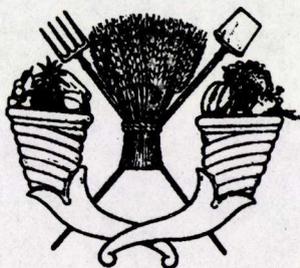


Universidad Autónoma Chapingo
Departamento de Zootecnia
Programa de Postgrado en Producción Animal



"Suplementación Mineral a Vaquillas Bajo Pastoreo en la Zona Central de Chiapas".

T E S I S

Que como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION ANIMAL

P r e s e n t a :

René Pinto Ruiz

Bajo la dirección de: **MC. Germán Méndez Eguia-liz**



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

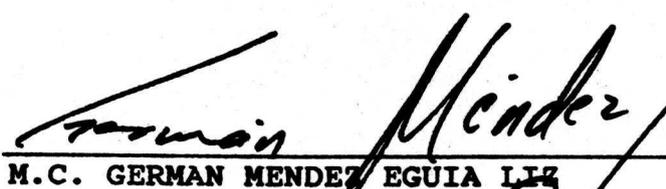
1995

Dy 68846
- 111522

LA PRESENTE TESIS "SUPLEMENTACION MINERAL A VAQUILLAS BAJO PASTOREO EN LA ZONA CENTRO DE CHIAPAS" SE REALIZO BAJO LA DIRECCION DEL M. C. GERMAN MENDEZ EGUIA LIZ, Y FUE REVISADA Y ACEPTADA POR EL COMITE ASESOR Y JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION ANIMAL, ESPECIALISTA EN NUTRICION DE RUMIANTES.

CHAPINGO, MEXICO. JUNIO DE 1995.

PRESIDENTE


M.C. GERMAN MENDEZ EGUIA LIZ

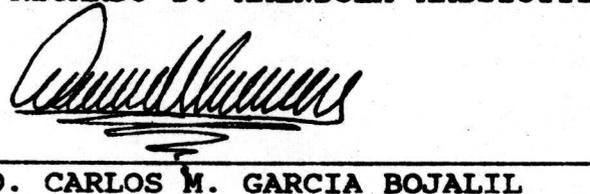
ASESOR


M.Sc. MAXIMINO HUERTA BRAVO

ASESOR

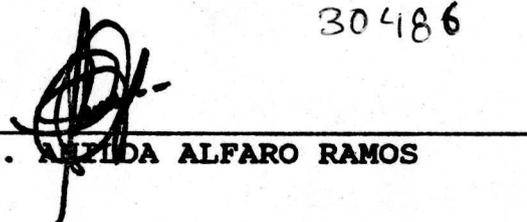

Ir. RICARDO D. AMENDOLA MASSIOTTI

REPRESENTANTE DE LA COORDI-
NACION GENERAL DE ESTUDIOS
DE POSTGRADO


Ph.D. CARLOS M. GARCIA BOJALIL

30486

REPRESENTANTE DE LA COORDI-
NACION DEPARTAMENTAL DE ES-
TUDIOS DE POSTGRADO


M.C. MA. AMPARO ALFARO RAMOS

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincero agradecimiento al presidente de mi comité asesor y director de Tesis M. en C. Germán Méndez Egúíalíz, por su asesoría y amistad en forma constante, de suma importancia para mi formación académica y desarrollo personal. Asimismo, debo reconocimiento especial a la ayuda, enseñanza y amistad recibida por parte del M.Sc. Maximino Huerta Bravo, Dr. Ricardo D. Améndola Massiotti, Dr. Carlos M. García Bojalil y M.C. Amilda Alfaro Ramos, miembros del comité asesor y jurado examinador. Recibí de ellos valiosas sugerencias y constructivos comentarios en relación al presente trabajo.

Deseo expresar mi gratitud al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento económico, a la participación interinstitucional de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) a través del Departamento de enseñanza e investigación en Zootecnia y a la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) a través de la Escuela de Ciencias Agronómicas, por hacer posible el trabajo de investigación y mi preparación formal.

También quiero agradecer profundamente la valiosa amistad y ayuda brindada demostrada con hechos al M.C. Carlos Sánchez, así como a mis amigos M.C. Martín Lima C. y M.C. Oswaldo Rodríguez G. Finalmente, y en forma particular, hago constar mi gratitud al M.C. Roberto Sosa Rincón por su participación como mi tutor profesional y por su motivación constante.

DEDICATORIA

A Gilda, mi esposa. Por el apoyo insuperable e incondicional demostrado día a día y como recompensa de muchos momentos sacrificados.

Dedico el presente a mi familia, por su ayuda moral brindada en todo momento y por su ejemplo de constancia y esfuerzo.

A los más pequeños de la familia, tratando de ocasionarles motivación, mis sobrinos: Alejandra, Lorena y Victor Manuel.

CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
INDICE DE APENDICE	iii
ABREVIATURAS UTILIZADAS	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Nutrición de rumiantes en pastoreo	3
2.2 Suplementación de rumiantes en pastoreo	5
2.2.1 Objetivos de la suplementación	6
2.2.2 Respuesta productiva a la suplementación	7
2.3 Suplementación mineral	8
2.3.1 Factores que influyen en los requerimientos minerales	11
2.4 Fuentes de minerales	13
2.4.1 El forraje	13
2.4.2 El suelo	16
2.4.3 El agua	19
2.5 Interrelación suelo-planta-animal	19
2.6 Detección de deficiencias minerales	21
2.7 Corrección de deficiencias minerales	25
2.7.1 Métodos de suministro de minerales	27
2.8 Selección del suplemento mineral	31
2.9 Evaluación de suplementos minerales	34

2.10 Consumo de suplementos minerales	36
2.10.1 Factores que afectan el consumo mineral	37
2.11 Respuesta a la suplementación mineral	41
2.11.1 Sobre ganancia de peso	41
2.11.2 Sobre estado mineral del animal	47
2.11.3 Sobre reproducción	51
3. MATERIALES Y METODOS	55
3.1 Localización y descripción del área de estudio	55
3.2 Tratamientos utilizados	56
3.3 Trabajo de campo	57
3.3.1 Manejo de los animales	57
3.3.2 Manejo de los potreros	58
3.3.3 Manejo del suplemento	59
3.4 Muestreos	59
3.5 Análisis de laboratorio	62
3.6 Variables evaluadas	64
3.7 Análisis estadísticos	66
4. RESULTADOS Y DISCUSION	69
5. CONCLUSIONES	93
6. LITERATURA CITADA	95
7. APENDICE	136

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Página
1. Características de un buen suplemento mineral.....	33
2. Efecto del consumo de macro y microminerales en la dieta de becerros de engorda sobre el crecimiento y calidad de la carne obtenida.....	44
3. Resumen del efecto de la suplementación mineral sobre el crecimiento de bovinos.....	46
4. Efecto de la concentración de potasio en la dieta de novillos de engorda sobre los niveles de minerales en suero sanguíneo	50
5. Resumen del efecto de la suplementación mineral sobre el porcentaje de pariciones en bovinos.....	54
6. Concentración mineral del suplemento evaluado en vaquillas bajo pastoreo en la zona Centro de Chiapas.....	57
7. Efecto de la suplementación con sal común o sal mineral sobre la concentración de minerales (ug/ml) en el suero sanguíneo de vaquillas bajo pastoreo en la zona Centro de Chiapas.....	70
8. Efecto de la suplementación con sal común o sal mineral sobre el consumo del suplemento suministrado a libre acceso a vaquillas bajo pastoreo en la zona Centro de Chiapas.....	75
9. Aporte de minerales a la dieta del ganado (mg/animal/d)...	79
10. Efecto de la suplementación con sal común o sal mineral sobre el peso vivo y ganancia de peso en vaquillas bajo pastoreo en la zona Centro de Chiapas.....	82
11. Efecto de la suplementación con sal común o sal mineral sobre el peso vivo en vaquillas bajo pastoreo por época en la zona Centro de Chiapas.....	82
12. Efecto de la suplementación con sal común o sal mineral sobre la calificación de la Condición Corporal en vaquillas bajo pastoreo en la zona Centro de Chiapas...	86
13. Efecto de la suplementación con sal común o sal mineral en vaquillas bajo pastoreo sobre la presencia de celo, tiempo de respuesta a la inyección de prostaglandina y duración del celo.....	89

INDICE DE FIGURAS

Figura No.	Página
1. Consumo de sal común y sal mineralizada por vaquillas bajo pastoreo en el Centro de Chiapas a lo largo del año.....	76
2. Efecto de la suplementación con sal común o sal mineral sobre el peso vivo de vaquillas bajo pastoreo en la zona Centro de Chiapas.....	83
3. Efecto de la suplementación de sal común o sal mineral sobre la calificación de la condición corporal en vaquillas bajo pastoreo en el Centro de Chiapas.....	87

INDICE DE APENDICE

Cuadro No.	Página
14. Digestibilidad, proteína cruda y concentración de minerales en el forraje ofrecido y del forraje seleccionado durante el experimento.....	117
15. Concentración de minerales en el suelo de las praderas utilizadas en el experimento de suplementación...	118
16. Contenido de minerales y pH en el agua de bebida provenientes de Jaguey y Pozo.....	119
17. Forraje ofrecido y sus componente morfológicos.....	120

