

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



INGRID MARIBEL GONZÁLEZ COJULÚN

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2010

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

**“ANÁLISIS DE CUATRO SALES MINERALES COMERCIALES
DISPONIBLES EN EL MERCADO GUATEMALTECO”.**



AL CONFERIRSELE EL GRADO ACADÉMICO DE

MÉDICA VETERINARIA

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2010

JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO	Med. Vet. Leonidas Ávila Palma.
SECRETARIO	Med. Vet. Marco Vinicio García Urbina.
VOCAL I	Med. Vet. Yeri Edgardo Veliz Porras.
VOCAL II	Mag. Sc. M.V. Freddy Rolando González Guerrero.
VOCAL III	Med. Vet. Y Zoot. Mario Motta González.
VOCAL IV	Br. Set Levi Samayoa López.
VOCAL V	Br. Luis Alberto Villeda Lanuza.

ASESORES

Mag. Sc. M.V. Freddy Rolando González Guerrero.
Med. Vet. Ewald Rubén García Montero.
Med. Vet. Gustavo Enrique Taracena Gil.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

**EN CUMPLIMIENTO CON LO ESTABLECIDO POR LOS ESTATUTOS DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,
PRESENTO A CONSIDERACIÓN DE USTEDES EL TRABAJO DE TESIS
TITULADO:**

**“ANÁLISIS DE CUATRO SALES MINERALES COMERCIALES
DISPONIBLES EN EL MERCADO GUATEMALTECO”.**

**Que fuera aprobado por la Junta Directiva de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

Como requisito previo a optar el título profesional de

MÉDICA VETERINARIA

ACTO QUE DEDICO

A DIOS Por regalarme la vida, por iluminarme con su entendimiento y sabiduría y darme fuerza y fortaleza en todo momento.

A MIS PADRES Por su apoyo incondicional y que creyeron en mí para poder realizar este sueño. A quienes amo y admiro con todo mi corazón.

A MIS HERMANAS Por su apoyo y cariño incondicional y por esa unión que siempre ha existido entre nosotras estemos lejos o cerca.

A MI HIJA Alejandra Marcela quién es mi regalito de Dios, mi vida entera y mi motivo para continuar adelante. Gracias por existir mi pollito precioso te amo con todo mi corazón.

MIS SOBRINOS por su amor sincero.

A MIS ABUELITOS por sus bendiciones, porque estoy segura siempre están conmigo incluyéndola a usted mamamatilde. (Q.E.P.D.)

A MIS TIOS Y PRIMOS Gracias por su apoyo y su cariño.

A MI MADRINA: Por su preocupación y dedicación y ser como una segunda madre.

A MIS AMIGAS Gracias por su amistad, apoyo y ejemplo, las quiero mucho en especial a Claudia, Lesbia, Marie, Vivi, Kenia, Andrea, Grettel y Waleska.

A MIS AMIGOS Por su amistad y cariño en especial a Alejandro por su apoyo.

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCIÓN: Por tener el gusto de conocerlos y haber compartido tantos momentos en este camino recorrido.

A MIS ASESORES Dr. Freddy González, Dr. Rubén García y Dr. Gustavo Taracena. Muchas gracias por sus valiosos aportes, paciencia, comprensión y tiempo.

A TODOS LOS PRESENTES muchas gracias, por estar aquí, ya que es una muestra más de su cariño.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, en especial a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por permitirme adquirir conocimientos que hoy me permiten ser una profesional.

Gracias a la Empresa Nutrifert S.A. por su colaboración en este estudio.

Al Laboratorio de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Al equipo de Pfizer por su confianza.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	01
II. HIPÓTESIS	02
III. OBJETIVOS	03
3.1 General	03
3.2 Específico	03
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	04
4.1 Biodisponibilidad de minerales	04
4.2 Definiciones de la <i>Association of American Feed Control Officials (AAFCO)</i>	06
4.3 Factores que afectan la biodisponibilidad	07
4.4 Consideraciones económicas de las fuentes económicas de suplementación mineral	11
4.5 Principios de suplementación mineral en rumiantes	15
4.6 Prerrequisitos para la suplementación mineral	17
4.6.1 Consumo de mezcla mineral y materia seca	17
4.6.2 Fertilidad del suelo y tipo de forraje consumido	17
4.6.3 La estación	17
4.6.4 Disponibilidad de suplementos de energía y proteína	18
4.6.5 Requerimientos individuales	18
4.6.6 Contenido de sal en el agua de bebida	18
4.6.7 Palatabilidad de la mezcla mineral	18
4.6.8 Disponibilidad de provisión fresca de minerales	19
4.6.9 Forma física de los minerales	20
4.7 Conceptos erróneos sobre la suplementación mineral	21
4.8 La situación de la suplementación mineral	25
4.9 Principales problemas relacionados con suplementación mineral	27

4.9.1	Cantidades insuficientes	27
4.9.2	Baja concentración de cloruro de sodio en MMC	27
4.9.3	Problemas con la ingestión insuficiente (o no ingestión) de mezcla mineral o la mezcla mineral con cloruro de sodio	28
4.9.4	Dilución de elementos en los suplementos minerales	29
4.9.5	Como suplementar minerales en localidades donde los animales no ingieren sal (cloruro de sodio) voluntariamente	30
4.10	Métodos directos de suplementación mineral	31
4.11	Suplementación mineral <i>ad libitum</i>	32
4.12	Características de un “buen” suplemento mineral para suministrarle <i>ad libitum</i> al ganado	34
4.13	Reglas básicas de suplementación selectiva (SMS)	35
4.14	Implementación de suplementación selectiva	36
4.15	Aspectos económicos de suplementación mineral selectiva	37
4.16	Quelatos	38
4.16.1	Definición	38
4.17	Requerimientos minerales	40
4.18	Información de la fórmula en la etiqueta	42
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	44
5.1	Materiales	44
5.2	Metodología	44
5.2.1	Muestra	44
5.2.2	Técnicas de análisis	44
5.3	Diseño estadístico	44
5.4	Análisis estadístico	45
5.5	Análisis de datos	45

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
VII. CONCLUSIONES	48
VIII. RECOMENDACIONES	49
IX. RESUMEN	50
X. BIBLIOGRAFÍA	51
XI. ANEXOS	52

I. INTRODUCCIÓN

Las sales minerales constituyen un elemento de suma importancia en cualquier finca destinada a la producción de leche y/o carne, pues ejercen acciones importantes en el metabolismo y nutrición del organismo. Por lo tanto, mantienen la salud, estimulan el crecimiento y promueven un elevado rendimiento en la producción.

No obstante, a pesar del beneficio que aportan, son pocos los ganaderos en Guatemala que se preocupan por suministrar sales minerales en calidad y cantidad adecuadas a su ganado.

La deficiencia de minerales por un largo tiempo causa lo que se denomina "enfermedad carencial", la cual implica un tratamiento costoso, pudiendo evitarse a través de una buena suplementación de minerales. De lo anterior nace la necesidad de conocer la calidad y disponibilidad de minerales en las sales minerales que se venden en el país y de acuerdo a los resultados obtenidos determinar si llenan los requerimientos de mantenimiento y productivos del ganado en Guatemala.

II. HIPÓTESIS

Las sales minerales comerciales analizadas cumplen con los niveles de minerales que indican en la etiqueta.

III. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

- Contribuir a la evaluación de las sales minerales de más uso en el país y así establecer lo que se ofrece actualmente al ganadero en Guatemala, con respecto a los niveles de minerales que se suministran al ganado.

3.2 ESPECÍFICO

- Establecer si los contenidos de minerales evaluados cumplen con los niveles indicados en la etiqueta, la cual cumple con los requerimientos nutricionales de los bovinos.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES

Las técnicas y la instrumentación analíticas modernas hacen posible exactamente determinar la concentración de trazas minerales en la alimentación y tejidos animales. Desgraciadamente, tales determinaciones no proporcionan ninguna información en la utilización de los minerales por los animales. La utilización envuelve el concepto de la biodisponibilidad que es fundamental en la selección de una fuente conveniente de mineral. En términos de trazas minerales, la biodisponibilidad se puede definir como la proporción de una ingesta mineral que es absorbida, transportada a su sitio de acción, y se convierta en especies fisiológicamente activas (1,3,6).

Tradicionalmente, los estudios de la biodisponibilidad de trazas minerales han sido conducidos a los niveles deficientes en las dietas, generalmente con dietas purificadas o semí-purificadas. Las fuentes minerales son entonces agregadas en los niveles y los criterios calificados. En general, la biodisponibilidad de un elemento mineral en una fuente particular es relativamente determinada a la disponibilidad funcional de una fuente estándar. El uso de una fuente estándar permite la expresión de la biodisponibilidad en términos de disponibilidad biológica relativa (Molinero, 1983). La biodisponibilidad se puede afectar por un número de factores incluyendo las especies animales, estado fisiológico, la nutrición previa, las interacciones con los nutrientes dietéticos y los ingredientes, escoger la fuente estándar con un criterio de responsabilidad, y formas químicas y solubilidad de los elementos minerales (1,3,6).

Tradicionalmente, las trazas minerales se han agregado a las dietas del ganado para proveer los requerimientos del animal de estos minerales. Suplementar

dietas con las mezclas de trazas minerales es una práctica común en la industria puesto que se asume que las dietas pueden no contener siempre cantidades adecuadas de minerales para llenar los requerimientos, las trazas de los minerales en ingredientes de la alimentación pueden no estar en una forma que sea biológicamente aceptable por los animales (1,3,6).

Inicialmente, las dietas fueron suplementadas con fuentes inorgánicas de los elementos minerales. Sin embargo, las fuentes mineral orgánicas recientes han comenzado a ganar popularidad debido a un número de ventajas percibidas a su uso. En una reciente investigación Miles y Henry (1999) enumeraron las ventajas reportadas en la prensa popular: 1) la estructura del anillo protege al mineral contra reacciones químicas indeseadas en el aparato gastrointestinal; 2) Los quelatos fácilmente pasan intactos a través de la pared intestinal en la corriente de la sangre; 3) la absorción pasiva es aumentada reduciendo interacciones entre el mineral y otros nutrientes; 4) el mineral se entrega en una forma similar a la que es encontrado en el cuerpo; 5) Los quelatos son absorbidos por diferentes rutas que los minerales inorgánicos; 6) cada mineral en los quelatos facilitan la absorción de otros minerales en los quelatos; 7) Los quelatos llevan una carga negativa así que se absorben y se metabolizan más eficientemente; 8) La quelación aumenta solubilidad y el movimiento a través de las membranas de la célula; 9) La quelación aumenta la absorción pasiva aumentando la solubilidad del agua y del lípido del mineral; 10) La quelación aumenta estabilidad en el pH bajo, y 11) Los quelatos se puede absorber por el sistema del transporte del aminoácido (1,3,6).

4.2 DEFINICIONES DE LA ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS (AAFCO)

Los productos minerales que pueden ser vendidos en los Estados Unidos como compuestos de huesos orgánicos son definidos por *Association of American Feed Control Officials (AAFCO 2000)*, como los siguientes: (1,3,6)

- **Proteinato Metal (57.23)** es un producto resultado de la quelación de una sal soluble con aminoácidos y/o parcialmente de una proteína hidrolizada. Esto puede ser definido como un ingrediente específico del proteinato metal e.g. proteinato cobre, proteinato zinc etc.
- **Complejo Polisacarido Metal (57.29)** es el producto resultado del complejo de una sal soluble con una solución polisacarida declarada como un ingrediente específico del complejo metal e.g., complejo, polisacarido cobre, complejo polisacarido zinc etc.
- **Quelatos de metal aminoácido (57.142)** es el producto resultante de la reacción de un ion metal de una sal metal soluble con aminoácidos con un radio mol de un mol de metal a uno de tres (preferiblemente dos) moles de aminoácidos para formar huesos covalentes coordinados. El peso de los aminoácidos hidrolizados es aproximadamente 150 y el peso molecular resultante del quelato no puede exceder de 800. Cuando usamos ingredientes alimenticios comerciales estos son declarados como un quelato aminoácido metal específico e.g. quelato aminoácido de cobre, quelato aminoácido de zinc.
- **Complejo Aminoácido Metal (57:150)** es el producto resultante de un complejo de sal metal soluble con aminoácidos. Cuando usamos ingredientes alimenticios

comerciales, estos son declarados como un complejo aminoácido metal específico, e.g. complejo aminoácido de cobre, complejo aminoácido de zinc etc.

- Complejo Metal (aminoácido específico) (57.151) es el producto resultante de un complejo de sal metal soluble con un aminoácido específico. Cuando usamos un ingrediente alimenticio comercial, este puede ser declarado como un metal específico, complejo aminoácido específico e.g. cobre, lisina, zinc metionina etc.

4.3 FACTORES QUE AFECTAN LA BIODISPONIBILIDAD

Una revisión de los datos resumidos en las tablas 1 y 2, indica que en más estudios, las fuentes mineral orgánicas estaban por lo menos tan disponibles como las fuentes inorgánicas estándares, y en algunos casos estaban más disponibles. En rumiantes, la interacción bien conocida entre el cobre, el molibdeno, y el sulfuro se ha demostrado la influencia en la disponibilidad de fuentes de cobre orgánicas en algunos estudios pero no en otros. Kincaid (1986) reportó una biodisponibilidad más alta de proteinato de cobre, o de cobre comparado con el sulfato de cobre en los dietas de terneros que contenían el molibdeno (Cu: Mo radio cerca de la unidad). Similarmente, Ward. (1996) encontraron que el proteinato de cobre y el sulfato de cobre eran igualmente eficaces que suplementar cobre al ganado que tiene una dieta baja en Mo. Sin embargo, cuando la dieta contiene niveles más altos de Mo, proteinato de cobre era más disponible. En contraste con estos estudios, Ward (1993) no encontró ninguna diferencia en la biodisponibilidad entre sulfato de cobre y lisina de cobre sin importar niveles dietéticos del Mo y del sulfuro (2,5).

