowdy, R. P. and G. Matrone. 1968. A Copper-molybdenum Complex: Its Effect and Movement in the Piglet and Sheep. J. Nutr. 95:197.
- Eys,-J.E.-van, Silitonga,-S.; Mathius,-I.W and Johnson,-W.L. 1985. On-farm trials of mineral supplementation for small ruminants in West Java, Indonesia. Proceedings of a Workshop on Research Methodology for Livestock On-farm Trials. Aleppo (Syria). 25-28 Mar 1985 pp. 153-171
- Flores M. , J. A. 1986. Manual de Alimentación Animal (Tomo IV) . 1ª ed. México. Limusa. 973-1000 p.
- Gartenberg, P. 1982. Mineral toxicity problems and deficiencies in Northern México. Tesis maestría. University of Florida, Gainesville, Florida. USA.
- Georgievskit, V.I., B.N. Aneekoy and V.T. Samokin. 1982. Mineral Nutricion of Animals. First edition. Butter Worths. London p-475
- Gomide, J.A y A.T. Zometa. 1978. Composición mineral de los forrajes cultivados bajo condiciones tropicales. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Ed . J.H. Conrad y L.R. McDowell. Universidad de Florida. Gainesville, Florida. p.39.
- Goodrich, R. D. and A. D. Tillman. 1966. Copper, Sulfate and Molybdenum Interrelationships in Sheep. J. Nutr. 90-76.
- Grace, N.D and J. Lee. 1990. Effect of Co, Cu, Fe, Mn, Se, and Zn supplementation on elemental content of soft tissues and bone in sheep grazing ryegrass/white clover pasture. New Zealand J. of Agric. Research. 33: 635-647.

- Gray, L.F. and L. J. Daniel. 1964. Effect of the Copper Status of the Rats on the Copper- Molybdenum- Sulfate Interaction. *J. Nutr.* 84:31.
- Haafez E , E. S. y I. , Dyer A. 1972. *Desarrollo y Nutricion animal.* 1^a ed. Zaragoza, España, Acribia. 472. p
- Haenlein, G.F.W. 1980. Mineral Nutrition of Goats. *J. Dairy Sci.* 63:1979.
- Hanleine, G.F.W. 1987. Mineral and Vitamin requirements and deficiencies. Proc. IV Int. Conf. Goats, Brasilia, Brazil, March 8–13. 1249
- Harper, H. A. 1980. *Manual de Quimica Fisiologica,* 7a. Ed. El Manual Moderno. México. pp. 636.
- Hidrogrou, M. 1979. Trace elements deficiencies and fertility in ruminants. A. Review. *J. Dairy. Dci.* 62-195.
- Hourser, R.H., K.R. Fick, L.R. McDowell y J.J. Osorto. 1978. El cobalto en la nutrición de rumiantes. Simposio latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Universidad de Florida. p-93.
- Huerta, B. M. 1993. *Memorias Curso Suplementación Mineral de Rumiantes en Pastoreo.* Xalapa, Veracruz. México.
- Huerta, B. M. 1993. Respuesta a la corrección de deficiencias minerales sobre el comportamiento del animal. *Memorias II seminario internacional Estrategias de Suplementación a bovinos.* Chapingo, México.
- Huerta, B. M. 1997. *Nutrición de rumiantes en pastoreo. Memorias del curso Alternativas de Manejo en Bovinos para Carne en Pastoreo.* Chapingo, México.
- Investigaciones Minerales en Latinoamérica, 1994. Décima tercera conferencia anual sobre ganadería y avicultura en América latina.* Departamento de Ciencia Animal. Universidad de Florida. Gainesville, Florida. Estados Unidos de América. p 31.
- Jarrige, R. 1988. *Alimentation des bovins ovins & caprins.* INRA. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris p. 281-304.

Kessler, J. 1991. Mineral Nutrition of Goats. In: Morand-Fehr. (ed). Goat Nutrition. Pudoc Publi., Wageningen, Netherlands, EAAP Publ. No. 46, 104.

Lorenzen, E. J. and S.E. Smit. 1947. Copper and Manganese Storage in the Rat, Rabbit, and Guinea Pig. J. Nutr. 33:143.

Mansur, A. and B. Harrow. 1973. Bioquímica Basica. 10^a Ed., Editorial Interamericana. México. pp. 590.

Manua-PN. 1994. Performance of sheep and goats in small-holder farms in Eastern Highlands Province of Papua New Guinea. Labu Animal Husbandry Research Centre, Agriculture Research Division, PO Box 1086, Lae, Papua New Guinea. Harvest-Port-Moresby. 1994, 16: 1-2, 10-11; 4 ref.