ABREVIATURAS UTILIZADAS

Ca	Calcio
P	Fósforo
Mg	Magnesio
Na	Sodio
K	Potasio
S	Azufre
Cl	Cloro
Mn	Manganeso
Fe	Fierro
Zn	Zinc
Cu	Cobre
F	Fluor
I	Iodo
Co	Cobalto
Se	Selenio
Al	Aluminio
NRC	National Research Council
MS	Materia Seca
DMS	Digestibilidad de la Materia Seca
Ha	hectárea
GDP	Ganancia de peso
Kg	Kilogramo
g	Gramo
mg	Miligramo
mcg	Microgramo
ppm	Parte por millón
mm	Milímetro
l	Litro
ml	Mililitro
ug/ml	Microgramo por mililitro
meq	Miliequivalente
%	Por ciento
-1	por, entre
LaCl	Cloruro de lantano
<u>et al</u>	y colaboradores
EDTA	Acido Etilen Diamino Tetracético
pH	Antilogaritmo de la concentración de iones hidrógeno

**SUPLEMENTACION MINERAL A VAQUILLAS BAJO PASTOREO
EN LA ZONA CENTRO DE CHIAPAS.**

René Pinto Ruiz, Maestro en Ciencias en Producción Animal

Universidad Autónoma Chapingo, 1995

Director de Tesis: Germán Méndez Eguía-Liz, M. en C.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de la suplementación mineral sobre el comportamiento productivo de vaquillas bajo pastoreo en la zona Central de Chiapas. Se utilizaron 28 vaquillas, distribuidas en dos tratamientos: T1= suplementadas con sal común y T2= suplementadas con sal mineral; la suplementación fue a libre acceso durante 365 días. Se determinó a través del año las concentraciones de Ca, P, Mg, K, Na, Cu y Zn en muestras de suelo, forraje seleccionado, agua de bebida, suplemento mineral y suero sanguíneo, consumo del suplemento, ganancia de peso, condición corporal y fertilidad para cada grupo. La suplementación mineral tendió a aumentar la proporción de animales clasificados como deficientes para Ca, Mg y Cu sanguíneo, mejorándola con respecto a P sin eliminarla en su totalidad, a pesar de que el consumo total de minerales vía forraje, agua y suplemento fue igual o mayor a los requerimientos de los animales. El consumo anual promedio del suplemento fue de 30 g/animal/d para la sal común y 26 g/animal/d para la sal mineral. No se encontraron diferencias estadísticas ($P>0.10$) entre tratamientos (sal común vs sal mineral) en ganancia de peso (387 vs 396

g/animal/día), Condición corporal (5.8 vs 6.0, en escala del 1 al 9)) y fertilidad (78 vs 78%). La falta de respuesta a la suplementación mineral en términos de producción podría ser debida a la baja calidad y disponibilidad del forraje durante el experimento.

(Palabras claves: Suplementación, Minerales, Bovinos, Pastoreo, Chiapas)

1. INTRODUCCION

La nutrición mineral del ganado bovino en pastoreo comenzó a cobrar importancia a partir de los descubrimientos de Theiler y colaboradores en 1924, en donde se demostró que la producción lechera y el porcentaje de pariciones de los bovinos eran drásticamente reducidas por falta de fósforo. Más adelante, McDowell y colaboradores demostraron durante la década de los 70's y los 80's, que en América del Sur existen desbalances en la nutrición mineral del ganado, que al ser corregidos mediante una adecuada suplementación, la productividad era mejorada. Para las áreas tropicales de México, existe información de niveles limitantes o inadecuados de minerales en suelo, forraje y/o suero sanguíneo de animales en pastoreo. En el caso de Chiapas, se han reportado deficiencias de fósforo, cobre y zinc en los pastos de la zona Norte (García, 1980), desbalances de calcio y fósforo y deficiencias moderadas de manganeso, hierro, cobre y zinc en los animales de la zona Centro (García y Lazarín, 1992), así como también serias deficiencias de cobre y fósforo y moderadas de zinc para los animales de la zona Costera (Gonzáles y Juárez, 1993).

Actualmente, es reconocido que un desbalance en la nutrición mineral del ganado afecta en cuatro formas distintas: disminuyendo los ritmos de crecimiento, la producción láctea, la fertilidad y de incrementar la incidencia y severidad de las enfermedades (Miller, 1985; Minson, 1990). Por otro lado, la corrección de estas deficiencias a través del uso de suplementos adecuados, representa una alternativa para incrementar la rentabilidad de las

explotaciones pecuarias, esto se debe a que por su cantidad, niveles de consumo por el animal y costo, no representa mayores egresos para la unidad de producción (Huerta, 1993^a). Se conoce que no existe ningún alimento completo que aporte todas las cantidades de nutrientes requeridos por el ganado (energía, proteína, vitaminas y minerales). Por tanto, éstos deberán ser suplementados en la dieta de los animales en las proporciones adecuadas, según sea el caso.

Por lo anterior, el presente trabajo se planteó con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación mineral sobre el estado mineral y el comportamiento productivo de vaquillas bajo pastoreo en la zona centro del Estado de Chiapas.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Nutrición de rumiantes en pastoreo

La sobrevivencia, crecimiento y producción de los animales en pastoreo dependen de la cantidad de nutrientes proporcionados por las plantas forrajeras que componen el pastizal, de su composición botánica, de la variación que sufren a través del año, del tipo de animales, de sus hábitos de pastoreo, de sus requerimientos nutricionales y de las interacciones entre animales y plantas forrajeras (Van Soest, 1982). En este contexto, los animales en libre pastoreo responden directamente a las condiciones del medio ambiente en el que se desarrollan y expresan sus preferencias y hábitos en una forma en que difícilmente lo podrían hacer bajo condiciones restringidas (Williams, 1988).

Los requerimientos nutritivos del ganado en pastoreo son difíciles de estimar, porque pueden ser alterados por la actividad del pastoreo, de caminar en busca de alimentos, el estrés ambiental, la topografía, el suelo, las enfermedades y las prácticas de manejo realizadas por el ganadero (Huerta, 1993^a).

Sin embargo, el factor más crítico para determinar los requerimientos nutricionales de un rumiante en pastoreo es conocer cuánto consumirá voluntariamente, lo cual tiene una influencia fundamental sobre el desempeño animal y se ve afectado por factores

clasificados como nutricionales y no nutricionales (Poppi, 1987). Así, si un animal pudiera comer lo suficiente, podría satisfacer sus requerimientos con forrajes de baja calidad, pero el consumo total está limitado por factores físicos del animal, fisiológicos de la planta y el animal y por estrategias de manejo de la interacción planta-animal (Baile, 1975; Allison, 1985; Allison et al., 1982; Chacón et al., 1986).

Estos factores, aunados a problemas de calidad y disponibilidad de los forrajes relacionados con el medio ambiente, producen diversos desórdenes nutricionales incluyendo deficiencias, toxicidades o desbalances, que inhiben severamente la producción bovina en pastoreo en muchas partes del mundo (Blanco, 1991). Se ha observado que de un año a otro existe una variación en la producción de forrajes entre 50 y 400%, y como la carga animal es constante, la disponibilidad de nutrientes por unidad animal es errática e impredecible. Es decir, el principal problema de estudios de nutrición de rumiantes en pastoreo es el cambio constante que están sufriendo los pastizales lo que hace necesario evaluar los efectos de estos cambios y la respuesta de los animales a los mismos (Allden, 1981). Por tanto, la productividad animal y el rendimiento del forraje dependen de un manejo hábil de la pastura y del animal que pastorea. El rendimiento por animal, sin tomar en cuenta su potencial genético, está relacionado directamente con el uso eficaz de ciertos recursos como: selección de gramíneas y leguminosas, mantenimiento de las pasturas, tipo del

animal, selección de los sistemas de pastoreo, intensidad de pastoreo y uso de suplementos (Crowder, 1985).

2.2 Suplementación de rumiantes en pastoreo

Ruiz (1983) establece que la suplementación es por definición aquella que se ofrece a animales en pastoreo en respuesta a un faltante de pasto o aquella que se ofrece en busca de subsanar una deficiencia nutricional específica.

La mayor parte de los bovinos del mundo se mantienen bajo sistemas de producción basados en el pastoreo directo de praderas nativas o cultivadas y sometidas a distintas condiciones climatológicas. Bajo estos sistemas, la productividad animal es relativamente baja y refleja la utilización mínima de insumos. De tal forma, que para disminuir parcialmente el efecto de la variación estacional sobre la producción, los productores se han visto obligados a modificar sus sistemas de producción recurriendo al uso de suplementos (Riquelme, 1987). Sin embargo, Gutiérrez (1990) y Huerta (1993)^a indican algunas otras alternativas a la suplementación para corregir deficiencias en animales bajo estas condiciones, tales como: utilización de especies forrajeras más apropiadas, utilización de riego, mejores prácticas de manejo de la pastura y animales, fertilización, conservación de forrajes y agrupación de animales por tipo y estado fisiológico. Pero debe tomarse en cuenta que el concepto de suplementación es complejo e

involucra una serie de relaciones entre animales, forrajes, medio ambiente climático y manejo (Gutiérrez, 1990; Huerta, 1993^a).

Por tanto, las necesidades de suplementación surgen cuando se está conciente de que existen desequilibrios cualitativos, cuantitativos o ambos entre lo que el animal consume y sus requerimientos, lo cual impide que éste pueda expresar su potencial genético. Además, antes de suplementar es necesario conocer el tipo y origen de las deficiencias para establecer qué nutriente suplir, ya que puede afectarse la digestibilidad, el consumo o la eficiencia de utilización de los alimentos a través de los efectos aditivos o sustitutivos de la suplementación (Lusby et al., 1976; Pfer et al., 1978; Riquelme, 1987), la cantidad, la cual debe de establecerse en función de la relación beneficio-costos y el cómo dependerá de los sistemas de manejo e infraestructura disponible (Bellows y thomas, 1976; Parisi et al., 1985). Así mismo, Huerta (1993)^a señala que el incremento en los beneficios económicos es el criterio fundamental para decidir la suplementación.