Una de las razones hipotéticas para aumentar la biodisponibilidad de minerales orgánicos es que esta forma de mineral es protegida contra interacciones indeseadas en el aparato gastrointestinal. Apoyo para esta hipótesis fue proporcionada por Wedekind (1992). Comparó la biodisponibilidad del zinc-metionina

con la del sulfato del zinc usando tres diversas dietas: purificado; semi-purificado; y una dieta práctica de maíz-soja. Las estimaciones de la biodisponibilidad para el sulfato en relación con del zinc-metionina o sulfato del zinc eran 117,177, y 206% para la dieta purificada, semi-purificada, y de la maíz-soja respectivamente. Los autores concluyeron que el contenido más alto de fibra en la dieta semi-purificada y de la maíz-soja de la comida redujo la biodisponibilidad del zinc del sulfato del zinc, mientras que el zinc-metionina fue protegido contra los efectos negativos de la fibra. Las concentraciones dietéticas del calcio también se han demostrado diferencialmente afectan la biodisponibilidad del zinc de fuentes orgánicas e inorgánicas del zinc. La biodisponibilidad del zinc-metionina relativa al sulfato de zinc a la concentración de la dieta de calcio de 0.60%, y 292% al 0.74% calcio (2,5).

Una razón obvia de la biodisponibilidad variable asociada a fuentes orgánicas es indudablemente debido al hecho de que estos productos son producidos por los procesos que pueden potencialmente dar lugar a productos con nombres similares (quelato del aminoácido del metal) pero conteniendo concentraciones variables de los minerales y de los aminoácidos. Las definiciones usadas por AAFCO (2000) demuestran claramente el potencial considerable durante el proceso de fabricación de estos productos. La ausencia de los métodos estandarizados químicamente caracteriza los quelatos minerales y relacionar esas características con la biodisponibilidad in vivo se ha considerado un avance importante en la aceptación de estos productos. Recientemente, una evaluación comprensiva del cobre orgánico (Cao, 2000) y de las fuentes del zinc (Guo, 2001) fue realizada por el grupo en la Universidad de Florida (2,5).

Los procedimientos de la evaluación incluyeron análisis químico (mineral y el contenido de N), análisis polarográfico (eficacia de la quelación), solubilidad (en varios líquidos), estabilidad a diferentes buffers pH (pH 2 y 5), cromatografía de la

filtración de gel (para la evaluación de la integridad estructural de la estructura del quelato), y análisis en vivo de la biodisponibilidad. Los resultados indicaron que aunque había diferencias numerosas en las características químicas de estas fuentes minerales orgánicas, los estudios en vivo no pudieron distinguir entre productos con respecto a la absorción o a la deposición del mineral del tejido. La biodisponibilidad de las fuentes del zinc era la más relacionada a la solubilidad negativa del zinc en pH 5 Buffers en polluelos, y pH 2 en corderos (2,5).

En contrario con el zinc, la biodisponibilidad de cobre fue relacionado lo más de cerca posible con la solubilidad del cobre pH 2. Los resultados de estos estudios sugieren que el desarrollo de las técnicas estandarizadas para evaluar fuentes minerales orgánicas continúe siendo un desafío (2,5).

Otros dos factores que pueden también hacer que un efecto en estimaciones de la biodisponibilidad incluye la fuente mineral estándar usada en el análisis, y la opción de la variable de la respuesta han demostrado inequívocamente que cobre óxido de cobre está disponible para las aves de corral, los cerdos, y el ganado (Baker, 1991; Ledoux, 1991; Kegley y Spears, 1994). Por lo tanto, el óxido de cobre no se debe utilizar como estándar para la evaluación de la biodisponibilidad de fuentes de cobre orgánicas. Un caso similar se podría hacer para el óxido del zinc, con estimaciones de la biodisponibilidad de cuatro fuentes rangos de lo más bajo como del 22% al más alto de 93% en un estudio (Edwards y Baker, 1999). Informes por el Schell y Kornegay (1996) y Wedekind. (1994) demuestre claramente el impacto de la variable de la respuesta usada en estimaciones de la biodisponibilidad. Wedekind. (1994) las estimaciones reportadas de la biodisponibilidad de 67, 70, y 87% para el óxido del zinc, 24, 38, y el 79% para lisina del zinc, y 60, 84, y el 95% para el metionina del zinc, cuando el zinc de metacarpo, coccígea, y del plasma, fueron utilizadas respectivamente como variables de la respuesta. Schell y Kornegay

(1996) utilizaron el suero, hígado, riñón, y zinc del hueso como variables de la respuesta y reportaron las estimaciones de biodisponibilidad que se extendían a partir del 61 hasta el 84% para el óxido del zinc, 59 al 93% para el zinc metionina , y 88 a el 94% para el lisina del zinc. Estos estudios demuestran claramente que la variable de la opción o de la respuesta puede influenciar perceptiblemente estimaciones de la biodisponibilidad (2,5).

Hay datos limitados sobre los mecanismos asociados a la solubilidad, absorción, y transporte de fuentes minerales orgánicas. Una hipótesis propuso explicar aumentar la biodisponibilidad de fuentes orgánicas es que los quelatos minerales pueden ser absorbidos intactos. Sin embargo, los resultados de estudios recientes sugieren que este detalle la hipótesis puede ser cuestionable. Estudios de la cromatografía del filtración del gel de quelatos de cobre y las fuentes del zinc (Cao, 2000) indican que muy poco del cobre y del zinc permanecía en la forma quelatada en pH 2 (2,4,5).

Esto sugiere que esto es inaceptado que las fuentes minerales quelatadas son absorbidas intactas, y es consistente con las conclusiones hechas por investigadores en dos estudios previos absorción de zinc metionina (2,4,5).

Parece ser una cierta evidencia que las fuentes orgánicas del zinc y del cobre se metabolizan diferentemente que fuentes inorgánicas. En 1989, Spears reportó que el zinc, óxido del zinc y del metionina del zinc fue absorbido al mismo grado por los corderos pero más zinc fue conservado que el metionina del zinc como resultado de una excreción urinaria más baja del zinc por los corderos (2).

Los resultados similares fueron reportados por Kerley y Ledoux (1992) que también observaron la absorción similar del zinc del proteinato del zinc y del óxido

del zinc, solamente la retención creciente del zinc del proteinato del zinc como resultado de la excreción urinaria reducida del zinc por los corderos. Más recientemente, Eckert. (1999) también divulgó diferencias en el cobre de la manera del proteinato de cobre y el sulfato de cobre fue metabolizado por las ovejas (2,5).

Sin embargo, las ovejas alimentadas con niveles altos de cobre y del sulfato de cobre depositaron más cobre en el hígado comparado con proteinato del cobre en el alimento de las ovejas (2,4,5).

4.4 CONSIDERACIONES ECONÓMICAS DE LAS FUENTES DE SUPLEMENTACION MINERAL

Aunque las fuentes minerales orgánicas son más biodisponibles que fuentes inorgánicas, el costo de estas fuentes será un factor importante en la decisión si se utilizará o no. Una solución a este problema sería proveer solamente una porción de suplementos minerales en la forma orgánica (6,7).

Reemplazar 15-36% del suplemento del zinc inorgánico, hierro, del cobre, y del manganeso con los proteinatos quelatados del metal y observado aumento en la conversión alimenticia en los cerditos pequeños comparado con la alimentación de estos solo con fuentes inorgánicas. Uchida. (2001) reemplazó una porción de un suplemento mineral inorgánico con fuentes orgánicas (zinc, manganeso, cobre y cobalto) en una dieta de la vaca lechera alimentada desde el crecimiento hasta el primer servicio de crianza. Las vacas que se alimentaron con la dieta que contenía fuentes de minerales orgánicas tuvieron pocos días para concepción y pocos días al primer servicio y pocos servicios por concepción. En un estudio similar diseñado por, Ballantine. (2002) también reemplazo una porción de un suplemento mineral inorgánico por las fuentes orgánicas (zinc, manganeso, cobre, y cobalto) pero la dieta

fue implementada a partir de 21 días de pre-parto hasta 250 días post-parto. En las vacas gestantes en 250 días en leche, alimentadas con fuentes orgánicas produjeron más leche, y tuvieron pocos días abiertos (147 contra 169 días), y tendencia para tener una posibilidad más alta de la concepción del servicio (27 contra el 18%). Nocek y Patton (2002) también reportaron aumento de la producción de leche y mejoraron el funcionamiento reproductivo alimentándolas con suplementos conteniendo una combinación de minerales orgánicos e inorgánicos de 60 días pre-parto a 150 post parto. Estos estudios sugieren que reemplazando una porción de minerales inorgánicos con fuentes orgánicas sería un aprovechamiento viable y que ayudara ciertamente a resolver los problemas del costo (6,7).

Otro potencial para las fuentes minerales orgánicas, por lo que actualmente está recibiendo mucha atención, es el uso de fuentes orgánicas del cobre y del zinc como un reemplazo para las concentraciones farmacológicas del óxido del zinc y del sulfato de cobre actualmente siendo utilizado como promotores del crecimiento. El análisis razonado para esto es que si las fuentes orgánicas están más disponibles, entonces los efectos beneficiosos de altos niveles del óxido de zinc y el sulfato de cobre se deben alcanzar con concentraciones mucho más bajas de fuentes orgánicas (6,7).

El uso de concentraciones más bajas del zinc y del cobre trataría preocupaciones ambientales actuales con respecto a la excreción fecal alta del zinc y del cobre. Hasta la fecha, los resultados de estudios se han mezclado. El caso y Carlson (2002) condujeron 3 experimentos que comparaban la habilidad del complejo del aminoácido del zinc (500 mg/kg) y de un complejo del polisacárido del zinc (500 mg/kg) al del óxido del zinc (3000 mg/kg). En dos de los tres experimentos, aumento del peso corporal de cerdos alimentados con el complejo del polisacárido del zinc era similar al del óxido del zinc que alimento a los cerdos (6,7).

El polisacárido del zinc del alimento de los cerdos excretó el doble 4 veces menos zinc que el óxido del zinc del alimento de los cerdos en el experimento 3. En un segundo estudio, Carlson. (2004) varios índices evaluados de la inclusión del zinc orgánico como el polisacárido del zinc (0 - 500 mg/kg) o proteinato (0 - 800 mg/kg) compararon con el óxido del zinc (2000 mg/kg) en funcionamiento, plasma, y la excreción de los cerditos en crecimiento. Zinc orgánico como polisacárido o un proteinato no tenía ningún efecto en funcionamiento del crecimiento; sin embargo, la alimentación de las concentraciones más bajas del zinc orgánico disminuyó grandemente la excreción del zinc. Veum. (2004) reportó que sustituyendo 250 mg Cu/kg como sulfato de cobre en la fase práctica 1 y fase 2 dietas en los lechones con 50 o 100 mg/kg del cobre como proteinato de cobre aumentó el funcionamiento del crecimiento de los cerdos 6-kg. Una respuesta del crecimiento a la fuente de cobre no fue observada en un estudio del balance, las dos dietas de propionato de cobre (50 y 100 mg/kg) hizo que se redujera la excreción de cobre del 77 y el 61%, respectivamente, comparados con 250mg Cu/kg como sulfato de cobre. Los resultados de estos estudios sugieren que haya el potencial para usar fuentes orgánicas del cobre y del zinc para reducir las consecuencias para el medio ambiente negativas de concentraciones farmacológicas del zinc y del cobre (7,8).

Un informe reciente sobre los efectos de un suplemento mineral a base de melaza trazas de suplementos minerales, el estado mineral de la carne de res es un ejemplo típico de una interacción mineral que pueda ocurrir bajo condiciones prácticas. En contraste con un suplemento mineral a base de maíz comparado con un suplemento a base de melaza dio lugar a concentraciones más bajas del cobre en el hígado de la carne de res en novillas (Arthington y Pate, 2002). Los autores atribuyeron que las concentraciones bajas en el hígado de cobre, Cu-Mo-S y Cu-S como consecuencia del contenido más alto del sulfuro y del molibdeno en la melaza

comparada a la del maíz. La adición del sulfuro al suplemento mineral basado en maíz dio lugar a que los valores del cobre del hígado fueran intermedios entre los suplementos a base de maíz y los que son a base de melaza (6,8).

En una revisión reciente de los antagonistas de cobre en nutrición de ganado, Arthington (2003) describió otras fuentes del sulfuro que podrían también contribuir a las interacciones de Cu-Mo-S y del Cu-S. Las fuentes incluyeron los fertilizantes, el agua con sulfuro alto, y suplementos con sulfuro. Forrajes fertilizados con el sulfato de amonio pueden tener una concentración mucho más alta del sulfuro comparada con forrajes fertilizados con el nitrato de amonio (6,8).

Los pastos de Bahiagrass fertilizados con el sulfato de amonio contuvieron 0.50% sulfuros comparados con 0.22% para los pastos fertilizados con el nitrato de amonio (Arthington 2002). Las vacas que pastaban estos pastos tenían concentraciones más bajas de cobre en el hígado (72 ppm) comparadas con las vacas que pastaban en los pastos que no recibían ningún fertilizante (204 ppm) o fertilizadas con el nitrato de amonio (137 ppm; Arthington 2002). Los autores concluyeron que el uso de fertilizantes con sulfuro puede afectar el estado de cobre en ganado de pastoreo, y escoger la fuente de fertilizante puede ser crítico en áreas donde el ganado pastorea y causar que esté propenso a una deficiencia de cobre (6,7).

Agua conteniendo altas concentraciones de sulfuro pueden también contribuir significativamente al producto total del sulfuro. Weeth y Hunter (1971) reportaron que las novillas que consumían agua conteniendo 5000 ppm de sulfuro habían reducido funcionamiento. Paterson. (1999) Reportó que el contenido del sulfato de las muestras de agua de 12 ranchos en Montana se encontraban desde un punto bajo de 100 ppm a un rango alto de 1300 ppm. Estos datos sugieren que la

contribución agua con sulfuro podría ser substancial dependiendo del consumo del agua por los animales en estos ranchos. Arthington (2003) sugirió que el sulfato en agua pueda estar más disponible para interactuar con Mo y Cu comparado con el sulfuro de fuentes dietéticas, y es un mayor desafío para los productores del ganado comparados con los fertilizantes del sulfato (6,7).

Una fuente final del sulfuro que se pasa por alto a veces es sulfuro presente en energía, proteína, y suplementos minerales. El uso de la melaza en los suplementos minerales aumenta la palatabilidad haciendo el sabor agradable del producto, y las consecuencias del sulfuro y el contenido del molibdeno con la melaza se ha discutido ya. Altos suplementos proteínicos estarán generalmente conteniendo grandes concentraciones de sulfuro debido a contribución de los sulfuro aminoácidos, y la cantidad de sulfuro se podría aumentar más con la adición de la melaza a estos suplementos (6,7).