Mason, J. 1981. Molybdenum Antagonism in Ruminants: A Review of Biochemical Basis. Irish Veterinary Journal. 35:221.

Maynard, H.F. Hintz y R.G. Warner. 19981. Nutricion Animal. 4^a edicion. McGraw-Hill de México. P-638.

Maynard, L.A y J.K loosli. 1975. Nutrición Animal 3^a ed. Unión tipográfica. Editorial Hispanoamérica. México. P-638.

Maynard, L. A. y J. K. , Loosli. 1969. Nutricion Anima. 3^a ed. México, UTHEA. 638. P

Mc Dowell L. R., J. H. Conrad. J. K. Loosly y D. Morillo. 1979. Efectos de la Suplentacion Mineral en Ovinos y Caprinos, P – 135.

Mc Dowell, L.r. 1976. Simposium of feed composition, animal nutrient requerimets P – 243.

Mc Dowell, M. Kiatoko, C.E. Lang, H.A. Fonseca, E. Vargas, J.K loosli and J.H.

Conrad . 1978. latinoamerican mineral research-Costa Rica. IV World
Conference on Animal Production. Buenos Aires. P. 20-26.

Mcdonald, P., R. A., Edwuars y J. F., Greenhalgh D. 1975. Nutrición Animal. 2ª ed.
Zaragoza, España, Acribia. 462p.

McDowell, L.R. 1996. Feeding minerals to cattle on pasture. Anim. Feed Tech. Pp.60:
247.

McDowell, and J.L Loosli. 1984 . Minerales para rumiantes en pastoreo en
regiones tropicales. Departamento de Ciencia Animal. Universidad de
Florida, Gainesville, Florida. p 929.

McDowell, y G.L. Ellis. 1983. Mineral deficiencies and imbalances and their
diagnosis. Symposium; Herbivore nutrition in subtropics an tropics
problems and prospects. Pretonia, south Africa.

McDowell, L. R., J. H. Conrad, y F. G. Hembry. 1993.Minerales para Rumiantes en
Pastoreo en Zonas Semiáridas, P – 231.

McDowell. 1977. Geographical distribution of nutritrional diseases in animals. Institute
of food and agricultural science. Center for tropical agriculture,
University of Florida. Gainesville., Florida, USA.

McPherson, A., D. Gray, G. B. B. Mitchell y C. N. Taylor. 1987 Br. Vet. J.143, 348.

Mendoza H., J. M 1983. Boletín meteorológico para la zona de influencia de la
Ments and computarizacion of diets.

Miller, W. J., C.M. Clifton and N. W. Camerón. 1963. Zinc Requeriments of Holstein Bull Calves to Nine Months of Age. *J. Dairy Sci.* 46:715.

Miller, W.J. 1970. Zinc Nutrition of Cattle. A Review. *J. Dairy Sci.* 53:1123

Morrison, F. B. 1965. Alimentos y Alimentación del Ganado (Tomo I). 2ª ed. México , UTHEA. 107-139p.

Muhikambele-VRM; Mtenga-LA; Ekern-A; Owen-E. 1993. Protein and mineral supplementation to growing goats on pasture. Department of Animal Science and Production, Sokoine University of Agriculture, PO Box 3004, Morogoro, Tanzania.

Murray, R.B., H.F Mayland and P.J. Van Soest. 1978. Growth and nutritional value to cattle of grasses on cheat grass range in southern Idaho. Intermountain forest and range experiment station forest service. US. Departament of Agriculture. Ogden, Utah. Bulletin int. 199-578.

Navarro L. D. 1987. Suplementación mineral en ovinos. FONAIAP DIVULGA No. 25.

Nieto O, R. 1990. Disponibilidad Biológica de los Minerales (Clave en la alimentación de la vaca lechera). México Holstein. Enero. 41-44 p.

Nour A.Y.M.: "Systemic Mammalian Physiology - Digestive System," *Purdue University - School Veterinary Medecin*,. [On-line]; Consultado en: <http://www.vet.purdue.edu/bms/courses/bms520/content/digestive/d0.htm>, en oct, 12, 2007.

Ogebe P.O. y B.K. Ogunmodede. 1996. Effect of sodium supplementation on nutrient utilization and water metabolism by Nigerian West African Dwarf goats. *Bulletin-of-Animal-Health-and-Production-in-Africa*. 1996, 44: 3, 161-166; 23 ref. University of Agriculture, P.M.B. 2373, Makurdi, Benue State, Nigeria.