2.2.1 Objetivos de la suplementación

Con la suplementación, los objetivos perseguidos son los siguientes:

- a) Corregir las deficiencias nutricionales de los animales, durante ciertas épocas del año.

- b) Aumentar la producción en base a: menor porcentaje de mortalidad, mayor porcentaje de pariciones, mayor peso al destete, mayor producción de leche y menor edad a la pubertad.
- c) Aumentar los beneficios económicos, a partir de análisis de rentabilidad, lo cual a la vez, será dependiente del marco y restricción económica de cada lugar, siendo el criterio fundamental para decidir la suplementación.
- d) Conservación del recurso natural, ya que la suplementación contribuye a evitar el sobrepastoreo y a utilizar en una forma racional el pastizal (Ruiz, 1983; García y García, 1988; Gutiérrez, 1990; Huerta, 1993^a).

2.2.2 Respuesta productiva a la suplementación

Huerta (1993)^a concluye que las respuestas a la suplementación puede ser más rentables cuando se incluyen minerales o proteína, siempre y cuando éstos sean deficientes en el forraje que el animal consume. Butteworth (1971), Leaver *et al.* (1968), Rodríguez (1972), García (1979), García (1989) y Huerta (1993^a), coinciden en señalar que la respuesta a la suplementación de energía es de poca magnitud o antieconómica, por lo que la mejor opción para incrementar la producción animal es mejorar el valor energético de los forrajes. Aunque Golding *et al.* (1976) encontraron respuestas positivas a la suplementación energética cuando ésta se suministró a animales que consumieron dietas altas en fibra.

Combellas y Natas (1992) indican que el uso de suplementos ha sido poco evaluado en América Latina, con experimentos de corta duración, donde se han observado efectos pequeños sobre la producción de leche y crecimiento. Por lo que se requiere generar más información sobre la suplementación estratégica en épocas críticas y en experimentos de larga duración.

2.3 Suplementación mineral

Los factores principales que limitan la producción en pastoreo son: bajo contenido de proteína en los forrajes (Ellis et al., 1987), bajo consumo de energía debido a un alto contenido de fibra de los forrajes (Bull, 1976) y a desbalances minerales (McDowell et al., 1984). Para el ganado en pastoreo sin suplementación alguna, la proteína y energía son proporcionados exclusivamente por las pasturas; en tanto, los minerales son derivados principalmente del forraje y en menor grado del suelo y del agua (McDowell, 1985)*.

Sin embargo, algunas regiones, principalmente las tropicales, presentan desbalances minerales (deficiencias o excesos) en suelo y forrajes por lo que no satisfacen los requerimientos minerales, además de que a menudo el ganado en pastoreo no recibe suplementación mineral, excepto sal común ocasionalmente, lo que trae consigo una baja producción y problemas reproductivos. Por tanto, es necesario proveer estos elementos como suplementos

minerales dietéticos con el objeto de promover una producción más eficiente y rentable (McDowell, 1985)^b.

Los minerales son parte esencial de la dieta de todos los animales. Algunos minerales se requieren en cantidades relevantes conocidos como Macrominerales, otros se requieren en cantidades trazas, llamándose Microminerales. Sin embargo, aunque éstos últimos son requeridos en pequeñas cantidades, deben ser añadidos como suplementos a las dietas para promover una máxima producción del ganado (Underwood, 1981; McDowell *et al.*, 1983; Ammerman y Henry, 1987).

El uso de mezclas minerales constituye la forma más práctica empleada para satisfacer las necesidades minerales, basándose en el supuesto de que los animales instintivamente ingieren los minerales que necesitan y en la cantidad suficiente (Bavera y Bocco, 1987). Aunque Pamp *et al.* (1976) y NRC (1984) señalan que aparentemente los animales no tienen habilidad para discernir sus necesidades minerales. El método más frecuentemente empleado para corregir desbalances minerales a ganado en pastoreo es proporcionar a libre acceso una mezcla completa en minerales. Una mezcla mineral contendrá usualmente sal (NaCl), un compuesto que proporcione fósforo y el 50% de de los minerales traza que demanda el animal. Otros minerales como el Mg y S pueden ser agregados bajo ciertas condiciones.

Los animales estabulados, son alimentados por lo general, con concentrados, sin embargo, con ellos no se asegura que recibirán los minerales requeridos en las cantidades adecuadas, por lo que el uso de una mezcla mineral completa es recomendable (García, 1994). Al igual, para ganado en pastoreo en donde los alimentos concentrados no son económicamente rentables, es necesario contar con un suplemento mineral (McDowell, 1985)^c.

Por su parte, Underwood (1981) indicó que las cantidades y proporciones de minerales suplementados a través de mezclas dependen de la naturaleza, grado de deficiencia y forma e intensidad de producción. Además, la provisión de mezclas minerales palatables conteniendo las proporciones apropiadas del elemento deficiente es la forma más práctica, barata y común de corregir deficiencias en muchas regiones del mundo. Se ha reportado que la suplementación completa de sales minerales con elementos trazas de manera que los animales consuman voluntariamente, es un seguro de bajo costo contra las deficiencias ya que se han encontrado beneficios en costos de 20:1.

Sobre suplementación mineral se reporta lo siguiente: En la zona Caribeña de Colombia, el 66% de las fincas muestreadas proveían sales minerales al ganado, 30% solo suplementaban sal común y el 4% restante no proveían ninguna clase de suplemento mineral. Miles y McDowell (1983) reportan que cerca del 50-80% del ganado de los Llanos de Colombia no reciben ningún suplemento

mineral. Así mismo, las fincas de las costas de Bolivia y de la parte Sur del mismo país suplementaban sal mineralizada en un 81 y 57%, respectivamente (Fick et al., 1976).

Por otro lado, la sal común se usa extensivamente como única fuente de minerales en muchos países tropicales y por su buena palatabilidad es utilizada como un portador de minerales (McDowell et al., 1984).

2.3.1 Factores que influyen en los requerimientos minerales

Son varios los factores que influyen en el requerimiento mineral del animal, entre ellos:

a) Especie animal (Mejía, 1994). Por ejemplo, las necesidades de P en bovinos son superiores a las de ovinos.

b) Raza (Miller, 1979; Jerez, 1982; McDowell et al., 1985). Las vacas productoras de leche necesitan más Ca, P y Na que las productoras de carne, ya que las primeras excretan cantidades significativas de minerales en leche. La variación marcada dentro de razas de los rumiantes en la eficiencia de absorción mineral en la dieta ha sido reportado de 5-35% para Mg, 40-80% para P y 2-10% para Cu (Underwood, 1981).

obtener el nivel de mejor respuesta (Wang y Fuller, 1989 y 1990). Los criterios de respuesta utilizados han sido principalmente los de producción, y algunos aspectos metabólicos, como se observa en el cuadro 1. Los resultados varían mucho, dependiendo del criterio que se utilice (Baker, 1986; Tanksley et al., 1988; Easter, 1992; Baker, 1993), observándose que no pueden medirse varias características en el mismo experimento, porque los resultados cambian de acuerdo a cuánto y qué se mida.

El requerimiento que se establece al utilizar la ganancia de peso (GDP) como criterio de respuesta, es diferente al que se obtiene cuando se utiliza la eficiencia alimenticia (EF) o la calidad de la canal (NRC, 1988; Lewis, 1992). Lo anterior se debe principalmente a que las características de producción son altamente variables, por lo que requieren un gran número de animales o unidades experimentales y el control estricto de muchos factores, principalmente ambientales. Lewis (1992) indicó que con la EF se estiman requerimientos mayores que con la GDP, y que para la obtención de canales magras el requerimiento que se estima también es mayor. Mencionó que esta dificultad puede evitarse con el uso de un índice que combine varios aspectos productivos, pero los coeficientes utilizados en un índice dependen de situaciones económicas cambiantes (Lewis, 1992). Esto se puede apreciar en el cuadro 1,

formados. Así también, el ganado introducido a un área tropical puede mostrar signos de deficiencia, debido a pérdidas de minerales en sudor, saliva y mucus de la boca, sobre todo en trópicos secos.

2.4 Fuentes minerales

Bajo condiciones de pastoreo, el ganado cuenta con tres fuentes de minerales: el forraje, suelo y agua. Usualmente el forraje aporta la mayoría de los elementos en mayor proporción. El aporte mineral del agua puede o no contribuir significativamente a los requerimientos del animal; mientras que la ingestión accidental o voluntaria de suelo pueden contribuir con cantidades apreciables de elementos minerales (Underwood, 1981; McDowell, 1985*).

2.4.1 El forraje

La solución del suelo proporciona a la planta N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mo, Fe, Mn, B y Cl esenciales para su desarrollo, permitiendo satisfacer sus necesidades y en la mayoría de los casos la de los animales. Las plantas también retiran del suelo otros elementos como Se, Co, I, elementos esenciales para los rumiantes (Wolkweiss y Rodríguez, 1978)

Sin embargo, la literatura indica que muchos de los forrajes de varios países de América Latina presentan niveles deficientes y marginales para ciertos elementos. Así, de 2615 forrajes evaluados,

el 43% fue deficiente en Co, el 43% en Cu, el 35% en Mg, el 73% en P, el 60% en Na y el 75% en Zn (McDowell et al., 1978), lo que demuestra la incapacidad de los forrajes tropicales de satisfacer los requerimientos de los animales en pastoreo (McDowell, 1977; Underwood, 1981).