4.5 PRINCIPIOS DE SUPLEMENTACIÓN MINERAL EN RUMIANTES

Aunque hay conocimiento sólido en deficiencias minerales y sus consecuencias en la salud y productividad del ganado, paradójicamente, esas informaciones, la mayor parte del tiempo, no son utilizadas por los profesionales de las ciencias pecuarias, que persistan en estimular el uso extenso de las mezclas minerales completas. La deficiencia de los minerales incluidos en estos suplementos, como el hierro, el cromo, el sulfuro, y otros, no ocurre bajo condiciones naturales sino solamente en situaciones raras y muy particulares (1,3,6,7).

Según varias estimaciones, la suplementación mineral puede ser 20 a 30% del costo total de producción del ganado de carne en pastos tropicales. Un análisis de la reversión, en el cual un grupo de vacas recibe la mezcla mineral comercial usada

rutinariamente en la granja, y otro grupo que reciba el suplemento selectivo, es la mejor opción para la aclaración de efectos positivos o negativos entre las dos posibilidades de suplementación mineral en una granja específica. Los efectos de las dos composiciones de suplementos minerales se pueden investigar racionalmente sobre un suficiente período, sin riesgos y posibilidades mínimas de pérdidas económicas (1,3)

Siempre que los animales estuvieran recibiendo dietas con cantidades insuficientes de minerales o raciones desequilibradas que resulten en una carencia de uno o más elementos, hay que corregirlas para que los mismos puedan desenvolver mejor su potencial genético, y puedan mantenerse saludables. En algunas circunstancias, la corrección del pH, del suelo y la fertilización pueden poner a disposición en mayor o menor cantidad algunos minerales; Además, eventualmente mejorar la producción de materia verde del forraje, ese procedimiento, sin embargo, es, en general, anti-económico, en relación a la actividad pecuaria (3,7,8).

De manera general no es viable fertilizar los pastos con compuestos minerales, con el objetivo de suplir las necesidades de los animales. Una nutrición adecuada de minerales debe ser realizada por las diferentes formas de suplementación. En nuestro saber algunos conceptos o prácticas, aceptadas y aplicadas rutinariamente, sin cuestionamientos, necesitan ser revisadas; esto puede ser denominado como equivocaciones sobre la suplementación mineral (1,3,6,7).

4.6 PRERREQUISITOS PARA LA SUPLEMENTACION MINERAL

4.6.1 CONSUMO DE MEZCLA MINERAL Y MATERIA SECA

La palatabilidad del suplemento afecta el consumo más de lo que hace la necesidad fisiológica. Al formular las mezclas minerales, la estimación de la necesidad posible debe coincidir con un consumo adecuado (1,2,3,6,7)

El consumo diario promedio de mezclas minerales *ad libitum* por el ganado en pastoreo es altamente variable. (1,2,3,6,7)

4.6.2 FERTILIDAD DEL SUELO Y TIPO DE FORRAJE CONSUMIDO

Usualmente, a mayor fertilidad de suelo, es menor el consumo de minerales. Un número de reportes han demostrado que el ganado en pastos nativos consume más suplemento mineral que el ganado en los pastos mejorados. El ganado en pastos sobrepastoreados o de baja calidad también consume más suplemento mineral (1,2,6,7).

4.6.3 LA ESTACIÓN

La estación del año afecta el consumo mineral, el cual es frecuentemente mayor durante el invierno o la estación seca, cuando los forrajes dejan de crecer, pierden su color verde, y se vuelven altos en fibra y lignina y bajos en digestibilidad y disponibilidad de minerales. A medida que las plantas maduran, su contenido mineral declina. El consumo de suplemento mineral se incrementa para contrarrestar la baja disponibilidad de minerales en el forraje, así como el bajo nivel de consumo de éste debido a su palatabilidad reducida (1,2,6,7).

4.6.4 DISPONIBILIDAD DE SUPLEMENTOS DE ENERGIA Y PROTEINA

El tipo y nivel de suplementación de energía y proteína influyen en el consumo del suplemento mineral. Los suplementos de energía y proteína que también proveen minerales disminuyen tanto la necesidad como el deseo por los minerales ad libitum (1,2,6,7).

4.6.5 REQUERIMIENTOS INDIVIDUALES

La tasa de crecimiento, el porcentaje de cosecha de terneros, y la producción de leche influyen en las necesidades de los minerales. Los requerimientos adicionales de la gestación y la lactancia incrementan las necesidades minerales y, por lo tanto, el consumo (1,2,6,7).

4.6.6 CONTENIDO DE SAL EN EL AGUA DE BEBIDA

Las concentraciones naturalmente altas de sal en el agua de bebida disminuyen el consumo de los suplementos minerales. El ganado tiene un deseo natural de sal común. Sin embargo, si ese deseo se satisface proveyendo agua con un alto contenido de sal, los animales en pastoreo consumirán poco o nada de una mezcla mineral ad libitum basada en sal común (1,2,6,7).

4.6.7 PALATABILIDAD DE LA MEZCLA MINERAL

El ganado en pastoreo no tiene un deseo particular por la mayoría de los minerales, a excepción de la sal común. La sal común, debido a su palatabilidad, es un vehículo valioso para los otros minerales. Si la mezcla contiene de 30 a 40% de

sal común o más, son consumidas ad limitum en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades suplementarias de otros minerales (1,2,6,7).

Los estimulantes del apetito y la palatabilidad, tales como la harina de algodón, la melaza deshidratada, el cultivo seco de levaduras, así como la grasa, ayudan a obtener un consumo más uniforme en todo el hato. Algunos de estos productos no sólo dan al suplemento características humectantes y de libre flujo sino que también proveen proteína y energía. Los ingredientes que aumentan la palatabilidad deben usarse con moderación pues sino causarían un sobre consumo (1,2,6,7).

4.6.8 DISPONIBILIDAD DE PROVISIÓN FRESCA DE MINERALES

Las cajas a prueba de agua para los minerales ayudan a incrementar el consumo de estos al prevenir el endurecimiento, enmohecimiento, o pérdida por los vientos. La selección de los estimuladores del apetito y la palatabilidad es importante al considerar el valor de sostén de un suplemento. La harina de maíz es un buen estimulante de consumo cuando se incluye en una mezcla mineral, pero se fermenta con más facilidad que un producto proteico, tal como la harina de algodón. El uso de 20 a 40% de sal previene el enmohecimiento y la pérdida por los vientos. Los comederos de minerales serán usados con más frecuencia por el ganado si están localizados cerca de los tanques de agua, las áreas de descanso sombreadas, los rascadores de espalda, y las áreas de mejor pasto. Los comederos de minerales deben ser construidos suficientemente bajos para los terneros y en terreno seco accesible a camiones para su revisión y servicio a través del año. Las cajas para minerales deben ser llenadas frecuentemente. El mantener fresca la provisión de minerales incrementa su consumo. Los comederos deben estar espaciados a intervalos de menos de 300 metros de distancia y ser suficientemente numerosos,

aproximadamente un comedero por cada 50 cabezas de ganado. Se consumirá menos si el ganado en pastoreo tiene que trasladarse grandes distancias al suplemento (1,2,6,7).

En algunas regiones con vastas áreas de pastoreo, hay grandes dificultades en ubicar los comederos para que los animales pastorean grandes áreas sin ninguna localización central para el agua de bebida. Además, en las regiones que se inundan periódicamente, la ubicación de los comederos de minerales sobre el nivel del agua es algunas veces problemático (1,2,6,7).

4.6.9 FORMA FÍSICA DE LOS MINERALES

El consumo de minerales es frecuentemente un 10% menor cuando se suministran en bloques en vez de en polvo. El grado de dureza del bloque mineral puede planificarse para tomar en consideración la precipitación, la humedad y otras condiciones ambientales. La lluvia disolvería un bloque muy suave, causando pérdidas minerales, y sin embargo, el ganado tiene dificultades para consumir suficiente con bloque duro como para llenar sus requerimientos minerales. Si los animales permanecen por tiempo limitado en la vecindad de los bloques de minerales, entonces el excesivo endurecimiento del bloque resulta en un consumo mineral reducido (1,2,6,7).

El ganado no siempre consume bien las mezclas minerales bajo condiciones tropicales. Es virtualmente imposible saber el consumo total de materia seca del ganado en pastoreo. La calidad del pasto determina en gran medida el consumo. Aunque el 2% de peso vivo se considera una estimación aproximada del consumo de materia seca del forraje por el ganado, estos consumirán mucho menos si el forraje

es de baja calidad. El consumo actual de materia seca muchas veces es una materia de buen juicio por parte del investigador o del productor (1,2,6,7).

4.7 CONCEPTOS ERRÓNEOS SOBRE LA SUPLEMENTACIÓN MINERAL

- **La esencialidad metabólica de un elemento siempre implicará la suplementación obligatoria, a través de mezclas minerales:** Esta práctica no tiene base científica. El hecho de que un determinado elemento mineral sea esencial para los animales o para el ser humano, no significa que deba ser necesariamente suplementado con mezclas minerales. Si los alimentos aportan cantidades adecuadas de determinados elementos, no hay por que suplementarlos. Esa práctica constituye desperdicio y puede incluso implicar menor absorción de los minerales realmente necesarios, por el fenómeno de antagonismo (6,9).

Para los rumiantes numerosos ejemplos pueden ser mencionados: hierro, cromo, y azufre entre otros, son elementos esenciales, sin embargo bajo condiciones naturales, difícilmente están deficientes en la dieta de los bovinos criados en pastoreo. Los estudios para inducir esas deficiencias, son realizados en condiciones extremadamente especializadas. (Underwood & Suttle, 1999) lo que equivale a decir prácticamente artificiales. Como ejemplo, Tenemos el caso de hierro, elemento absolutamente esencial: la deficiencia no ocurre en bovinos a menos que estos sean alimentados exclusivamente con leche (alimento pobre en hierro) o que sean administrados en la dieta, cantidades absurdas de elementos antagonistas de este elemento. Aunque el hierro lo encontramos en la mayoría de las composiciones de mezclas

minerales que se comercializan, al parecer esta práctica debe ser acreditada al equívoco 4 el cual será mencionado seguidamente (6,9).

- **La suplementación mineral deberá ser siempre obligatoria en todas las localidades y regiones:** Otro error fácilmente demostrable aún sea verdad que tengamos extensas áreas deficientes en uno o más minerales, en otras, con excepción de sodio, que en común a casi todos los suelos distantes de las costas, puede no haber deficiencia mineral alguna. En estas regiones, la suplementación con diversos minerales no trae cualquier beneficio para el hato, lo que resulta en costos para el productor. Al igual la deficiencia de Na, prácticamente difusa en el país, no ocurre en localidades donde las aguas son salinas con altos índices de sodio o en las proximidades de la costa. No obstante en áreas con deficiencias de uno o más elementos, hay que verificar si los mismos no están siendo ofrecidos a los animales por intermedio de los alimentos proteico-energéticos (6,9).

Tomemos como ejemplo el fósforo, mineral deficiente en grandes extensiones del territorio nacional: Si una vaca fue criada en un área con suelo muy pobre en ese elemento, puede ser necesario suplementar hasta 6 gramos de fósforo por día. Ahora, basta que ese animal reciba aproximadamente 1 kg/día trigo, que contenga 0.9-1.1% de fósforo en materia seca, para que ya no haya necesidad de suplementar ese elemento, a través una mezcla mineral. En este cálculo todavía no fue computada la cantidad de fósforo que esta vaca estaría ingiriendo en el pasto que ella tiene que consumir. Adicionalmente ese animal estaría recibiendo, a través del trigo, 8-14 mg de cobre, 0.10-0,13 mg de cobalto y más de 100 mg de zinc. O sea, cuando los alimentos proteico-energéticos proveen los minerales que un animal necesita para su mantenimiento y producción, no hay menor razón para suplementar con mezclas minerales (6,9).

- **La suplementación mineral deberá ser siempre practicada, para los animales que reciben dietas energético-protéica muy pobres:** Se piensa, en forma general, que una suplementación de las mezclas minerales, deberían ser practicadas en cualquier situación de forma continua. Aunque, si tomamos en cuenta que una de las importantes funciones de los minerales es la de ser cofactores exigidos para un perfecto funcionamiento de varias enzimas, cuyas funciones en reacciones metabólicas solo ocurren cuando existe una adecuada disponibilidad de substratos (carbohidratos, lípidos y proteínas). Se percibe que animales que reciben dietas pobres no se benefician de suplementación mineral. Por ejemplo, en época seca, cuando sabidamente ocurren grandes restricciones cualitativas en valor nutritivo de pastos (lignificación, menor relación por las cuales, hay, reducción de la cantidad de proteína y aumento de la cantidad de carbohidratos fibrosos no digeribles), no hay efecto benéfico de suplementación mineral sobre el desempeño de los animales, a menos que la dieta, nutricionalmente hablando, sea corregida. Adicionalmente una restricción cualitativa, en muchos casos existe también una cuantitativa, traducida por la menor disponibilidad de materia seca para los animales. O sea, una suplementación mineral en época seca solo debe ser realizada en áreas deficientes si, y solo si, las necesidades energético-proteicas de animales estuvieran siendo atendidas. El mismo raciocinio vale para cualquier otra circunstancia, en las cuales la ingestión de carbohidratos y de proteína estuviera por debajo de las necesidades (6,9).
- **Cuando mayor el número de elementos incluidos en la composición de una mezcla mineral, mejor será:** Se trata de una presuposición equivocada que podría resultar en prejuicios en la salud y en la producción de animales

una vez que los elementos no deficientes en dieta e incluidos en la mezcla mineral podemos antagonizar con otros realmente necesarios. Por ejemplo, Al incluir sulfato de hierro en una mezcla mineral estamos reduciendo la absorción de fósforo y de cobre. Por otro lado, al incluir elementos como cromo, vanadio, níquel entre otros, en las mezclas minerales, en general, no trae cualquier beneficio, por el contrario, puede ser hasta perjudicial, en función de antagonismos entre los elementos, como vimos en relación con hierro y el cobre. Un ejemplo que ilustra esa asertiva ocurrió en un municipio de Rondonópolis, Mato Grosso. Hace 25 años, un fabricante de mezclas minerales de Sao Paulo tuvo por bien incluir elevados niveles de hierro en su producto, sobre una incomprensible alegación de que ese procedimiento habría de controlar a Haemoncus en bovinos. Al cabo de algunos meses, los bovinos desarrollaron marcadas lesiones óseas por deficiencias de fósforo, determinadas por el antagonismo de hierro con ese elemento. No utilicemos cualquier razón para incluir hierro en las mezclas minerales para ninguna categoría de bovinos criados en condiciones naturales (6,9).