- Oteiza F. , J. R. , Carmona M. 1985. Diccionario de Zootecnia. 2ª ed. México, Trillas. 225 p.
- Ott, E.A., W. H. Smit, M. Stob, H. E. Parker and W. B. Beeson. 1965. Zinc Requeriment of the Growing Lamb Feed a Purified Diet. Nutr. 87:459.
- Pérez H. J.C.1987. Evaluación de minerales en el suelo, forraje y ganado caprino del Municipio de Zaragoza, Coahuila. Tesis de licenciatura. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro.. Buenavista Stillo Coahuila. Pp.8-13.
- Perry, Dana F. 1990. Flame atomic absortion spectrophotometric determination of serum zinc: Collaborative study. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 73 (4):619-621.
- Pitts, W. J., W. J. Miller, O. T. Fosgate, J. D. Morton and C. M. Clifton. 1966. Effect of Zinc Deficiency and Restricted Feeding From Two Five Months of Age on Reproduction in Holsteins Bull. J. Dairy Sci. 49:995.
- Reid, R. L. and D. J. Horvath. 1980. Soil chemistry and mineral problems in farm. A review. Anim. Food Sci. Technol. 5:95.
- Risse, J. 1970. La Alimentación del Ganado. 1ª ed. España, T.G.I.A. S.A. 374 P.
- Rodríguez M., D. 1991. Importancia de los Minerales en la Nutrición animal. Sistema Ganadero. México. 16: 3-5p.
- Sánchez, C. y M. García de H. 1994. Sustitución del heno de gramínea por bagacillo de caña enriquecido con melaza y urea o gallinaza para evaluar comportamiento productivo en cabras. Zootecnia Trop., 12:225-240.
- Sánchez, C. y M. García. 2001. Comparación de características productivas en caprinos con suplementación de bloques multinutricionales. Zootecnia Trop., 19 (3):393-405.
- Schutte, K.H. 1996. Biología de los micro elementos y su función en la alimentación. Ed. Tecnos, S.A. Madrid, España. P-127.
- Shimada, A. M. 2003. Nutrición Animal. Editorial Trillas, México, D.F. pp.189-204.

Shirley. R.L. Montesinos. 1978. El agua como fuente de minerales. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Ed . J.H. Conrad y L.R. McDowell. Universidad de Florida , Gainesville, Florida. p-47 .

Stamm, G.W. 1980 Guía veterinaria para Granjeros. 1ª ed. México, UTEHA. 416 p.

Stoddart, L.A. y A.D. Smith. 1955. Manejo de agostaderos McGraw-Hill Book Co. P-35

Suttle, F.N.J. Brebner, K. McLean and F.U. Hoeggel. 1997 Failure of mineral supplementation to avert apparent sodium deficiency in lambs with abomasal parasitism. J. Anim. Sci. 63: 103.

Thompson, O.J. y J.E. Villalba. 1978. Potasio. Todo en nutrición de rumiantes. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Ed. J.H. Conrad y L.R. McDowell. universidad de Florida, Gainesville, Florida.

Tropical Countries. National Academy Press. Was-

Underwood, E. J. 1977. Trace elements in human and animal nutrition. 4ª edition. Academy press. New York, USA. p-545 .

Underwood, E. J. 1981. los minerales en la alimentación del ganado. Ed . Acribia. Zaragoza España. P-210.

Viana, J.A y C.A. Zometa. 1978. El magnesio en la nutrición de rumiantes. Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Ed. J.H. Conrad y L.R. McDowell. Universidad de Florida. Gainesville, Florida. p-60.

Williams, D. W. 1987. Enciclopedia Práctica de Ganadería (Tomo 4). 1ª ed. México, Limusa. 130-133 p.

Zapata-JFF, Almeida-MMM, Martins-CB, and Maija-GA. 1998. Effect of dietary calcium phosphate supplements on centesimal composition and selected minerals in goat meat. Boletim-da-Sociedade-Brasileira-de-Ciencia-e-Tecnologia-de-Alimentos. pp 32: 1, 25-29; 20.

APÉNDICE

Apéndice I: Análisis de varianza de la ganancia de peso de las cabras.

ANALISIS DE VARIANZA

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	2	15.857361	7.928680	3.0403	0.104
BLOQUES	4	44.389282	11.097321	4.2554	0.039
ERROR	8	20.862671	2.607834		
TOTAL	14	81.109314			

C.V. = 23.84%

TABLA DE MEDIAS

TRATAMIENTO	MEDIA
1	5.660000
2	6.520000
3	8.140000

NOTA*.- no se hace la comparación de medias porque no hay diferencia significativa entre tratamientos.