Las concentraciones de minerales en forrajes dependerán de la interacción de varios factores, entre los cuales se incluye el suelo, especie de la planta, madurez, rendimiento, manejo de la pastura y clima (McDowell, 1984; Gomide y Zometa, 1978; Underwood, 1981; McDowell, 1985^b). Por tanto, estos factores son los que establecen la capacidad del alimento para cubrir los requerimientos del animal en forma adecuada.

Edad de la planta. Los niveles de N, P, K, Mg, Na, Cl, Cu, Co, Se y Mo, disminuyen a medida que la planta madura, mientras que Ca, Mg, Zn y Fe son relativamente estáticos. Este efecto se da por un proceso de dilución de estos nutrientes en la materia seca (MS), traslado de nutrientes a la raíz, disminución de la capacidad de la planta para absorber nutrientes del suelo y a la variación en la proporción hoja:tallo (Gomide y Zometa, 1978). Las concentraciones de Fe, I y Mg no tienden a experimentar fluctuaciones de una manera clara en la fase de crecimiento vegetal (Underwood, 1981)

El suelo. El suelo es la fuente de todos los elementos minerales encontrados en las plantas, por tanto, la composición mineral de los vegetales reflejan en cierto grado, la naturaleza del terreno donde fueron cultivados. La capacidad del suelo para suplir minerales a las plantas depende de: origen del material madre del suelo, el pH del suelo, la textura y el estado de crecimiento. Así, formaciones geológicas jóvenes y alcalinas contienen una mayor cantidad de elementos menores que las formaciones viejas y ácidas. A medida que el pH del suelo se incrementa, la disponibilidad y absorción del Fe, Mn, Zn, Cu y Co del forraje disminuye mientras que el Mo y Se se incrementa (Conrad y Avila, 1978).

Diferencias entre especies y variedades. Se han encontrado diferencias en concentración de minerales en géneros, especies o variedades de plantas forrajeras creciendo en suelos similares. Se han reportado concentraciones de Co que van de 0.05 a 0.14, de Cu de 4.5 a 21.1 y Mg de 96 a 815 ppm en 17 especies de pastos creciendo en el mismo tipo de suelo y cuando la toma de muestras se realizaron al mismo tiempo (Conrad y Avila, 1978). Las leguminosas son más ricas en N, Ca, Mg (Gomide y Zometa, 1978), Cu, Zn, Mo y Co (McDowell, 1985^b) que las gramíneas, mientras que lo contrario sucede con el Se y Mn. Además, algunas especies vegetales son capaces de acumular elevadas concentraciones de minerales específicos, muchas veces superior a las de otras especies (Underwood, 1981).

Clima. La Luz, la temperatura y las lluvias pueden justificar ciertas variaciones en la composición química de los forrajes durante el año reflejándose en rendimiento y madurez de éstos (Van Soest, 1978).

Manejo y Rendimiento. En praderas con más de una especie, la presión de pastoreo influirá radicalmente a la especie predominante y cambiará su relación hoja:tallo, resultando que el contenido mineral de la planta también sea afectado. Incrementando el rendimiento de forraje por unidad de superficie se extraen más rápido los minerales del suelo, de modo que a mayor producción de forraje existen más posibilidades de deficiencias minerales por agotamiento mineral del suelo (Conrad y Avila, 1978; McDowell et al., 1984).

2.4.2 El suelo

Los reportes sobre ingestión de suelo por ganado en pastoreo involucra sistemas de manejo en donde los animales reciben pasturas como la mayor o única fuente de alimento. Esto indica que la ingestión del suelo está estrictamente asociada con el pastoreo (Fries et al., 1981). Sin embargo, el mismo autor en experimentos con animales confinados indica que la ingestión de suelo es un proceso activo y no justamente un proceso pasivo asociado con el pastoreo.

Los consumos apreciables de suelo, pueden dar lugar a un consumo mayor de ciertos elementos con respecto al forraje; así, la ingestión de Cu vía suelo puede ser más de 10 veces que el consumo vía forraje, pueden existir ingestiones más altas de Co y I ya que los suelos contienen concentraciones mayores que las plantas, pero también puede resultar en consumos de elementos tóxicos por el animal (McDowell, 1985^b). García et al. (1985) encontraron que la adición de tierra a la dieta de ovinos afectó la absorción y deposición de algunos minerales principalmente Ca, P, Mg y Fe. También, Valdivia y Ammerman (1979) indican que un alto contenido de Al y Fe en el suelo ingerido afectan negativamente procesos fisiológicos del animal.

La importancia de la ingestión de suelo como fuente de minerales depende de la cantidad de suelo ingerido, de la relación de la concentración mineral en el suelo y del forraje, y de la habilidad del rumiante para solubilizar y absorber los minerales derivados del suelo (Mayland et al., 1975). Además, la ingestión de suelo está relacionada con la disponibilidad de forraje, altura de pastoreo y plantas con raíces superficiales, drenaje pobre, estructura débil, alta carga animal y población alta de lombrices (McDowell, 1985^b).

Healy et al. (1967) reportaron ingestiones promedios de suelo de 0.25 y 1.25 kg suelo animal⁻¹ día⁻¹ en ovinos y vacas lecheras respectivamente. Healy (1968) utilizando Titanio como indicador

midió el consumo de suelo en vacas lecheras a través del año. El consumo promedio representó un 4-8% del consumo de materia seca (CMS). La ingestión de suelo no fue uniforme a través del año, los rangos variaron del 2% del CMS en estaciones de mayor crecimiento del pasto al 14% en estaciones de pobre crecimiento. Mayland et al. (1975) reportaron ingestiones de suelo en ganado de carne de 0.1 a 1.5 kg día⁻¹ en zonas áridas, indicando que la ingestión puede reducirse cuando la pastura se suplemente con otros alimentos.

Por otro lado, Fries et al. (1981) reportaron consumo de suelo en vacas lecheras en diferentes sistemas de producción de 0.14 a 0.53% del CMS en las confinadas en concreto, 0.35 a 0.64% del CMS para las confinadas en establos con camas de suelo y de 0.6 a 0.96% del CMS para aquellas con acceso a lotes sin pavimentar y sin vegetación. Los mismos autores reportan ingestiones de suelo como porcentaje del CMS en vaquillas y vacas secas de 0.52 a 0.81 para las confinadas en concreto, de 0.25 a 2.41 para aquellas con acceso a lotes sin pavimento y sin vegetación, de 1.56 a 3.77 a aquellas con acceso a lotes sin pavimentación y con vegetación esparcida y 1.38 a 2.43 para aquellas con pastura pero recibiendo alimento suplementario. Según McDowell (1985^b) el suelo ingerido por día en bovinos varía de 0.9 a 1.6 kg cabeza⁻¹.

2.4.3 El agua

El agua, aún cuando es consumida en cantidades muy variables y sin llegar a cubrir los requerimientos del animal contiene todos los elementos minerales esenciales para éste (Shirley y Montesinos, 1978). Shirley (1985) calculó que el agua de bebida podría cubrir el 19% de NaCl que requieren las vacas lecheras, del 5 a 8% de Ca, del 4 a 11% de Mg, del 20 a 45% de S, 1% del P, 1% del K, 2% del Zn, 2% de Cu, 1% del Fe, 12% del Co, 6% del Mn y 1% del Se. Cuando el agua tiene un alto contenido de sales, los consumos de Cl y Na son elevados, además, el consumo de aguas duras ocasiona una ingestión alta de Ca o Mg o ambos.

2.5 Interrelación suelo-planta-animal

Los problemas nutricionales de minerales que giran en torno a la relación existente entre suelo-planta-animal, pueden ser causados por niveles deficientes o tóxicos de un mineral o por complejas interacciones entre las concentraciones de los minerales presentes en el suelo, en plantas y en animales, aunados a la existencia de factores accesorios que pueden alterar las necesidades o la eficiencia de utilización de estos elementos presentes en la dieta (Georgievskii, 1982). Debe considerarse siempre, que cualquiera de las complejas interrelaciones involucrando suelo, planta y animal pueden resultar por la

interacción entre macro y microminerales, así como entre sólo los minerales trazas (García, 1994).

El tipo de suelo encontrado en cualquier localidad dependerá del tipo de roca madre, del clima, del tiempo expuesto al clima, de la vegetación, topografía y la cantidad de oxígeno, así como del movimiento del agua y a la velocidad a la que el material es removido por erosión y a la actividad de insectos, animales y humanos (Alloway, 1986).

De acuerdo a esto, IBSRAM (1987) citado por García (1993) reporta que dos tercios de los suelos tropicales en Latinoamérica son bajos en nutrientes y tóxicos en Al y alrededor de la mitad tienen una capacidad alta de fijación de P, elemento limitante en la producción de carne y leche en los trópicos. Esta presencia o detección de un mineral en suelo no es representativo de su disponibilidad para la planta ni para el animal.

Se ha determinado la individualidad de los componentes suelo-planta-animal, pues un elemento indispensable para algún componente no es necesario para otros, como es el caso del Boro en las plantas (Georgievskii, 1982). Es importante considerar que las concentraciones de elementos en las plantas no reflejan la concentración de las formas solubles y sólidos poco disponibles de estos elementos en el suelo, debido a que la absorción en la planta

es selectiva, con transporte activo a través de diferentes mecanismos para los diversos elementos (Alloway, 1986).

Por tanto, al investigarse la relación mineral presente en suelo-planta-animal, se obtienen resultados no muy claros, ni consistentes. Mtimuni et al. (1990) estudiaron la relación de Ca y P en suelo-planta-animal en Malawi, encontrando que sólo Ca y P en suelo estaban correlacionados y que no presentaban asociación alguna con los valores existentes en suero.