- **Cuanto mayor sea la cantidad de los minerales en la mezcla, mejor será la calidad de ese suplemento:** También no encontramos base científica para respaldar esa deducción, pues, primeramente, hay que estimar cuanto de los elementos el animal necesita e ingiere por día a través de alimentos proteico-energéticos. Por ejemplo, si un animal carece de suplementación diaria de 1.5g de fósforo, no hay razón para suplementar o doblar o triplicar esta cantidad, una vez un excedente perdido cuesta caro. Un segundo argumento el cual, haciéndolo de esa forma, estaríamos elevando un nivel de fósforo en los pastos, a través de heces fecales, no se sustenta, una vez que esa práctica sería una forma mucho más cara de fertilizar los pastos con fósforo (6,9).

- **Cuanto mayor un consumo diario de una mezcla mineral, mejor será la calidad de esa mezcla:** A mayor o menor ingestión de una mezcla mineral, antes de todo, sea cantidad de clorato de sodio (Sal). Una vez adaptados los bovinos no ingieren más de 35g de sal por día, es más si reducimos la cantidad de esa sustancia a la mitad o a un 25% o menos, como ocurre con algunas mezclas minerales, los animales pueden ingerir hasta más de 120g de esas mezclas minerales diariamente. Esto es pésimo para un propietario que tendrá que pagar, sin necesidad, por las 3 o 4 veces más que los bovinos están ingiriendo de la mezcla mineral comercial, ya suficientemente cara (6,9).
- **La formulación y la preparación de un suplemento mineral, no deberá ser hecha por los técnicos de las fincas:** No se encuentra justificación para esa presuposición, pues por esto cualquier profesional de ciencias pecuarias con buenos conocimientos de nutrición de rumiantes puede perfectamente formular y preparar un suplemento mineral en la finca. Algunos cuidados, deben ser tomados cuando se compran los ingredientes, en la mezcla y en la homogenización de elementos como el Clorato de Sodio (6,9).

4.8 LA SITUACIÓN DE SUPLEMENTACIÓN MINERAL

En nuestro país existe una gran diversidad en temas de sistema de exploración en animales de carne y de leche. En algunas regiones los bovinos son criados en condiciones que nada tienen que envidiar a los países desarrollados, en otras, hay un primitivismo muy grande en la crianza de los animales (6,9).

Aunque al respecto a la suplementación mineral, nos encontramos con las siguientes situaciones (6,9).

- La mayoría de los productores optan por la utilización de una mezcla mineral comercial (MMC).
- Algunos de los productores compran una mezcla mineral comercial formulada sin previamente realizar el análisis del suelo y de forrajeras de su propiedad, aunque con esto podrían determinar con exactitud una cantidad de minerales necesaria a ser suplementada a los animales.
- Otra parte, provee apenas Cloruro de Sodio (NaCl).
- Un pequeño grupo de productores no agrega cualquier suplemento mineral al hato.
- Otro grupo de productores suplementan los animales de manera muy irregular y discontinua con MMC o con Cloruro de Sodio.
- Como las mezclas minerales son insumos caros, algunos propietarios diluyen esas mezclas con una sal común, aunque obviamente reduzca la concentración de otros minerales en ese preparado. En este caso, dependiendo de la dilución, aunque las cantidades de minerales en la mezcla original sean adecuados, en algunas situaciones habrá necesidad de corregir elementos deficientes.

4.9 PRINCIPALES PROBLEMAS RELACIONADOS CON SUPLEMENTACION MINERAL

4.9.1 CANTIDADES INSUFICIENTES

Es preciso tener en mente que algunas mezclas minerales comerciales no contienen cantidades suficientes de uno o más minerales para suplementar las exigencias de los animales criados en algunas regiones (6,9).

En los últimos años, se a verificado una elevación de la cantidad de los elementos, especialmente del fósforo, en algunas mezclas comercializadas. Si tomamos como ejemplo algunas MMCs que contienen 40gP/Kg., vamos a ver que, serán adecuadas para regiones de leve o moderada deficiencia de fósforo, con certeza se van a encontrar áreas de deficiencia acentuada, donde puede ser necesaria una elevación de la cantidad de fósforo para 90gP/Kg (6,9).

4.9.2 BAJA CONCENTRACIÓN DE CLORURO DE SODIO EN MEZCLAS MINERALES COMERCIALES (MMC)

Otro fenómeno que se ve difundido es la reducción de las concentraciones del Cloruro de Sodio en algunas mezclas minerales. Considerando que los bovinos adultos ingieren, después de adaptados, un máximo 30-35g/día de Cloruro de Sodio, mezclas minerales elaborada con bajas cantidades de Cloruro de Sodio, estimulan un aumento de ingestión diaria de esa mezcla. Esa sustitución que generalmente se ha hecho con calcio, que es barato y no restringe el consumo diario de la mezcla mineral. En un levantamiento hecho a partir de cálculos basados en información de cantidades de Na (g/kg) en 15 mezclas minerales, fueron observados valores medios de 38.2% de NaCl, con un valor máximo de 65% y mínimo de 25% (Malafaia & Peixoto 2003.). Esos niveles bajos pueden proporcionar consumos diarios mayores

que 120g/día, o que representa costos 3 hasta 4 veces mayores de lo necesario (6,9).

4.9.3 PROBLEMAS CON LA INGESTIÓN INSUFICIENTE (O NO INGESTIÓN) DE MEZCLA MINERAL O LA MEZCLA MINERAL CON CLORURO DE SODIO.

Este problema ocurre básicamente en las siguientes situaciones:

- **Impedimento del acceso al salero por cuestiones de jerarquía.** Se sabe que 8-10% de los bovinos pueden no tener acceso al comedero de sal mineral en función de estratificación jerárquica que se observa en el hato. En algunas situaciones, cuando coexisten animales de diferentes edades o de diferentes pesos, esos índices pueden existir en un 25% o más (6).
- **Falta de espacio en el salero que permita la ingestión.** Se necesita por lo menos de 4-8 cm. Lineales de espacio en el comedero por cada animal. Hemos encontrado situaciones en que un comedero de 1 metro es utilizado para más de 100 animales, lo que obviamente es inadecuado (6).
- **Disponibilidad insuficiente u ocasional de la mezcla mineral.** Muchas veces no tiene en cuenta que cantidades de sal es la que el bovino necesita ingerir diariamente. La disponibilidad de la mezcla mineral debe ser constante y de tal forma que permita una ingestión diaria de aproximadamente 30g/día de Cloruro de Sodio por animal adulto (6).
- **Localización de los Saleros.** Saleros muy distantes de las áreas sombreadas y en un lugar con poco pasto, influyen en el consumo diario del suplemento mineral, ya que los animales tienden a no ir a este lugar para ingerir los

- suplementos. Los saleros, deben ser de preferencia, localizados por todas las áreas sombreadas donde normalmente los animales encuentran confort térmico para que puedan ingerir un suplemento a cualquier hora del día (6).
- **Cobertura del Salero.** Es de fundamental importancia para mantener la calidad de la mezcla mineral y su posterior consumo. Una sal (NaCl), por su elevada higroscopicidad “empedrada”, por el hecho de que se serene, acarrea una reducción de la ingestión del suplemento. Lo ideal es que todos los saleros sean cubiertos y protegidos de las lluvias y el viento (6).

 - **Una dilución del núcleo mineral o de la mezcla mineral como el Cloruro de Sodio.** Muchos productores, pagaron caro por los “núcleos” o por las mezclas minerales, los diluyen 5-10 veces más de lo que recomiendan los fabricantes (6).

 - **La altura de salero en relación al suelo.** También es un factor importante para la mayoría de las veces, los saleros son colocados junto al corral, facilitando que los animales pasen, defequen u orinen encima del salero. Esto representa pérdida económica y reducción de la ingestión del suplemento mineral. Una altura adecuada del salero debe ser de acuerdo con la categoría animal que está en el pasto. La altura salero debe ser de 50-60 cm., 70-80cm y 100cm para vacas con cría o pequeñas, animales de recría y engorde respectivamente (6).

4.9.4 DILUCIÓN DE ELEMENTOS EN LOS SUPLEMENTOS MINERALES

Merece mencionar la dilución basándose en una práctica de fuentes de algunos elementos, como también ha sido hecho con uno de Sulfato de Cobalto. Tal procedimiento implica en no poder resolver los problemas de deficiencia de ese elemento, donde ella por ventura ocurre. En muchas localidades, el Sulfato de Cobalto es comercializado con una cantidad de 20% o menos. En algunas

cooperativas se puede tener una información de que un producto ha sido diluido, y en otras, tal información no existe. Ahora los bovinos necesitan de aproximadamente 1mg de cobalto por día, en áreas de acentuada carencia de ese elemento, las mezclas minerales con cantidades muy bajas, pueden no ser suficientes para suplir la carencia de los animales en ese elemento (3,6).

Considerando los equívocos sobre la suplementación mineral y con el objeto de disminuir el costo elevado, tenemos propuesta una nueva forma alternativa que denominamos Suplementación Mineral Selectiva (Peixoto. 2003). La verdad es que este concepto no es nuevo, tiene más de 40 años, se aboga que solo deben ser los minerales sabidamente deficientes, sodio, fósforo, cobre, cobalto y eventualmente selenio y zinc (Tokarnia 2000). Esa suplementación mineral selectiva se ha amplificado ese concepto: Se trata de administrar apenas los minerales deficientes en unas cantidades necesarias, de acuerdo con un grado de deficiencia no apropiada (3,6).

4.9.5 COMO SUPLEMENTAR MINERALES EN LOCALIDADES DONDE LOS ANIMALES NO INGIEREN SAL (CLORURO DE SODIO) VOLUNTARIAMENTE

En áreas próximas a la costa o en regiones de aguas salinas o de suelos ricos en sodio (salinas), el problema de suplementación mineral puede residir que un hato de bovinos ingieren poco o simplemente no ingieren una mezcla mineral, pues ya la reciben a través de agua el sodio que necesitan. En esas condiciones, se deben utilizar otras alternativas, para que los animales reciban los minerales que precisan a través de los alimentos de buena palatabilidad como el trigo, soja que pueden ser utilizados como una forma de inducir una ingestión de los minerales deficientes, en ese caso, el Cloruro de sodio debe ser adicionado para evitar una ingestión de cantidades excesivas de alimento o de otros minerales que deberán ser vinculados a

través del alimento. Una cuestión fundamental es determinar si todos los animales ingieren NaCl (3,6).

Si por ejemplo, los animales ingieren voluntariamente apenas 10g. por día de NaCl, esa cantidad debe ser tomada en cuenta para adicionar los otros minerales. Si, en otra situación, no ingieren nada de NaCl, la forma de inducir una ingestión de la mezcla mineral será hecha por medio de alimento cuya ingestación será regulada por la adición de mayores o menores cantidades de NaCl, conforme al tipo de alimento utilizado (3,6).

El trigo puede ser utilizado con ese propósito por que es muy palatable y relativamente barato. De cualquier manera, una introducción deberá ser hecha de acuerdo con los exámenes realizados, en la propia finca, tomándose en cuenta una cantidad mínima de alimento/mezcla mineral capaz de servir de vehículo para que los animales tengan sus exigencias en minerales atendidas. Vía inyecciones, inyecciones de cobre pueden constituir una buena alternativa para suplementación de rebaños carentes en ese elemento (3,6).

4.10 MÉTODOS DIRECTOS DE SUPLEMENTACION MINERAL

Para el ganado, la administración directa de los minerales en el agua, bloques minerales, mezclas, baños, preparaciones ruminales e inyecciones es generalmente lo más económico (6,8).

Se han considerado sistemas para medir la introducción de formas solubles de microelementos al agua de bebida. Aparentemente, el uso de este método es limitado aunque es muy efectivo cuando sólo existe una fuente de agua (6,8).

Al igual que con los minerales provistos en agua, la dosificación oral de los animales asegura que todos reciban cantidades conocidas a intervalos determinados. Este tratamiento no es satisfactorio cuando los costos de mano de obra son altos y los animales tienen que ser conducidos por largas distancias y manejados frecuente y específicamente para el tratamiento (6,8).

Las inyecciones intramusculares de microminerales han sido altamente exitosas en la prevención y curación de las deficiencias de Cu, Se, I y Zn. Las inyecciones de vitamina B12 son efectivas en prevenir las deficiencias en los animales deficientes en Co. Los complejos orgánicos de estos minerales se absorben lentamente por los tejidos y protegen contra las deficiencias por períodos largos. Como ejemplo, la deficiencia de Cu puede prevenirse cuando se dan inyecciones (formas de glicinato o etilendinitrilo) a intervalos de tres a seis meses (6,8).

Las preparaciones ruminales para proveer minerales están basadas en el principio de que las partículas pesadas consumidas son retenidas en el tracto gastrointestinal, donde éstas permiten una liberación sostenida de uno o más minerales específicos. Por ejemplo, se han desarrollado bolos pesados que son retenidos en el Reticulo-rumen y que contienen Co, Se o Zn. También se han usado, aunque con éxito limitado bolos pesados que contienen una amalgama de Mg (6,8).

4.11 SUPLEMENTACION MINERAL *AD LIBITUM*

El consumo voluntario de los minerales individuales o las mezclas minerales es referido como *ad libitum*, o de libre acceso, y es el método más común de suplementación mineral directa para el ganado en pastoreo. Esta práctica de suplir

los minerales ad libitum a los rumiantes ha sido usada por muchos años para suministrar los minerales requeridos pero está basada en la suposición errónea de que el animal sabe que minerales requiere y cuánto de cada uno necesita (1,7).

Los suplementos minerales ad libitum se consideran generalmente sólo para el ganado que no tiene acceso a concentrados, pues los minerales de aquéllos que reciben concentrados se proveen normalmente como parte de la mezcla concentrada. Aun cuando el ganado en pastoreo no balancea sus necesidades minerales perfectamente al consumir una mezcla ad libitum, usualmente no hay otra forma práctica de suplir las necesidades minerales. La sal común (NaCl), debido a su palatabilidad, es un valioso “vehículo” para suministrar otros minerales. Si las mezclas contienen entre 30 a 40% de sal común, generalmente se consumen en base a libre albedrío en suficientes cantidades para suplir las necesidades suplementarias de otros minerales. A manera de un seguro de bajo costo, los suplementos minerales “completos” deben estar disponibles a libre albedrío para el ganado en pastoreo. Una mezcla mineral completa usualmente incluye sal común, una fuente de P de bajo contenido de F, y Ca, Co, Cu, Mn, I, Fe y Zn. En las regiones tropicales con suelos ácidos, el Mn y el Fe pueden ser eliminados de la mezcla mineral completa, a menos que el Fe ayude a sobreponerse a los efectos del parasitismo. El Se, Mg, K, S o los elementos adicionales también pueden incorporarse al suplemento mineral o pueden ser incluidos en una fecha posterior a medida que la nueva información sugiera la necesidad. Una suplementación oral de Mg sería de valor solamente durante las ocurrencias estacionales de tetania de los pastos. El Ca, Cu y Se en exceso pueden ser más dañinos que beneficiosos a la producción del rumiante. Donde predomina el alto contenido de Mo en el forraje, se necesita tres a cinco veces el contenido de Cu en las mezclas minerales para contrarrestar la toxicidad por el Mo. Tan poco como ppm (o 500 ppm de S) es suficiente para disminuir la disponibilidad del Cu a un 50%. Por lo tanto, el nivel

exacto de Cu a usarse para contrarrestar los antagonismos del S o el Mo es un problema complejo que debe determinarse para cada área. La investigación ha demostrado que los rumiantes no muestran ningún deseo en particular por los minerales, con excepción de la sal común (1,7).

4.12 CARACTERISTICAS DE UN “BUEN” SUPLEMENTO MINERAL PARA SUMINISTRARLE *AD LIBITUM* AL GANADO

- Un mínimos de 6 a 8 % de P. En áreas donde los forrajes tienen concentraciones más bajas del 0.20% de P, los suplementos minerales preferidos tendrán de 8 a 10% de P (7,8).
- La relación calcio-fósforo no debe pasar significativamente.
- Una proporción significativa (por ejemplo, 50%) de los requerimientos de los microminerales. En zonas de conocida deficiencia de los microminerales, debe proveerse un 100% de estos minerales (7,8).
- Compuesto de sales minerales de alta calidad, las cuales presenten mayor disponibilidad biológica de cada elemento. Sin incluir en niveles bajos aquellos que contengan elementos tóxicos (7,8).
- Suficiente palatable para asegurar un consumo adecuado en relación a los requerimientos (7,8).
- Estar respaldado por un fabricante reputado con garantías de calidad en cuanto a la exactitud de la etiqueta del suplemento (7,8).

- Las partículas deben ser de un tamaño aceptable para que se mezclen bien sin que las más pequeñas se sedimenten (7,8).
- Formulado para el área en particular, para el nivel de producción del animal, para el medio ambiente en el cual se proveerá, y económicamente posible (7,8).

4.13 REGLAS BÁSICAS DE SUPLEMENTACION SELECTIVA (SMS)

- No suplementar minerales si no hay signos directos o indirectos de deficiencia mineral (3,5).
- Una suplementación mineral debe ser ajustada a un nivel de producción (3,5).
- Las necesidades de suplementación mineral varían con el área (región), la época del año y con el manejo de la alimentación del hato (3,5).
- No suplementar minerales sin una previa y adecuada proteína-energética de dieta o sin una adecuada disponibilidad de volumen esto es, antes de suplementar con minerales, se debe verificar si el animal ingiere energía y proteína suficientes para desarrollar su potencial genético (3,5).
- Una formulación mineral debe ser hecha caso a caso, esto es, finca por finca (3,5).
- Al introducir una suplementación mineral selectiva siempre debe ser hecha mediante estudios comparativos (ensayo de reversión) (3,5).
- Estar siempre atento al riesgo inherente de toxicidad de minerales, en especial con relación al cobre y al selenio (3,5).

- Suplementar minerales en exceso equivale “Desperdicio de dinero” (3,5).

4.14 IMPLEMENTACIÓN DE SUPLEMENTACION SELECTIVA

Una suplementación mineral selectiva puede ser implantada de diversas formas, pero siempre mediante exámenes comparativos con una suplementación mineral precedente. Cualquiera que sea el método de implantación se debe tener todo el cuidado para evitar cualquier pérdida económica (1,3,5).

En fincas donde no existe ningún tipo de suplementación mineral o el propietario apenas da Cloruro de sodio a los animales, la pregunta central para ver si se hace una suplementación selectiva de sal, y la identificación correcta de cuales minerales están “faltando” en los pastos de una propiedad. Esto puede ser evaluado por un profesional que tenga adecuados conocimientos sobre clínica y nutrición mineral de bovinos. Apenas ese profesional es capaz de reconocer en los animales, que minerales, que nivel de deficiencia mineral hay en su dieta y formular un suplemento mineral selectivo capaz de corregir esa falta (1,3,5).

En fincas donde ya se utilizan una MMC, una manera de implantar una suplementación mineral selectiva es a través de un “Ensayo de reversión”, esto es, estableciendo un protocolo experimental simple, en el cual un grupo de animales permanece recibiendo rutinariamente una MMC, en cuanto el otro grupo estará recibiendo un SMS propuesto con base en examen clínico epidemiológico del hato, bueno con un manejo nutricional de los animales. El ensayo de reversión, en ausencia de hechos negativos sobre el desempeño de la salud de los animales, los productores deberán adoptar una opción más barata (1,3,5).

Resaltamos que una evaluación comparativa entre las ventajas y desventajas de suplementación comercial selectiva, deben tener en cuenta otros aspectos económicos, y manejo de la eficiencia del tratamiento y profilaxia de estados carenciales, se refiere siempre apenas a una propiedad donde se está realizando un experimento (1,3,5).

Por otro lado, hay que reconocer que la “mineralización” convencional de los rebaños con un MMC es más cómoda, pues no implica formular y preparar la mezcla. Y posiblemente que en algunas regiones no se han encontrado los ingredientes para hacer una preparación de un suplemento mineral selectivo. También hay que tener cuidado (ver el error 5) para que no haya errores en la formulación y en el preparado de la sal mineral selectiva (SMS), que podría redundar en no solucionar el estado carencial o una intoxicación de los animales (1,3,5).

Por eso, un cálculo correcto y una buena homogenización de los ingredientes evitan esos riesgos. (1,3,5).

4.15 ASPECTOS ECONÓMICOS DE SUPLEMENTACION MINERAL SELECTIVA

Obviamente que no se puede perder de vista el impacto que una suplementación mineral representa en costos operacionales en un emprendimiento pecuario. En la producción moderna practicada en algunas regiones o en micro regiones del país, reducir costos se torna esencial para mejorar la rentabilidad o mantenerse bien en épocas de crisis. En cualquier situación, sea en una producción de alta tecnología, sea una practica empírica, es obvio que los gastos no necesarios deben ser suprimidos. Se estima que la suplementación mineral comercial en diversos estados del país, verificamos que un SMS tiene un costo, 3 a 4 veces menor de aquel que está verificado en la suplementación mineral convencional. Si

tomamos en consideración que los bovinos ingieren, en algunos casos, más de 120 gramos de MMC por día, esos gastos pueden ser hasta mayores, o sea, los gastos con una MMC pueden pasar de 700% de los costos con un SMS (5)

4.16 QUELATOS

4.16.1 DEFINICIÓN

Son iones metálicos ligados químicamente a una molécula orgánica, formando estructuras únicas de estabilidad y de alta biodisponibilidad mineral (9).

Más recientemente, al final de la década de 1980, surgieron los “minerales orgánicos” O quelatos, una forma de suplementación mineral que, potencialmente, aumentaría la productividad de los animales. Esas sustancias tenían grandes ventajas sobre una forma convencional de “mineralización” por ser de elevada absorción, más biodisponibles y menos tóxicas, adicionalmente, no habría interacción (antagonismos) entre ellas y otros minerales o nutrientes (grasas y fibras de dieta). Generalmente se trata de compuestos producidos por quelación (ligación) entre metales y aminoácidos (9).

De hecho, no parece haber dudas de que los “minerales orgánicos” tienen biodisponibilidad mayor que los minerales en forma inorgánicas (9).

En ese punto, somos de una misma opinión que Underwood & Suttle (1999): “Las afirmaciones de que las formas quelatadas de microelementos son más eficaces que los minerales inorgánicos simples deberían ser ignoradas antes que sean publicadas evidencias, en periódicos científicamente idóneos, de que beneficios económicos y nutricionales sean consistentemente obtenidos (9).

Un hecho que la quelación puede ser ventajosa para un elemento (por ejemplo, el cromo, que por señal está deficiente en la dieta) no quiere decir que sea provechoso para otros. Una evidencia de que una quelación altera la forma o la distribución de un elemento quelatado en fase inicial de digestión (rumen) no es prueba de beneficio nutricional. También una evidencia de que una quelación aumenta la concentración residual de determinados elementos, cuya captación y regulada por la necesidad (de un elemento), por ejemplo, el zinc, puede indicar apenas un desvío mecanismo homeostático y nuevamente, no son pruebas de que provean un beneficio nutricional (9).

Por otro lado, los compuestos quelatados son menos tóxicos que los minerales en forma inorgánica, y es garantizada la homogenización correcta de los minerales en la preparación de la mezcla mineral, esa es una ventaja de “minerales orgánicos” pero su costo es evidentemente más elevado (9).

Los quelatos son iones metálicos que han sido ligados a un compuesto para garantizar la estabilidad y mejorar la absorción del mineral en el tracto digestivo del animal. Este proceso se realiza ligando los minerales a proteínas hidrolizadas (9).

Las sales inorgánicas utilizadas tradicionalmente en la suplementación mineral tales como óxidos, sulfatos y carbonatos, son divididas en el proceso de digestión en iones libres. En muchos casos estos iones son ligados a otras moléculas dificultando su absorción, por lo tanto la respuesta a estas fuentes de minerales puede variar considerablemente de caso a caso (9).

Los proteínatos son más disponibles para los animales que los minerales inorgánicos ya que la estructura del quelato es absorbida intacta dentro del sistema del animal (9).

Sin embargo, los minerales generalmente tienen funciones específicas tales como actuar como coenzimas. Por lo tanto la ventaja está en poder dirigir el mineral requerido a los sistemas de enzimas y tejidos específicos (9).

4.17 REQUERIMIENTOS MINERALES

Los requerimientos aproximados y los niveles tóxicos de minerales sugeridos por el Consejo Nacional de Investigación (National Research Council) para diversos tipos de animales rumiantes son presentados en el Cuadro 1. Muchos factores afectan los requerimientos minerales, entre ellos el tipo y el nivel de producción, la edad, el nivel y la forma química de elementos en los ingredientes alimenticios, el consumo suplementario del mineral, la raza, y la adaptación animal. El nivel dietético del mineral que sólo promueve una respuesta óptima es el requerimiento mínimo, este nivel varía (6).

La concesión óptima permite que el animal logre por completo su potencial genético para un funcionamiento óptimo. Después de esta zona óptima, las concentraciones minerales fluctúan entre niveles bajo algo seguros, pero no económicos, hasta concentraciones que causan toxicidad y pueden resultar en la muerte. El rango de respuesta óptima es lo suficientemente amplio para la mayoría de los minerales y las condiciones, y por esto las concentraciones dietéticas pueden ser añadidas para satisfacer los requerimientos mínimos, sin preocupaciones por la toxicidad o deficiencia (6).

Los requerimientos minerales son altamente dependientes del nivel de productividad. Diferencias importantes en el metabolismo mineral pueden ser atribuidas a la raza y la adaptación. El efecto de la diferencia de raza sobre el

requerimiento mineral ha sido observado en los rumiantes con frecuencia. Normalmente el ganado introducido en un área muestra signos de deficiencias, mientras que las razas nativas de crecimiento lento y madurez tardía no exhiben estas deficiencias al mismo grado. El ganado que no es aclimatado suda copiosamente y pierde saliva y moco bucal, y por eso puede perder cantidades significativas de minerales, particularmente en los trópicos áridos (6).

El consumo adecuado de forrajes por los rumiantes en pastoreo es esencial para satisfacer los requerimientos de minerales. Ya que los forrajes contienen una menor cantidad de minerales durante la estación seca, es lógico asumir que los rumiantes en pastoreo están más propensos a sufrir deficiencias minerales durante esta estación. El ganado en pastoreo es más propenso a tener deficiencias de Co o P, y los signos clínicos son más severos después de las lluvias, cuando los pastos están más verdes y exuberantes. El incremento de la incidencia de deficiencias minerales durante la estación de lluvia está menos relacionado con la concentración mineral del forraje que tienen gran incremento en los requerimientos de estos elementos de animal en pastoreo (6).

Durante la estación de lluvia, cuando las concentraciones de energía y proteína son adecuadas, los animales aumentan de peso rápidamente, resultando en un requerimiento mineral elevado. Durante la estación seca, las concentraciones inadecuadas de energía y proteína traen como resultado la pérdida de peso en los animales, lo cual disminuye el requerimiento mineral (6).

Al enunciar un rango, debemos reconocer que los requerimientos de la mayoría de los minerales son afectados por una variedad de factores relacionados a la dieta y al animal. Para algunas de las clases de animales, no se asignó si se

consideró apropiado asignar ningún valor debido a la diversidad de funciones fisiológicas (6).

Los requerimientos minerales del ganado caprino no se han estudiado en detalle. El ganado caprino lechero en lactación tiene requerimientos similares al ganado vacuno lechero en lactación. El resto del ganado caprino tiene requerimientos minerales similares al ganado ovino (6).

4.18 INFORMACIÓN DE LA FÓRMULA EN LA ETIQUETA

Alguna de la información necesaria para evaluar los suplementos minerales puede encontrarse impresa en la bolsa o en una etiqueta firmemente adherida a la bolsa en el caso de embarques grandes, adherida a la factura otros papeles involucrados en la venta. Esta información algunas veces es incorrecta y se expresa en diferentes maneras, haciéndole difícil al que desconoce qué es lo que está comprando y si es adecuado para el propósito perseguido (6).