Correlaciones bajas e incluso negativas entre suelo y planta han sido reportadas (Conrad et al., 1985; McDowell et al., 1982; Tejada et al., 1985; Mtimuni et al., 1990). Esta falta de interrelaciones puede ser causada por el agua y suelo como fuentes directas de minerales (Healy, 1978) y su efecto en el metabolismo animal (García et al., 1988), fallas en la toma de muestras en suelo, forraje, técnicas de análisis de minerales del suelo no representativos, estandarización durante la toma, transporte y análisis de muestras de tejidos de los animales.

2.6 Detección de deficiencia minerales

La detección de deficiencias o excesos de un elemento determinado, involucra criterios clínicos, patológicos y/o analíticos, como también la respuesta a la suplementación de elementos específicos. El uso de diversos criterios es porque la

mayoría de los desequilibrios minerales, especialmente en condiciones marginales, no presentan manifestaciones patológicas de falta o exceso de algún mineral, por lo que muchas veces es necesario análisis químicos y ensayos biológicos (Conrad et al., 1985).

Signos clínicos y patológicos. Este tipo de observaciones no son muy confiables, ya que pueden confundirse con problemas derivados de inadecuada energía, proteína o vitaminas, parasitismo o consumo de plantas tóxicas. Sin embargo, signos más específicos tales como el bocio por deficiencia de I (Miller et al., 1972), pelambre rústico o dermatitis (McDowell et al., 1978) o despigmentación y pérdida de pelo o lana (Coelho da Silva y Chaves, 1978) pueden ser indicadores más útiles.

Análisis de agua, suelo y forraje. Todas las plantas dependen del suelo para suministrar minerales a los rumiantes (Conrad y Avila, 1978), pero los análisis que determinan formas minerales disponibles en suelo son difíciles de interpretar y no son confiables por muchos factores que afectan el paso de un mineral del suelo al animal (Conrad et al., 1980). Las interacciones entre suelo-planta-animal son complejas, por lo que el análisis químico de éstos debe de realizarse de manera integral complementandose con diagnósticos clínicos y patológicos (Underwood, 1977). Se han reportado diversos trabajos basados en estos análisis (Velásquez y Mata, 1979; Peducasse et al., 1979;

Mejía y Maltos, 1985; Knebush et al., 1988; Ordoñez et al., 1989; Mtimuni et al., 1990; Bribiesca et al., 1992; Fernández y Juárez, 1993; García y Lazarín, 1992; López, 1992; Gonzáles y Juárez, 1993).

El análisis del agua es más utilizado para determinar toxicidad potencial de algunos minerales (Shirley y Montesinos, 1978; Shirley, 1985). La composición del suelo es útil, pero el hecho de que éste sea alto en algún mineral no asegura su disponibilidad para la planta. Al igual, aún cuando el contenido mineral sea alto en la planta, no indica que pueda ser utilizado completamente por el animal (Ammerman y Henry, 1987).

Los análisis minerales del forraje consumido en pastoreo son básicos para el diagnóstico del estado mineral de éstos, pero deben considerarse desventajas tales como:

- a) Diferencias en concentración mineral en la planta debido a factores genéticos, tipo de suelo donde ésta crece, clima y estado de madurez.
- b) Dificultad para estimar el consumo del forraje y su digestibilidad.
- c) Contaminación de las muestras con suelo.
- d) Problemas para obtener muestras representativas de lo que el animal consume (Salih et al., 1985).

Algunas otras investigaciones son aportadas por Oberly y Naphun (1980), Rivas et al. (1984), Torreblanca et al. (1985) y Hernández (1992).

Sin embargo, estos análisis son preferibles a los de suelo (Conrad y Avila, 1978). Muchos investigadores han observado diferencia entre épocas en la concentración de minerales en forraje (Barradas, 1980; García et al., 1982; Murillo et al., 1989; Moruá y Hurtado, 1990 y Hernández, 1992). Por su lado, Bauer et al. (1979)^b establecieron que los forrajes contienen menos minerales en secas por lo que se pensaría que el ganado pastoreando en esta época sufre deficiencias, pero, otros investigadores demuestran que las deficiencias son más frecuentes en lluvias (McDowell, 1985^a).

Exámen de tejidos y fluídos. Estudios en tejidos animales como sangre, hígado y hueso han sido utilizadas como indicadores más reales de la concentración mineral de ciertos elementos y más precisos para evaluar la contribución de la dieta total en satisfacer los requerimientos minerales del ganado (Perla y Silva, 1977; Bauer et al., 1979^a; Flores et al., 1979; Gonzáles et al., 1981; Gonzáles et al., 1988^a; García et al., 1982; Mbwiria et al., 1986; Fajardo, 1989; Rodríguez et al., 1987).

Conrad et al. (1985) mencionan que el hígado es útil para evaluar Co, Cu, Fe, Mn, I, Se y Zn. Debido a limitaciones serias de P sanguíneo y suero, se sugiere evaluar la concentración de P en

hueso, también en este tejido se recomienda evaluar Ca y F. En sangre puede medirse Mg, K, Cu, Fe, Zn y Se. Otros autores opinan que el análisis de tejido no es indicativo del estado mineral, ya que factores genéticos, fisiológicos, de lactación, edad, estación del año, color del pelo, localización, anatomía del mismo y estado de salud lo influyen (Maugh, 1978).

Por otro lado, aunque varios laboratorios llevan a cabo análisis de pelo y hacen recomendaciones dietéticas para el ganado en pastoreo basados en éstos, su utilización es controversial por los factores que lo afectan: estación del año, raza, color, edad y localización corporal (O'Mary et al., 1969; Combs et al., 1982; Payan et al., 1983). Payan et al. (1983) encontraron que el análisis de pelo indica falta de uniformidad en el contenido mineral y los niveles minerales no son representativos de los consumido por el animal excepto para el Cu.

2.7 Corrección de deficiencias minerales

Una forma más común y fácil de recuperar el nivel adecuado de un mineral en el animal es mediante el uso de sales minerales, no obstante, en la suplementación aún existen limitantes por resolver.

Las cantidades y proporciones de minerales suplementarios que se incorporan dependen de la naturaleza y grado de deficiencia, así como de la modalidad e intensidad de la producción. En explotaciones intensivas, los alimentos contienen los minerales precisos en cantidades apropiadas y con amplio margen de seguridad, pero muchas veces pueden contener minerales cuya suplementación no es necesaria, en condiciones menos intensivas, solamente pueden adicionarse aquellos minerales cuya necesidad sea conocida y puedan calcularse las cantidades y proporciones a suministrar de modo que se adapten a la situación local (Underwood, 1981).

En el caso del ganado manejado en sistemas extensivos, característicos de regiones tropicales (McDowell, 1985^a) y en el que la alimentación resulta escasa, la mejor manera para corregir deficiencias minerales consiste en la provisión de minerales apropiados. Pero muchas veces este ganado no recibe ninguna suplementación mineral más que la sal común. Esta práctica es realizada desde hace aproximadamente 2000 años y su mantenimiento se fundamenta en la avidez general con la cual el ganado la consume, ello se debe a un apetito específico en rumiantes más que a una necesidad de su suplementación; aunque se ha demostrado su deficiencia en ganado lechero en algunas partes del mundo (Denton, 1967), por lo que el problema de corrección se complica.

2.7.1 Métodos de suministro de minerales

Los procedimientos de suministro de minerales para tratar de corregir el estado mineral en animales bajo pastoreo son clasificados en directos e indirectos, aunque pueden ser utilizados ambos al mismo tiempo. Su elección dependen de los diferentes elementos, condiciones climáticas, procedimientos de cría y circunstancias económicas (Underwood, 1981).

a) Métodos indirectos

Estos métodos incluyen el uso de fertilizantes que contengan minerales, cambios en el pH del suelo e introducción y promoción del crecimiento de especies forrajeras específicas (McDowell et al., 1984). El tratamiento de los suelos con fertilizantes o correctores presentan serios inconvenientes, debido a las complejas interrelaciones minerales entre el suelo y la pastura, a condiciones climáticas indeseables y a altos costos (Underwood, 1981). Así, los fertilizantes que contienen Co ejercen un efecto escaso sobre el contenido de Co en los pastos cultivados en terrenos calcáreos o fuertemente alcalinos, ya que en estas condiciones los vegetales utilizan mal el Co. La fertilización con P, K y ciertos minerales traza puede incrementar los niveles de estos elementos tanto en el suelo como en el forraje. Sin embargo, no es factible económicamente en algunos casos, ya que se necesita agregar cantidades elevadas de minerales al suelo para incrementar

los niveles de estos elementos en el forraje, por lo que la fertilización puede ser usada a niveles que optimicen la producción de materia seca de alta calidad sin considerar los requerimientos mínimos para este mineral por el animal (Ammerman y Henry, 1987).

Sin embargo, el tratamiento de los suelos con otros minerales deficientes como el Co y Se, que rara vez influyen sobre el rendimiento de los forrajes, también puede ser un procedimiento para asegurar que los animales ingieran cantidades adecuadas de éstos en las zonas deficientes en ellos (Underwood, 1981). Debe tenerse en cuenta que la fertilización puede ejercer efectos secundarios sobre la composición química de los pastos al modificar su composición botánica. Por ejemplo, las aplicaciones intensas de N pueden reducir el desarrollo de leguminosas, disminuyendo así el contenido de Ca en los pastos (op. cit.)