En la mayoría de los casos, la concentración de los elementos en la mezcla mineral es suministrada por el fabricante en la etiqueta. Cuando se evalúan las mezclas minerales bajo condiciones de campo, el producto está obligado a aceptar el contenido mineral tal como aparece en la etiqueta. En otras palabras, el usuario se ve obligado a confiar en la reputación del fabricante para el contenido mineral de la mezcla. El juzgar a partir de la etiqueta asume, por supuesto, que el control de la calidad del suplemento ha sido tal que la mezcla realmente contiene la cantidad que dice la etiqueta. Desafortunadamente, esto no ha sido el caso en muchas ocasiones. Los análisis de muestras minerales recolectadas a través de la América Latina han demostrado frecuentemente poca relación entre la cantidad de los elementos listados en la etiqueta y los que se encuentran en el suplemento (6).

Algunos fabricantes de productos minerales no imprimen el porcentaje de los elementos minerales individualmente en la etiqueta sino el compuesto y su porcentaje o una combinación de ambos. Para poder evaluar la mezcla, se deben hacer cálculos para determinar el contenido mineral individual (6).

Esto es difícil para muchos productores de ganado. Sería útil presentar en la etiqueta las mayores fuentes de elementos en la mezcla, así como el porcentaje de los elementos individuales (6).

También ayudaría al consumidor a evaluar la mezcla si se adoptara un sistema común para expresar las unidades de concentración. Un sistema sería utilizar unidades de porcentaje para los elementos requeridos en cantidades relativamente grandes y ppm para aquellos minerales requeridos en pequeñas cantidades, tal como se usa en las tablas de NRC, 1984. Si fuera necesario, el porcentaje puede convertirse a ppm simplemente corriendo el punto decimal cuatro cifras a la derecha y viceversa (6).

Otra situación común que complica la evaluación de los suplementos minerales es que el fabricante imprime en la etiqueta la concentración del elemento y luego recomienda que este suplemento debe mezclarse con cierta cantidad de sal. El porcentaje de elementos en la mezcla final no está impreso en la etiqueta y es dejado al evaluador el cálculo de mezcla final, quien frecuentemente diluye la mezcla original a tal grado que se están suministrando cantidades insignificantes de algunos elementos minerales. Muchos de los minerales no se proveen en cantidades “significantes” con relación a los requerimientos (6).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIALES

- Equipo de cristalería del laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Reactivos.
- Sales minerales de 4 diferentes marcas.

5.2 METODOLOGÍA

5.2.1 MUESTRA

- **Muestra:** Se trabajaron cuatro muestras de sales minerales de cuatro casas comerciales distintas tres inorgánicas y una orgánica a las cuales se les hizo por lo menos nueve determinaciones (cobalto, cromo, hierro, manganeso, calcio, fósforo, magnesio, zinc, cobre).

5.2.2 TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Se realizaron análisis por absorción atómica en el Laboratorio de Investigación Química y Ambiental (LIQA) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

5.3 DISEÑO ESTADÍSTICO

Estudio descriptivo de corte transversal que implicó la recolección de datos en un determinado tiempo.

5.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

VARIABLES ESTUDIADAS

- Tipos de minerales encontrados
- Concentración de minerales determinados (mg/Kg)

5.5 ANÁLISIS DE DATOS

Prueba de T para muestras independientes

De cada muestra se hicieron las determinaciones en porcentajes, miligramos por kilogramo y se compararon con los requerimientos para rumiantes.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se trabajó cuatro muestras de sales minerales de cuatro casas comerciales distintas, tres inorgánicas y una orgánica a las cuales se les hizo nueve determinaciones (cobalto, cromo, hierro, manganeso, calcio, fosforo, magnesio, zinc y cobre).

De acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis de absorción atómica, se observó que la muestra orgánica A, todos los minerales evaluados exceden lo mostrado en la etiqueta con excepción del manganeso (Cuadro No. 3).

En el caso de la muestra inorgánica B, todos los minerales evaluados exceden lo mostrado en la etiqueta con excepción del calcio (Cuadro No. 4).

Los resultados obtenidos en la evaluación de la muestra inorgánica C, todos los minerales evaluados exceden lo mostrado en la etiqueta con excepción del manganeso y cobalto (Cuadro No. 5).

El análisis de absorción atómica, demostró que en la muestra inorgánica D el calcio, magnesio, manganeso y cobre están por debajo de lo indicado en la etiqueta (Cuadro No. 6).

Los datos obtenidos por absorción atómica de las cuatro muestras establecieron que de las cuatro sales minerales, la muestra A fue la única que presentó niveles de cromo detectables. La muestra B presentó los niveles más altos de calcio y magnesio, mientras que la muestra C presentó los niveles más altos de los minerales restantes (fósforo, hierro, manganeso, cobre, zinc y cobalto). La

muestra D en relación a las otras muestras, no presentó niveles detectables de cobalto, lo que coincide con la etiqueta (Cuadro No. 7 y gráficas No. 1-9).

El análisis estadístico (*T de Student*) en las cuatro muestras, estableció que no hay diferencia estadística significativa ($P > 0.05$) entre el contenido mostrado en la etiqueta y los resultados obtenidos por análisis de absorción atómica.

Muestra A (sal orgánica) no se encontró diferencia estadística significativa ($P > 0.2032$) entre lo presentado en la etiqueta y el análisis de laboratorio.

Muestra B (sal inorgánica): no se encontró diferencia estadística significativa ($P > 0.11$) entre lo presentado en la etiqueta y el análisis de laboratorio.

Muestra C (sal inorgánica) : no se encontró diferencia estadística significativa ($P > 0.14$) entre lo presentado en la etiqueta y el análisis de laboratorio.

Muestra D (sal inorgánica) : no se encontró diferencia estadística significativa ($P > 0.41$) entre lo presentado en la etiqueta y el análisis de laboratorio.

En resumen, de las cuatro muestras de sales minerales, el análisis estadístico estableció que no hay diferencia significativa entre la etiqueta y el análisis de laboratorio sin embargo comparando el resultado del análisis del laboratorio con los requerimientos nutricionales de las tablas NCR (*National Council Research*), se observó que hay algunos elementos que se encuentran en mayores cantidades a lo requerido por el animal, dando como resultado que todas las muestras cumplen con los requerimientos de los animales en las etapas de gestación como lactación. (Cuadro 2)

VII. CONCLUSIONES

1. Se pudo establecer que tres de las marcas de sales minerales evaluadas, llenan los requisitos cuantitativos de los minerales que ofrecen.
2. Que la muestra que tiene mayor contenido mineral con respecto a la etiqueta es la muestra B (sal inorgánica).
3. La única muestra que contiene cromo es la muestra A.
4. La muestra que contiene menor cantidad de minerales es la muestra D en relación a las otras tres.
5. Que no hay diferencia estadística significativa ($P>0.05$) entre los valores establecidos por análisis de absorción atómica y los mostrados en la etiqueta.
6. Se pudo determinar que los contenidos minerales de las sales minerales evaluadas exceden los requerimientos nutricionales diarios en la etapa de gestación como en lactación, por lo tanto las cuatro sales minerales son aptas para suplementar al ganado bovino en estas etapas.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Realizar suplementación mineral en ganado bovino para así mantener eficiencia productiva y reproductiva en el hato.
2. Efectuar análisis bromatológicos y químicos de suelos, para saber que mineral o minerales se encuentran presentes y cuales necesitan suplementación.
3. Llevar registros tanto productivos como reproductivos para determinar si es necesario el uso de sales minerales o qué tipo de sal mineral se ajusta a las necesidades del hato.
4. Realizar estudios para evaluar el nivel y tiempo de absorción de los elementos presentes en las sales minerales tanto orgánicas como inorgánicas

IX. RESUMEN

Se trabajó cuatro muestras de sales minerales de cuatro casas comerciales distintas, tres inorgánicas y una orgánica a las cuales se les hizo nueve determinaciones (cobalto, cromo, hierro, manganeso, calcio, fósforo, magnesio, zinc y cobre).

El análisis estadístico (T de Student) en las cuatro muestras, estableció que no hay diferencia estadística ($P > 0.05$) entre el contenido mostrado en la etiqueta y los resultados obtenidos por análisis de absorción atómica.

Se observó en la comparación con las tablas NCR (*National Council Research*) que los niveles del contenido de la etiqueta y los niveles recomendados por estas tablas existe en algunos casos un contenido más elevado, sin embargo esto solo comprueba que las cuatro sales minerales son aptas para llenar los requerimientos nutricionales en los animales en las etapas de gestación y lactación.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Egaña, JI. 1995. Minerales: los nutrientes olvidados de la alimentación animal. (en línea). Tecno Vet, España. Consultado 30 agosto 2008. Disponible en http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D10236%2526SID%253D429,00.html .
2. Ferrari, HR. 1998. Pastoreo - Teoría del forrajeo óptimo. (en línea). UNLP. Argentina. Consultado 2 septiembre 2008. Disponible en <http://www.geocities.com/ethologia/Forrajeo.DOC>.
3. Flores, JA. 1993. Manual de la alimentación animal. México, Limusa. 1082 p.
4. Gómez, AS. 2008. Nutrición y alimentación bovina: requerimientos nutricionales en bovinos. (en línea). Colombia. Consultado 30 agosto 2008. Disponible en <http://adappecuarias.blogspot.com/2008/04/requerimientos-nutricionales-en-bovinos.html>.
5. McDonald, P et al 1999. Nutrición animal. Trad Rafael Sanz Arias. 5 ed. España, Acribia. 875 p.
6. McDowell, LR et al 1997. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Trad Guillermo Valle. 2 ed. Estados Unidos de Norte América, CBAG. 30 p.
7. Montero, M. 2006. Suplementación mineral en bovinos. (en línea). Ergomix, Venezuela. Consultado 12 junio 2008. Disponible en http://engormix.com/suplementacion_mineral_bovinos_s_articulos_919_GDC.htm .
8. Ortega, A; Guarneros, R. 2003. Suplementación mineral de bovinos en el trópico. (en línea). Aldama, México. Consultado 20 mayo 2008. Disponible en <http://www.snitt.org.mx/pdfs/tecnologias/BovinosC/ARCHIVO28.pdf> .
9. WALCO. 2001. Todo sobre los quelatos. (en línea). Colombia. Consultado 2 septiembre 2008. Disponible en http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Cartilla_Quelatos.pdf.

XI. ANEXOS

Cuadro No. 1: Resumen de las funciones principales, absorción, excreción, almacenaje, toxicidades e interrelaciones de minerales individuales.

Mineral	Funciones principales	Absorción	Excreción	Almacenaje	Fuentes	Interrelaciones y Toxicidades
Calcio	Formación de huesos y dientes, función en las neuronas; contracción muscular, coagulación sanguínea, permeabilidad celular, esencial para la producción de leche	Toma lugar en el duodeno mediante absorción activa y pasiva. Vitamina D requerida y relación Ca:P es importante	En heces, mínimo en la orina	98-99% en hueso	Conchas, lima, fosfatodicalcico, fosfato defluorinado, suplementos proteicos, animales, forrajes, leguminosos, leche, harina de hueso.	Vitamina D envuelta en absorción y deposición ósea; exceso de P y Mg reduce absorción;; relación Ca:P no debe estar por encima de 7:1 81.1 a 2:1 para monogástricos.
Cloro	Anión principal envuelto en la presión osmótica y el balance ácido-base. Anión principal de los jugos gástricos como parte de ácido hidrocloreico	En todo el sistema digestivo, incluyendo el rumen	Principalmente en la orina como sal; también en las heces, sudor y leche	Mayormente en fluidos del cuerpo, alto en jugo gástrico	Sal ad limitum o añadida en la dieta a un nivel de 0.25-050%	El exceso de Cl no es común.
Magnesio	Esencial para el desarrollo normal esquelético, debido a que forma parte del hueso; activador enzimático, primordialmente en el Sistema	En todo el sistema digestivo, principalmente en el retículo-rumen	Orina, heces y leche; mayormente en la orina	60-+70% en hueso	Oxido de magnesio, sulfato de magnesio, carbonato de magnesio	Exceso descontrola el metabolismo de Ca y ; toxicidad no es común.

	glicolítico. Ayuda a disminuir la irritabilidad de los tejidos.					
Fósforo	Formación de huesos y dientes, fosforilización, ligamentos de fosfatos de alta energía, PO ₄ , mayor radical anionico el fluido intracelular, PO ₄ , es importante en el balance ácido-base. Componente del ARN, DNA y muchos sistemas enzimáticos	Se realiza en el duodeno por absorción activa y pasiva (difusión) Vitamina D es requerida y relación Ca:P es importante	Heces son la ruta mayor para las dietas de forrajes, y la orina para las dietas altas en concentrado.	80-85% en hueso	Fosfato monosódico, fosfatodiamónico, fosfato dicálcico, fosfatodefluorinado, harina de hueso, la mayoría de los granos cereales y sus subproductos.	Vitamina D envuelta en reabsorción renal y depósito de hueso; exceso de Ca y Mg causa reducción de absorción; Relación Ca:P no debe ser menos de 1:1 o más de 7:1 (1:1 a 2:1 para monogástricos.)
Potasio	Catión mayor del fluido intracelular donde está involucrado en la regulación de la presión osmótica y el balance ácido-base, actividad muscular, requerido en reacción enzimática de retina, influencia metabolismo de carbohidratos.	En todo el sistema digestivo, incluyendo el rumen, omaso, parte de arriba del intestino delgado, e intestino grueso	Mayormente en la orina, alrededor de 10% de pérdida en las heces, y por la leche puede ser 12%	En el músculo, pero no es depositado con facilidad	Cloruro de potasio, sulfato de potasio, los forrajes generalmente contienen las cantidades necesarias.	Niveles excesivos de K interfieren con la absorción del Mg; deficiencia de Mg disminuye retención de K, resultando en deficiencia de K.
Sodio	Catión mayor del fluido extracelular donde está involucrado	Principalmente en la parte de arriba del intestino delgado y	Principalmente en la orina como sal, también en las heces, el	En la mayoría de los fluidos tejidos y huesos	Sal ad libitum o añadida a la dieta como sal a un	Toxicidad por sal, la cual es acentuada con la restricción del consumo de

	en la regulación de la presión osmótica y el balance ácido-base, preservación de la irritabilidad normal de la célula muscular, permeabilidad celular.	también en el rumen	sudor y la leche		nivel de 0.25-0.50%	agua, ocurre con frecuencia.
Azufre	Parte de aminoácidos con azufre, grupo -SH tiene función en respiración de tejidos, parte de biotina, tiamina, coenzima A e insulina.	Mayormente incorporado en proteína bacteriana y absorbido por el intestino delgado.	Orina y heces	Mayormente como aminoácidos que contiene azufre	Rumiantes y caballos pueden ser suplementados con azufre en proteína como azufre elemental o como azufre en forma de sulfato	Relacionado con Cu y Mo metabolismo y antagonista a Se. Generalmente toxicidad no es problema.
Cobalto	Forma parte de vitamina B12, Microorganismos ruminales usan Co para la síntesis de la vitamina B12 y crecimiento de las bacterias. Parte de adenosinacobalamina y metinacobalamina.	Absorbido como parte de vitamina B12 en la parte baja del intestino delgado	Mayormente heces, cerca de 1% en orina y 12% en leche	Hígado, músculo y hueso, mayormente como vitamina B12	Carbonato, sulfato, ocloruro de cobalto, bolo de óxido de cobalto, o inyección de vitamina B12	Toxicosis por vitamina B 12 no es común.
Cobre	Cofactor en varios sistemas enzimáticos de reducción y oxidación. Formación ósea, mantenimiento de mielina	Principalmente en el intestino delgado, en rumiantes solo 1-3% de Cu es absorbido	Heces mayormente	Mayormente en hígado	Sulfato, carbonato, cloruro, óxido y nitrato cúprico.	Un exceso de Mo en presencia de S causa una condición curable con administración de Cu. El exceso de cobre es tóxico,

	de los nervios, pigmentación del pelo					se acumula en el hígado y puede resultar en la muerte
Flúor	Micromineral es protegen contra el desgaste dental en humanos y tal vez en otros animales	En todo el sistema digestivo, pulmones y piel	Mayormente orina	Hueso	No hay suplementación de F en dietas de animales	Sales de Ca y Al protegen contra toxicosis, F es un veneno acumulativo por eso, su toxicidad puede no ser notada hasta después de un tiempo
Yodo	Forma parte de las hormonas de la tiroides (tiroxina y triiodotironina).	En todo el sistema digestivo, pulmones y piel	Mayormente orina, menores cantidades en heces y sudor, altos niveles en la leche	Concentrado en la glándula de la tiroides (70-80%)	Sal ionizada estabilizada con 0.1% yoduro de calcio, dihidro yoduro de potasio (0.0076% I), yodato de calcio, dihidro yoduro de etileno diamina.	Consumo prolongado de altas cantidades de I disminuyen la acumulación por la tiroides.
Hierro	Respiración celular (hemoglobina, citocromas, mioglobina).	En todo el sistema digestivo, mayormente en el duodeno y yeyuno.	Heces, orina, sudor, pelo, mayor pérdida por hemorragia	Hígado, músculo, sangre, bazo, riñones y médula ósea.	Sulfato o carbonato ferroso, plantas con muchas hojas, carnes, semillas leguminosas, granos de cereales.	Cu es requerido para el metabolismo adecuado de Fe. Mucho Fe puede interferir con P, Cu y Se.
manganeso	Esencial para formación ósea (como parte de la matriz orgánica). Activador y constituyente de sistemas enzimáticos (ej. superoxide dismutase) envuelto en fosforización	En todo el intestino delgado	Heces; pequeñas cantidades en la orina	En todo el cuerpo, mayormente en hueso, hígado, riñón y páncreas	Sulfato u óxido de manganeso	Exceso de Ca y P reduce absorción, Generalmente Mn no es tóxico en cantidades moderadas

	oxidativa, metabolismo de aminoácidos, y síntesis de ácidos grasos					
Molibdeno	Parte de varias enzimas importante par metabolismo e purinas y transporte de electrones	Intestino delgado	Mayormente orina; menores cantidades en heces y leche	Poco almacenamiento, mayores niveles en hueso e hígado	Suplementación de dieta normal con Mo no es necesaria.	Niveles tóxico de Mo interfieren con el metabolismote Cu, incrementando el requerimiento de Cu.
Selenio	Asociado con la vitamina E; ambos nutrientes protegen os tejidos contra destrucción por oxidación. Parte de la enzima glutatión peroxidasa.	Intestino delgado y cecum	Orina, heces y exhalación, con toxicosis la exhalación incremente	Riñón, hígado y otro tejido glandular	Selenato y selenito de sodio	Animales que consumen forraje o grano producido en suelos seleníferos desarrollan "cojera tambaleante lo enfermedad alcalina
Zinc	Parte o cofactor de varios sistemas enzimáticos, incluyendo peptidasas y anhídrido carbonico, necesario para el hueso y para la síntesis y metabolismo normal de proteína.	Rumen e intestino delgado	Heces, pequeñas cantidades en la orina	En todo el cuerpo, mayormente en el hígado, páncreas y riñón	Carbonato, cloruro sulfato u óxido de zinc	Altos niveles de Zn en la dieta pueden acentuar deficiencias marginales de Fe y Cu.

(6)

Cuadro No. 2: Requerimientos minerales sugeridos para bovinos

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DIARIOS DE BOVINOS			
Mineral	Dimensional	Vacas secas gestantes	Vacas lactación
Ca	%	0.37	0.7
Mg	%	0.16	0.07
P	%	0.26	0.5
Fe	mg/kg	50	100
Mn	mg/kg	40	40
Cu	mg/kg	10	10
Zn	mg/kg	40	40
Co	mg/kg	0.1	0.1

(6)

Cuadro 3: Contenido mineral de la muestra A (etiqueta y análisis por absorción atómica)

CONTENIDO DE LA ETIQUETA A

ELEMENTO	DIMENSIONAL	CONTENIDO
Ca	(mg/kg)	165000
Mg	(mg/kg)	40000
P	(mg/kg)	120000
Fe	(mg/kg)	1400
Mn	(mg/kg)	3200
Cu	(mg/kg)	1400
Zn	(mg/kg)	5000
Co	(mg/kg)	30.00
Cr	(mg/kg)	20.00
Azufre	(mg/kg)	40000
Sodio	(mg/kg)	0.00
Potasio	(mg/kg)	70000
Selenio	(mg/kg)	38.00
Yodo	(mg/kg)	80.00
Fluor	(mg/kg)	600.00

ANÁLISIS POR ABSORCIÓN ATÓMICA A

ELEMENTO	DIMENSIONAL	CONT. PROMEDIO	S
Ca	(mg/kg)	189,000	± 3.4
Mg	(mg/kg)	54,000	±1.1
P	(mg/kg)	233,000	±1.1
Fe	(mg/kg)	4,256	±284
Mn	(mg/kg)	2,429	±100
Cu	(mg/kg)	1,498	±76
Zn	(mg/kg)	5,371	±301
Co	(mg/kg)	42.00	±11
Cr	(mg/kg)	90.00	±4

Cuadro 4: Contenido mineral de la muestra B (etiqueta y análisis por absorción atómica)

CONTENIDO DE LA ETIQUETA B

ELEMENTO	DIMENSIONAL	CONTENIDO
Ca	(mg/kg)	280,000
Mg	(mg/kg)	30,000
P	(mg/kg)	180,100
Fe	mg/kg	300
Mn	mg/kg	600
Cu	mg/kg	220
Zn	mg/kg	1,150
Co	mg/kg	19.30
Cloruro de Sodio	mg/kg	30,000
Yodo	mg/kg	26
Molibdeno	mg/kg	10
Selenio	mg/kg	25.00

ANÁLISIS DE ABSORCIÓN ATÓMICA B

ELEMENTO	DIMENSIONAL	PROMEDIO	S
Ca	(mg/kg)	274,000	± 2.9
Mg	(mg/kg)	37,000	±0.3
P	(mg/kg)	203,000	±5.6
Fe	(mg/kg)	4,192	±547
Mn	(mg/kg)	943	±39
Cu	(mg/kg)	2,005	±354
Zn	(mg/kg)	5,481	±119
Co	(mg/kg)	22	±3
Cr	(mg/kg)	NA**	

Cuadro 5: Contenido mineral de la muestra C (etiqueta y análisis por absorción atómica)

CONTENIDO DE LA ETIQUETA C

ELEMENTO	DIMENSIONAL	CONTENIDO
Ca	mg/kg	170,000
Mg	mg/kg	52,000
P	mg/kg	170,000
Fe	mg/kg	600
Mn	mg/kg	6,000
Cu	mg/kg	650
Zn	mg/kg	1,200
Co	mg/kg	90
Yodo	mg/kg	270
Molibdeno	mg/kg	10
Selenio	mg/kg	25
		45

ANÁLISIS DE ABSORCIÓN ATÓMICA C

ELEMENTO	DIMENSIONAL	PROMEDIO	S
Ca	(mg/kg)	220,000	± 1.6
Mg	(mg/kg)	57,000	±01.4
P	(mg/kg)	292,000	±7.0
Fe	(mg/kg)	11,413	±686
Mn	(mg/kg)	5,387	±634
Cu	(mg/kg)	3,549	±707
Zn	(mg/kg)	10,619	±993
Co	(mg/kg)	68	±6
Cr	(mg/kg)	NA**	

Cuadro 6: Contenido mineral de la muestra D (etiqueta y análisis por absorción atómica)

CONTENIDO DE LA ETIQUETA D

ELEMENTO	DIMENSIONAL	CONTENIDO
Ca	mg/kg	240000
Mg	mg/kg	30,000
P	mg/kg	180000
Fe	mg/kg	300
Mn	mg/kg	600
Cu	mg/kg	2000
Zn	mg/kg	4500
Yodo	mg/kg	26
Selenio	mg/kg	25
Mg	mg/kg	20

ANÁLISIS DE ABSORCIÓN ATÓMICA D

ELEMENTO	DIMENSIONAL	PROMEDIO	S
Ca	(mg/kg)	231,000	± 3.5
Mg	(mg/kg)	25,000	±0.9
P	(mg/kg)	278,000	±1.0
Fe	(mg/kg)	4,808	±174
Mn	(mg/kg)	360	±38
Cu	(mg/kg)	1,930	±141
Zn	(mg/kg)	4,586	±461
Co	(mg/kg)	ND*	
Cr	(mg/kg)	NA**	

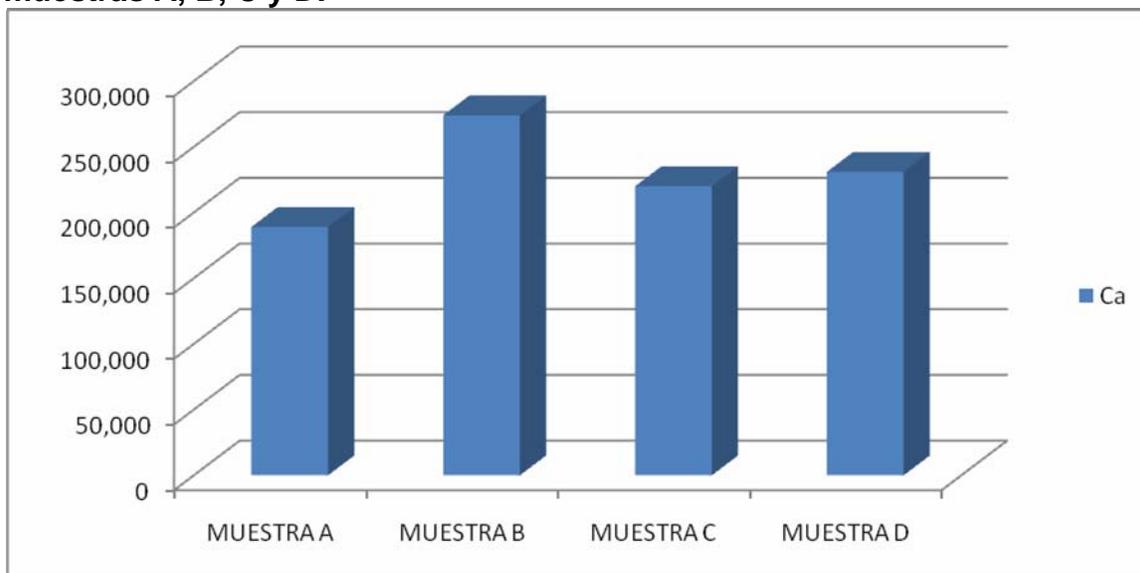
Cuadro 7: Resultados en mg/kg del análisis de las muestras A, B, C y D.