Por otro lado, el mismo autor ha revisado literatura al respecto concluyendo que diferentes géneros, especies o variedades de plantas forrajeras creciendo en el mismo suelo, presentan diferentes contenido mineral. Las hierbas y leguminosas tienen más Cu, Zn, Mo y Co que gramíneas, mientras lo contrario sucede con el Se y Mn (Conrad y Avila, 1978; McDowell, 1985^b). Un gran número de reportes han indicado que los incrementos del pH del suelo tienen influencia sobre la utilización de los minerales por parte del

forraje, causando de ese modo deficiencias potenciales de Cu, Co y excesos de Se y Mo (McDowell, 1985°).

Cuando las condiciones económicas y climáticas son favorables, la fertilización al suelo es más viable para incrementar el rendimiento y la composición mineral del pasto, ya que al lograr un mayor contenido mineral en los forrajes se asegura un consumo uniforme de minerales por el animal, al ingerir éstos mayores cantidades de minerales en el forraje consumido (McDowell et al., 1984)

b) Métodos directos

Los métodos directos de suministro de minerales al ganado pueden subdividirse en obligados y a libre acceso y son generalmente los métodos de suplementación más económicos (Bavera y Bocco, 1987).

Dentro de los obligados se tienen: a través del agua, en mezclas, dosis orales, preparaciones ruminales (comprimidos de Co y Se, agujas de óxido cúprico), inyecciones subcutáneas (Se, Cu, I y Fe) (Underwood, 1981). La administración oral de minerales tienen la ventaja de que todos los animales reciben cantidades conocidas de los minerales requeridos y con intervalos establecidos. Pero este tipo de tratamientos no es apropiado cuando los costos son elevados. La administración oral, con varios meses de intervalo, ha

demostrado ser eficaz con minerales como el Cu que se almacena en hígado. Esta frecuencia de tratamiento resulta costosa, pero puede superarse el problema mediante el uso de píldoras o balas que proporcionen el aporte continuo del elemento en cuestión, durante largos períodos e incluso de años, previniendo totalmente la deficiencia mineral. Otro método consiste en el empleo de compuestos orgánicos inyectables que se absorben lentamente y protegen a los animales durante largos periodos contra deficiencias del elemento inyectado, aunque son más caros que las soluciones suministradas por vía oral o mezclas minerales (Underwood, 1981).

Dentro de los suplementos de libre acceso tenemos a: mezclas, como pastas o bloques (Ammerman y Henry, 1987), sal de roca, mezclas minerales molidas con sal o molidas con granos (Bavera y Bocco, 1987). El método más utilizado por su facilidad y costo es el uso de mezclas minerales completas y con disponibilidad a libre acceso para el ganado (Cunha et al., 1964). Una mezcla mineral completa usualmente incluye: sal, fuente de P con bajo nivel de F, fuentes de Ca, Cu, Co, I, Mn y Zn. El Se, Mg, K, Se, Fe u otro deben ser incorporados si se sugiere la necesidad. El mayor problema de la mezcla mineral ofrecida a libre acceso es la variabilidad individual en el consumo de la misma (McDowell et al., 1984). Estas mezclas deberan ser ofrecidas al animal en comederos que las protegen del viento y lluvias, requieren de una supervisión continua para asegurarse que la mezcla esté limpia, fresca y que el consumo esté dentro de los límites razonables, ya

que el mayor problema con los suplementos ofrecidos a libre acceso es que no puede asegurarse el consumo suficiente por todos los animales o bien aún el consumo de cantidades excesivas (Ammerman y Henry, 1987).

Es importante mencionar que si las indicaciones del fabricante sugieren mezclar una proporción de la mezcla mineral con sal común, debe de respetarse dicha instrucción, ya que hay una tendencia a aumentar la dilución, con lo cual la mezcla mineral pierde efectividad, pudiendo llegar a ser totalmente ineficaz (Bavera y Bocco, 1987).

Otra ventaja de ofrecer los minerales a libre acceso es la posibilidad de incluir en la mezcla de 10 o más minerales a la vez, contra la práctica de proveer uno o varios minerales individuales. Se ha concluido que las vacas lecheras no consumen cantidades suficientes de minerales para mejorar sus requerimientos, influenciado principalmente tanto por su aceptabilidad como por apetito (Hutjen y Young, 1976; Muller et al., 1977).

2.8 Selección del suplemento mineral

Es frecuente encontrar una total desorientación entre los ganaderos en relación a qué sales minerales utilizar, frecuentemente deciden el empleo de una u otra mezcla sólo por la aparente ventaja de precios. Por otra parte, la omisión del

fabricante de estampar en el envase la fórmula cuali y cuantitativa de la mezcla que venderá o la comunicación de la fórmula en forma confusa, llevan a más desorientación (McDowell et al., 1984).

Flores et al. (1979) mencionan que generalmente en zonas donde existen carencias de ciertos minerales en los pastos, éstos no son corregidos adecuadamente por las mezclas minerales utilizadas, pero no existe otra forma práctica de tratar de satisfacer los requerimientos minerales de los animales. De acuerdo a esto, Cunha et al. (1964) recomienda que para asegurar una nutrición mineral adecuada y de bajo costo, el suplemento debe ser disponible a libre acceso y debe de incluir los siguientes elementos: sal común, Ca, Co, Cu, I, Mn, Zn y una fuente de P baja en Fluor. Para el Se, Mg, K, S o Fe pueden incorporarse siempre y cuando la información sugiera su necesidad. El mismo autor sugiere añadir al suplemento una cantidad de Cu de tres a cinco veces del nivel recomendado en regiones con forrajes altos en Mo para evitar toxicidad. Si se tiene la certeza o sospecha de deficiencia de algún elemento, se debe cubrir el 100% o más de los requerimientos del mismo, aunque para el resto de los minerales solo se cubra el 50% de los requerimientos.

Por su parte, McDowell et al. (1984) indican que la formulación de mezclas minerales a libre acceso para una zona determinada es factible si se realiza con base en análisis u otros datos disponibles, pero si se carece de información del estado

mineral de la región, el uso de una mezcla mineral completa y a libre acceso se garantiza siguiendo las recomendaciones del Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de un buen suplemento mineral (tomada de McDowell et al., 1984).

1. Un mínimo del 6 a 8% de P. En áreas donde los forrajes tienen concentraciones menores de 0.20% de P, los suplementos minerales deberán tener de 8 a 10% de P
 2. La relación Ca:P no debe ser mayor de 2:1.
 3. Debe tener una proporción significativa (50%) de los requerimientos de minerales traza Co, Cu, I, Mn y Zn. En zonas de conocida deficiencia debe suministrarse el 100% de éstos.
 4. Debe estar compuestos de sales minerales de alta calidad, los cuales suministran las formas biológicas disponibles del elemento mineral y un mínimo de sales minerales que contengan elementos tóxicos.
 5. Suficientemente palatable para asegurar un consumo adecuado con relación a los requerimientos.
 6. De tamaño de partícula aceptable para facilitar su mezclado
 7. Formulado para una determinada área, nivel de productividad del animal, ambiente donde será utilizada y que sea económico.
 8. Estar respaldado por un fabricante reputado con garantías de control de calidad en cuanto a la exactitud de la etiqueta del suplemento.
-

Finalmente, Underwood (1981) establece que la elección de un suplemento mineral está determinada por su costo por unidad del elemento o elementos necesarios, forma química en que se encuentra combinado el mineral, constitución física en especial su finura de división y la carencia de impurezas dañinas.

2.9 Evaluación de los suplementos minerales

Houser et al. (1978) mencionan que para evaluar la cantidad y proporción de nutrientes de un suplemento mineral, por lo menos se debe tener una información aproximada de: 1) requerimientos del animal, considerando edad, estado de producción y propósito para el cual el animal está siendo alimentado; 2) disponibilidad biológica de las fuentes minerales de la mezcla; 3) consumo diario aproximado de la mezcla mineral y de la materia seca total y 4) concentración de los elementos en la mezcla mineral. Bavera y Bocco (1987) consideran también a las deficiencias minerales comprobadas.

Los problemas respecto a programas de suplementación mineral en diversas regiones tropicales han sido resumidas por McDowell y Conrad (1977) e incluyen a los siguientes: análisis químicos y datos biológicos insuficientes para saber que minerales son requeridos y en que cantidades; falta de datos sobre consumo mineral; datos no confiables en las etiquetas de ingredientes; suplementos con desequilibrios minerales; mezclas estandarizadas que son inadecuadas para diversas regiones ecológicas; la suplementación incorrecta de la mezcla; falta de recomendaciones del fabricante del suplemento y dificultad en transporte, almacenamiento y costo de los suplementos minerales.

A medida que se obtenga más información real sobre las probables deficiencias de minerales en una zona, podrán formularse

mezclas minerales más eficientes y económicas, pero hasta que eso ocurra, se justifica plenamente la utilización de provisiones dietéticas completas, con alto factor de seguridad (Bavera y Bocco, 1987).

Respecto a lo anterior, Ellis et al. (1985) evaluaron 23 suplementos minerales usados comúnmente en Ecuador, México, Paraguay y Perú encontrando amplia variación en ellas. Se obtuvieron valores inferiores de Ca, P, Mg, Na, Fe, Cu, Co, Mn y Zn a lo indicado en la etiqueta. Asimismo, se suministraba menos del 50% de las necesidades diarias de los animales para Cu, Co, Mn y Zn. El 96% contenía menos del 6% de P en la mezcla final, 26% tenían relaciones Ca:P mayor del 7:1 y 74% no indicaban que compuestos fueron incluidos en la mezcla.

Gallardo (1993) analizó alrededor de 60 mezclas minerales usadas en la alimentación animal en México. Reportó que la relación encontrado:esperado no fue buena, pues pocos suplementos contenían realmente lo indicado en la etiqueta. La repetibilidad entre lotes de las mezclas, fueron más o menos constantes, así como la variabilidad. Un buen número de las mezclas presentaron granulometría desuniforme (sedimentación) al igual que problemas en las relaciones Ca:P.; muchas mezclas no indicaron la materia prima utilizada en su elaboración y la mayoría de las mezclas son comercializadas en diversas zonas ecológicas.

2.10 Consumo del suplemento mineral

Diversas investigaciones indican que el consumo diario de una mezcla mineral por ganado en pastoreo es altamente variable. Así Coppock et al. (1972) indicaron que el consumo de Fosfato dicálcico en ganado lechero varió de 0 a 1000 g animal/d. Hofer y Murge (1986) informan que el consumo mineral evidencía una marcada estacionalidad, siendo mayor en primavera que en otoño, atribuyéndose ésto a la concentración mineral del forraje en dicha estación. Por su lado, Mufarrege et al. (1985) citan un consumo promedio anual según la categoría de los animales: novillos 90 g/día y vaquillonas 150 g/día. Arias et al. (1985), al suplementar sal y harina de hueso por partes iguales durante el año, citan un consumo variable según época entre 25 y 50 g/animal/d, llegandose en algunos casos hasta 100 g/animal/d en periodos cortos.

Renolfi et al. (1985) indican que cuando los animales permanecen ciertos períodos sin acceso a minerales, pueden desarrollar un deseo tal de ingestión que llegan a consumir hasta 10 veces más de minerales que lo normal, hasta que su apetito se vea saciado. Esto sucede también cuando se suministra por primera vez el suplemento mineral a animales con carencias.

Por su parte, Chachamovitz (1974) y Holder (1972), informan que el ganado frecuentemente consume de 40 a 50 g/d y de 50 a 100 g/d, respectivamente. Por tanto, el consumo de una mezcla es muy

difícil de predecir, puede variar desde cero hasta 200 g/animal/d o más. Puede pensarse que el consumo se encontraría entre 20 y 100 g/animal/d promedio por año. Es decir, entre 8 y 40 kg anuales de la mezcla mineral por animal adulto. El ganado no siempre consume cantidades adecuadas de mezclas minerales bajo las condiciones tropicales. Rios (1974) ha presentado información demostrando una amplia variación mensual en el consumo de mezclas por el ganado a través del año. Ha encontrado consumos muy bajos durante las secas, lo cual concuerda con lo reportado en otras regiones tropicales, pero no coinciden con lo hallado en regiones templadas en donde el ganado tiende a consumir mayor cantidad de minerales cuando el pasto es pobre en calidad.

En general, se toma como base para cálculos un consumo de 50 g/animal/d y posteriormente se va ajustando la fórmula de la mezcla mineral al consumo comprobado en campo (Bavera y Bocco, 1987; Houser et al., 1978).

2.10.1 Factores que afectan el consumo mineral.

Los factores que afectan el consumo de mezclas minerales han sido discutidos por Cunha et al. (1964), Cunha (1971) y McDowell (1985°).

- a) **Fertilidad del suelo y tipo de forraje consumido.** Una alta fertilidad del suelo, repercute en un bajo consumo de minerales; además, se ha reportado que para ganado la sal común, Ca, P y Mg son consumidos más por el ganado en relación al contenido en la planta. Por tanto, ganado en pasturas nativas de baja calidad consumen más suplemento mineral que en pasturas mejoradas. Frecuentemente, cuando el forraje está en rápido crecimiento, se observará un menor consumo mineral que durante aquellos periodos del año cuando el crecimiento de la planta es lenta o se detiene.
- b) **Disponibilidad de suplementos energéticos-proteínicos.** La calidad y nivel de suplementación de energía y proteína podría influir en el consumo mineral, además, éstos pueden proveer minerales lo que disminuiría la necesidad y deseo de consumir una mezcla mineral.
- c) **Requerimientos individuales.** El crecimiento, producción-lechera, gestación y lactación aumentan las necesidades minerales y por tanto el consumo. Aunque también se ha reportado que el consumo tiende a declinar conforme las vacas aumentan de edad (Borrows, 1977, citado por McDowell, 1985°). Respecto a la edad, el consumo aumenta conforme aumenta la edad, debido a que las necesidades son mayores (Bavera y Bocco, 1987). También la individualidad puede afectar el consumo. Coppock *et al.* (1972) midieron el consumo individual de fosfato dicálcico en vacas lecheras en lactación durante 22 semanas, las variaciones

individuales del consumo diario fueron considerables, fluctuando de 0 a 1000 g.

d) Contenido de sales en el agua de bebida. Si la concentración de sales es alta en el agua de bebida, disminuye el consumo del suplemento, por lo que éste debe basarse de otros estimuladores palatables tal como la melaza o suprimir o disminuir la sal contenida en la mezcla mineral. Por el contrario, con agua de bebida deficientes en sales (menor a 1 g/l) el consumo de mezclas minerales se ve fuertemente aumentado (Bavera y Bocco, 1987).

e) Palatabilidad de la mezcla mineral. Se sabe que el ganado no demuestra deseo por la mayoría de los minerales con excepción de la sal común (Murphy y Plasto, 1972), por lo que se considera el acarreador de otros minerales en una mezcla debido a su alta palatabilidad, una mezcla de 25-50% de sal se consumirá, en general, voluntariamente en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades suplementarias de otros minerales. Otros estimuladores de palatabilidad y apetito como la harina de semilla de algodón, melaza, cultivos de levaduras secas y grasa ayudan a obtener un consumo más uniforme, además proveen energía y proteína, pero su uso debe ser moderado para evitar sobreconsumos que provoquen un desbalance mineral. El hecho de que el ganado sólo consuma suplementos minerales de sabor agradable, queda demostrado cuando se pone a disposición del ganado con carencias de Mg, un suplemento de este elemento. Los animales pueden llegar a morir de

tetania antes de consumir esa fuente de Mg no palatable (Coppock et al., 1972)

f) Disponibilidad de la mezcla. Es recomendable colocar las mezclas minerales en lugares cercanos a los abrevaderos, áreas sombreadas de descanso y áreas de mejor pastoreo, ya que existe un menor consumo si el ganado tiene que desplazarse grandes distancias para llegar al saladero. Los saladeros deben ser construidos a baja altura para que los becerros también consuman minerales y localizados en lugares secos para tener acceso a él todo el año. No debe permitirse que los minerales se compacten en el saladero, ya que ésto disminuye el consumo. Los saladeros deben estar protegidos de las lluvias y vientos y mantenerlos limpios, sin hongos y con agregados periódicos.

g) Forma física de los minerales. El consumo mineral es menor en un 10% aproximadamente cuando son proporcionados en forma de bloques, debido a la dureza de éstos.

Bavera y Bocco (1987) consideran también al consumo reciente de minerales y/o deficiencias del animal. El acceso reciente a suplementos minerales influyen sobre el consumo a corto plazo de los mismos. Cuando los animales permanecen ciertos períodos sin acceso a mezclas minerales, pueden desarrollar un deseo tal de ingestión que llegan a consumir diariamente hasta 10 veces más minerales que lo normal. Esto también sucede cuando se suministran

por primera vez un suplemento mineral a animales con elevadas carencias minerales.

2.11 Respuesta a la suplementación mineral

2.11.1 Sobre la ganancia de peso

Reportes de mejoras en la ganancia de peso en el ganado suplementado con minerales se han resumido para varias regiones del mundo.

La comparación del uso de sal común contra el uso de una mezcla mineral en animales pastoreando gramíneas nativas en Colombia, trajo consigo una ganancia de peso promedio mayor (147 vs. 117 g/animal/d) para los animales suplementados con la mezcla mineral (CIAT, 1977). En el mismo país, se han reportado mejoras favorables en peso a la suplementación mineral tanto en vacas como en becerros del 9 y 30%, respectivamente (Lebdosoekojo et al., 1980). Echavarría et al. (1977) en Perú observaron ganancias de peso en bovinos en pastoreo de 0.59 kg día¹ a través del uso de mezclas minerales basadas en fósforo contra 0.237 kg día¹ en el uso de sal común. Mientras que Bauer et al. (1979)^b reportaron ganancias acumuladas de 96.4 kg de carne durante el experimento en animales en pastoreo suplementados con sal mineral contra 79.4 kg en animales sin recibir ningún tipo de sal.

Stonaker et al. (1976) evaluaron cuatro sistemas de alimentación de bovinos de carne en pastoreo utilizando sal común y sal mineral, encontrando en promedio una ganancia de peso de 160 g/d y 260 g/d respectivamente, sin existir diferencia entre los sistemas de alimentación probados. Por su lado, Pérez et al. (1986) reportan que el uso de microminerales en la sal común puede incrementar la producción de carne en más del 10% y si la adición se hace a pastos fertilizados, las ganancias se pueden incrementar hasta en un 20%. Resultados semejantes han sido reportados por Pérez y Eguiarte (1984) al suplementar vaquillas cebú pastando estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) con y sin fertilización.

Sin embargo, Barradas y Montemayor (1990) encontraron un incremento adicional de peso de alrededor 3.5% en vaquillas en crecimiento bajo pastoreo en Guinea (*Panicum maximun*) suplementadas con una mezcla mineral con 5.6% de P en comparación a aquellas suplementadas solo con sal común. Esta respuesta fue inferior a la reportada por Garza et al. (1981) y Eguiarte et al. (1982) sin presentar diferencias significativas.