	Ca	Mg	P	Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Cr
MUESTRA A	189,000	54,000	233,000	4,256	2,419	1,498	5,371	42	90
MUESTRA B	274,000	37,000	203,000	4,192	943	2,005	5,481	22	NA*
MUESTRA C	220,000	57,000	292,000	11,413	5,387	3,549	10,619	68	NA*
MUESTRA D	231,000	25,000	278,000	4,808	360	1,930	4,586	ND*	NA*

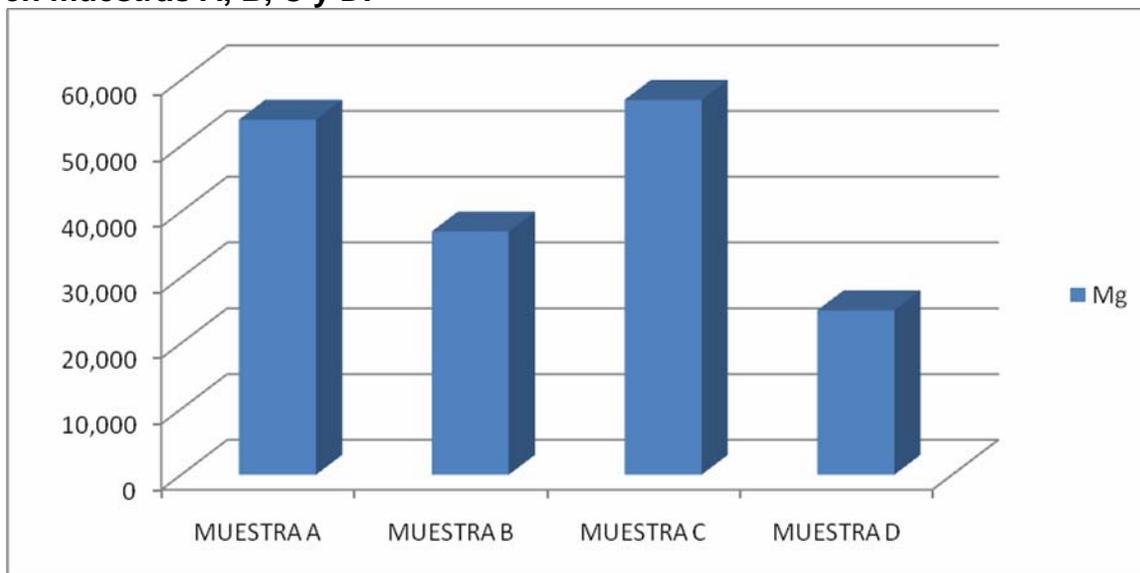
ND* No detectado

NA* No analizado

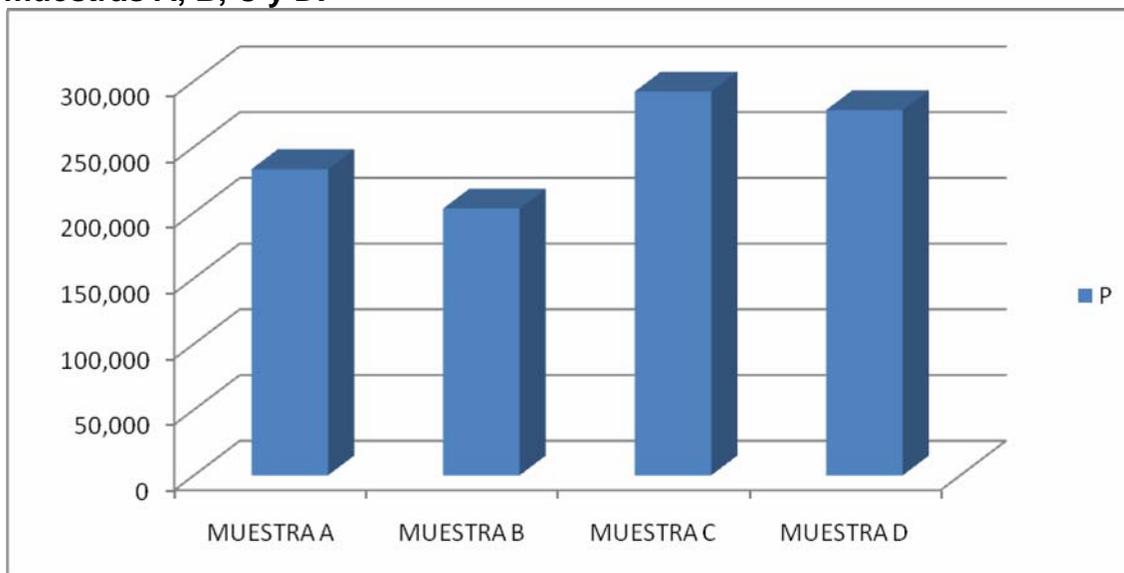
Gráfica 1: Contenido de calcio en mg/kg en análisis de absorción atómica en muestras A, B, C y D.



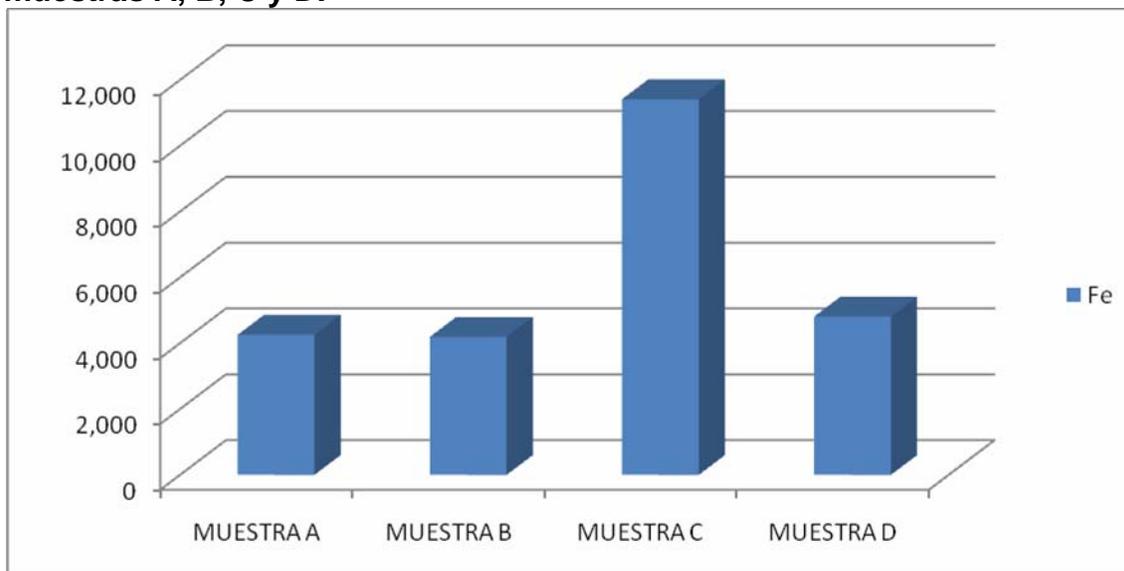
Gráfica 2: Contenido de magnesio en mg/kg en análisis de absorción atómica en muestras A, B, C y D.



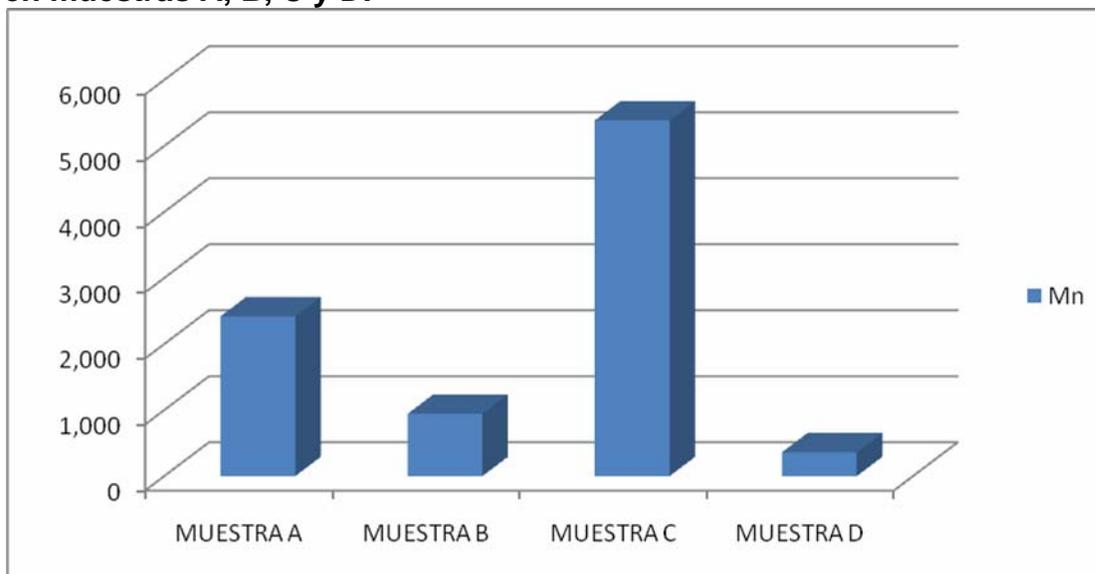
Gráfica 3: Contenido de fósforo en mg/kg en análisis de absorción atómica en muestras A, B, C y D.



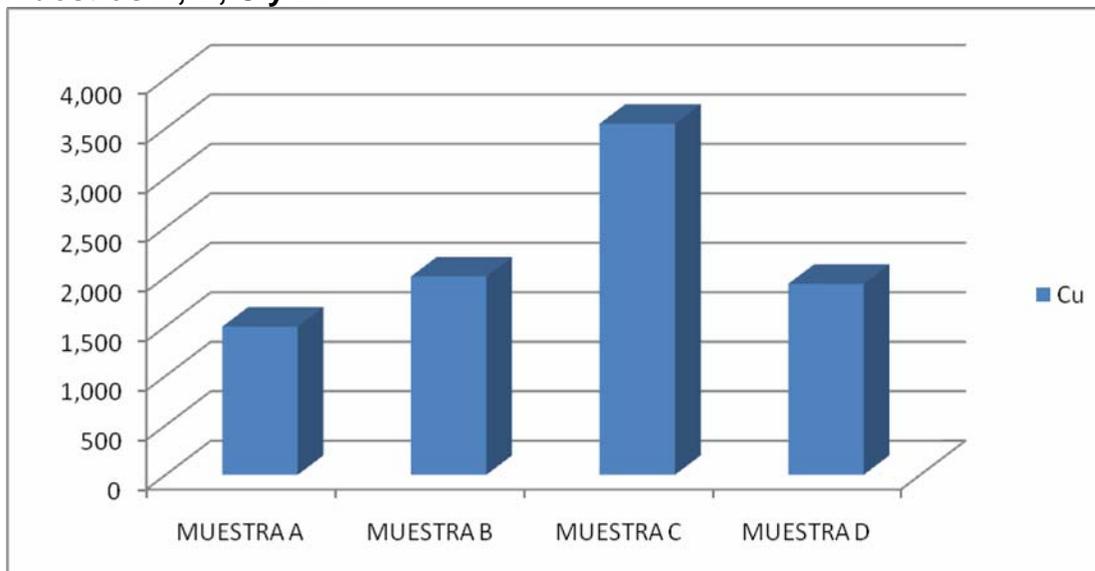
Gráfica 4: Contenido de hierro en mg/kg en análisis de absorción atómica en muestras A, B, C y D.



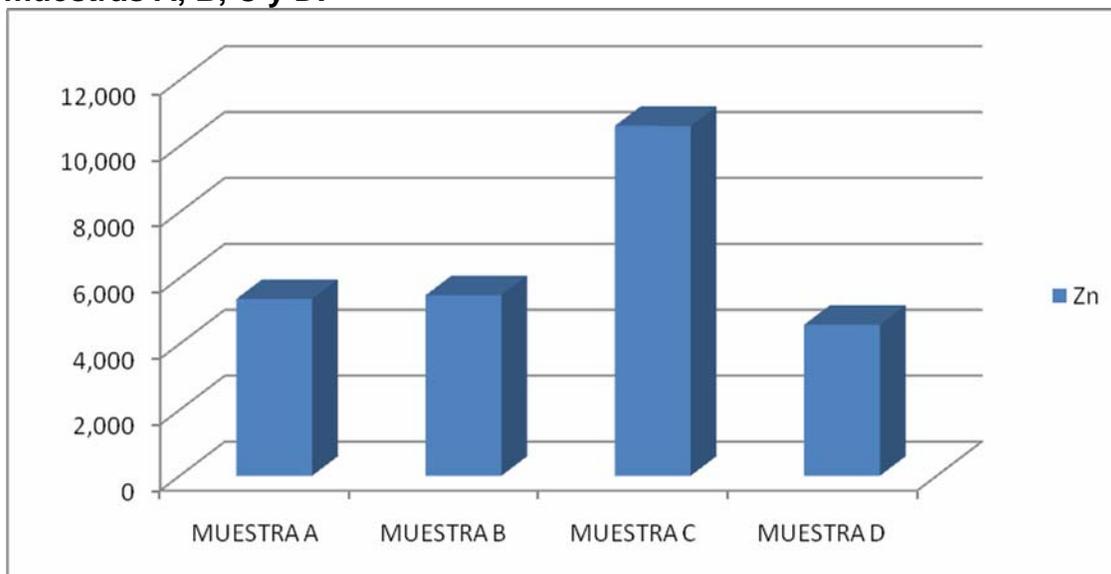
Gráfica 5: Contenido de manganeso en mg/kg en análisis de absorción atómica en muestras A, B, C y D.



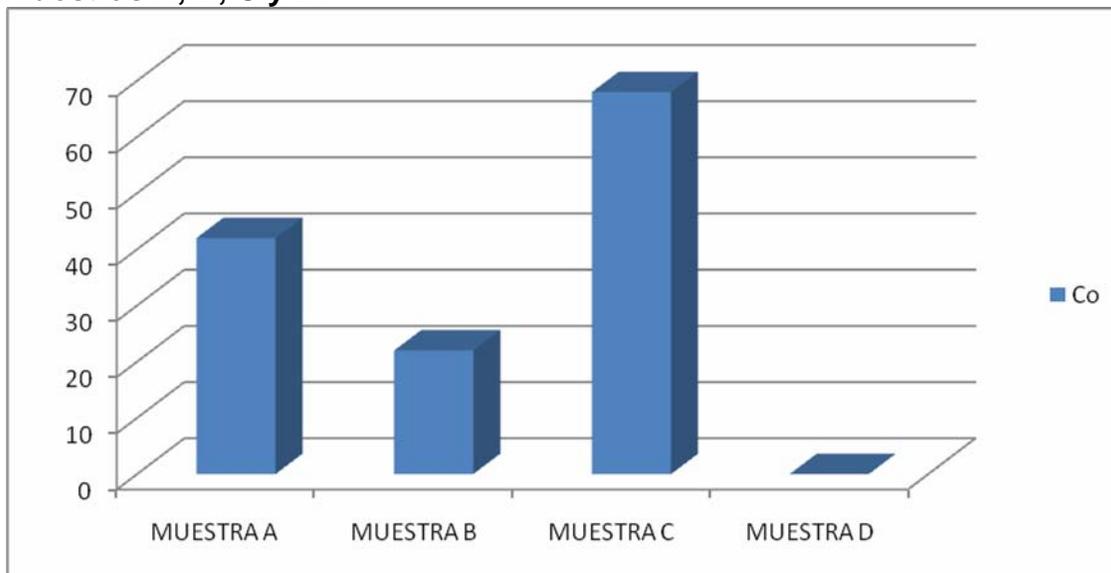
Gráfica 6: Contenido de cobre en mg/kg en análisis de absorción atómica en muestras A, B, C y D.



Gráfica 7: Contenido de zinc en mg/kg en análisis de absorción atómica en muestras A, B, C y D.



Gráfica 8: Contenido de cobalto en mg/kg en análisis de absorción atómica en muestras A, B, C y D.



Gráfica 9: Contenido de cromo en mg/kg en análisis de absorción atómica en muestras A, B, C y D.