Gutteridge et al. (1983) suplementaron sal mineral a novillos bajo pastoreo en pasturas nativas encontrando ganancias del 50% más que los no suplementados a diferentes tasas de pastoreo, siendo mejor la respuesta en la estación lluviosa, sin ser significativo sobre el crecimiento compensatorio después de la estación seca. Kaiser (1975) trabajó con novillonas recién destetadas y notificó

que la suplementación mineral incrementó la ganancia de peso en un 72% y el peso de la canal en un 16%. Se han reportado mejores respuestas a la suplementación mineral en bovinos pastoreando cuando éstos se han ofrecido en bloques conteniendo ionoforos (Jímenez y Nuñez, 1992).

La suplementación mineral también ha sido evaluada en la alimentación de ganado en finalización, obteniéndose resultados positivos en comportamiento cuando era combinado con un suplemento proteínico y no cuando éste era sustituido por urea (Clark y Thompson, 1970).

En el Cuadro 2 se aprecia el efecto de la suplementación de sal común y de una mezcla mineral ofrecida a libre acceso o incorporado en la ración de becerros de engorda. Existió un incremento en la ganancia de peso de aproximadamente 16 kg en los animales que recibieron la sal mineral en comparación a los que solo consumieron sal común, misma diferencia reflejada en consumo de alimento y eficiencia de utilización de éste. Se observó, además, que las canales de los animales que recibieron mezcla mineral tenían más grasa interna, como resultado de un mejor aprovechamiento de la energía del alimento.

En relación a la composición de la canal, se observó un incremento lineal en el porcentaje de carne y una reducción en la

del hueso de las canales a medida que el consumo de minerales fue más constante (Annekov 1982, citado por García, 1994).

Cuadro 2. Efecto del consumo de macro y microminerales en la dieta de becerros de engorda sobre el crecimiento y calidad de la carne obtenida (tomado de García, 1994).

Concepto	Tratamientos		
	1	2	3
Peso vivo, kg.			
antes de la ceba	221	221	228
final de la ceba	337	356	358
Ganancia de peso total, kg	116	135	130
Ganancia diaria de peso, g	739	860	828
Conversión alimenticia	10.1	8.6	9.1
Peso antes del sacrificio, kg	311	345	347
Peso canal fresca, kg	185.6	194.5	198.2
Peso grasa interna, kg	2.65	2.85	2.94
Peso despues del sacrificio, kg	188.5	197.7	201.1
Rendimiento canal, %	56.95	57.28	57.96
Composición de la canal, %			
carne	80.19	80.44	80.76
hueso	19.81	19.56	19.24

T1=control + sal común a libre acceso.

T2=control + sal mineral a libre acceso.

T3=control + sal mineral incluida en el concentrado.

Morris et al. (1980) reportan que no existen evidencias claras de mejora en cambios de peso, comportamiento reproductivo y apariencia general con el uso de sal común, por lo que en la práctica podría ser cuestionada. Mientras que Aines y Smith (1967) demostraron respuesta en la ganancia de peso atribuible al Na obtenido de la sal común más que por el Cl. Lemorle y Holmes (1986) encontraron una respuesta muy significativa en el cambio de peso en animales suplementados con sal común en relación a aquellos suplementados con Cu y Co. Otros investigadores que reportan

beneficios sobre el crecimiento de bovinos con la suplementación de sal común son Murphy y Plasto (1973), Leche (1977) y Hennessy y Sundstrow (1975).

Considerando que muchos reportes concluyen que el P es el mineral más deficiente e importante económicamente que afecta al ganado en pastoreo (Underwood, 1981), reportes de mejoras en la ganancia de peso por su suplementación a bovinos han sido sumariadas en varias regiones del mundo (Tokarnia y Dobereiner, 1973; Cohen, 1975; Fick et al., 1976; Garza et al., 1980; McDowell, 1982; Eguiarte et al., 1982).

También de manera específica, se reportan beneficios en la ganancia de peso en becerros destetados y lactantes (Quiróz y García, 1990), en ganado en finalización (Burrougs et al., 1968; Perry et al., 1976). La suplementación de Cu no ha tenido efecto significativo sobre el peso de vaquillas y consumo de alimento cuando éste interrelaciona con Mo (Clawson et al., 1972, O'Mary et al., 1970). La suplementación de Zn a vacas y becerros pastoreando gramíneas deficientes en Zn de acuerdo a los requerimientos, solo demostró beneficios en la ganancia de peso (6%) en los becerros y no en las vacas (Mayland et al., 1980).

Valdez et al. (1985) no encontraron respuesta a la suplementación con el uso de sal común, sal común más mezcla mineral completa y sólo pastoreo, posiblemente por niveles adecuado

de los diferentes minerales en el forraje. Horton y Pitman (1980) evaluando suplementos minerales, proteínicos y energéticos en bovinos pastoreando zacate Bermuda en invierno, consiguieron menores tasas de crecimiento (0.01 kg/d) con los primeros, concluyendo que la energía resultó ser el nutriente más limitante en el pasto durante esta estación.

En un resumen sobre la respuesta promedio de rumiantes a la suplementación mineral, Huerta (1993)^b reporta un 45% de incremento en la ganancia de peso o 1840 g/kg de suplemento mineral consumido por el animal, considerando un consumo de 75 g/animal/d (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resumen del efecto de la suplementación mineral sobre el crecimiento de bovinos (Huerta, 1995^b).

Mineral ^a	ganancia de peso		incremento en la ganancia de peso (%)	tiempo ^b adicional (días)
	sin sup.	con sup.		
P (11)	317	478	51	276
Na (9)	282	417	48	299
Cu (16)	-	-	25	158
Co (7)	337	517	53	268
Se (3)	-	-	39	222
Mezclas (9)	288	365	27	191
Promedio	306	444	45	264

^a número entre paréntesis se refiere al número de reportes.

^b tiempo adicional requerido por animales deficientes para pasar de 170 kg de P.V. inicial a 430 kg de P.V. final en relación a animales suplementados.

2.11.2 Sobre el estado mineral en el animal

El estado nutricional puede considerarse como el grado en que el aporte externo de nutrientes satisface los requerimientos del animal. En animales pastoreando será función del consumo y calidad del forraje, involucrando una serie de factores asociados al animal, al clima y la pastura (Allison, 1985; Orcasberro y Fernández, 1982).

Los cambios que tienen lugar en el aporte externo de nutrientes se manifiestan en forma inmediata en las concentraciones de algunos metabolitos en sangre que pueden relacionarse con la absorción de nutrientes, catabolismo tisular o enzimas asociadas a ciclos específicos (Bowden, 1971)

Así, Kradel (1973) señala que los índices de la sangre analizada en los perfiles bioquímicos pueden incluirse al Ca, P, Mg, K, Na, Fe y Cu, estando su utilización relacionada con el conocimiento del estado nutricional o de salud del rebaño. Los perfiles de metabolitos sanguíneos en bovinos han sido estudiados por Bide (1978), Lee et al. (1978), Baumgart (1979) y Lam (1989), entre otros.

Específicamente, existen autores que se han enfocado al estudio de la suficiencia mineral en bovinos a través de perfiles sanguíneos: Lane et al. (1968); Ammerman et al. (1974); Fick et al. (1976); Perla y Silva (1977); Bauer et al. (1979)^a; Peducassé

et al. (1979); Flores et al. (1979); Velázquez y Mata (1979); Murtuza et al., (1979); García (1980); García et al. (1982); Monroy y Cook (1982); Spross y Pérez (1982); McDowell et al. (1983); McDowell et al. (1985); Mejía y Rodríguez (1985); Márquez et al. (1985); Mbwiria et al. (1986); Hidiroglou y Williams (1986); Holmes et al. (1986); Gonzáles et al., (1988^b); Sumuano et al., (1988); Fajardo et al., (1989); López (1992); García y Lazarin (1992); Gonzáles y Juárez (1993) y Fernández y Juárez (1993).

Debido a las deficiencias y toxicidades de minerales reportadas en los trabajos anteriores, es importante detectar estos desequilibrios y corregirlos mediante suplementación adecuada, el cual es el método más convencional.

Lebdoesoekojo et al. (1977) investigaron el efecto de la suplementación mineral en ganado cebú pastoreando. En las vacas la suplementación incrementó el P orgánico y el Cu en el suero sanguíneo, siendo mayor el incremento en lluvias cuando se observó niveles más bajos en los hatos en comparación con la estación seca, en toretes incrementó el Co pero bajó el Mo. Echevarría et al., (1977) hallaron que los niveles séricos de P inorgánico (7.0 mg/100 ml) aumentaron con la suplementación fosforada, descendiendo significativamente luego del período experimental (4.8 mg/100 ml).

Payan et al. (1983) evaluaron suero sanguíneo de grupos de animales Cebú y Suizo bajo pastoreo, éstos últimos recibieron

suplementación mineral a libertad. El contenido de Ca y Zn fue similar en ambas razas. Para Fe y P las concentraciones estuvieron dentro de los rangos normales a pesar que los no suplementados consumían dietas deficientes en P y Mg; aunque el valor del P fue más bajo en los suplementados. Además, el ganado cebú no demostró deficiencia de Mg en suero a pesar de su dieta y fue mayor al del ganado Suizo, al igual que el Cu. Valdez et al. (1985) suplementaron minerales a ganado de carne en pastoreo, y de los minerales analizados en suero, sólo Ca y Cu respondieron a la suplementación. Kshirsagar y Mudgal (1972) al suplementar minerales a becerras Sahiwal encontraron efectos significativos en P inorgánico y Fe y no en Ca, lo que indica que tanto P y Fe podrían ser suplementados en becerras hasta los tres meses de edad en los que la leche es el principal alimento y no supe estos elementos.

Al evaluar el uso de sal común contra sal mineralizada a libre acceso en vacas lecheras, McAdam y O'del (1982) encontraron que sólo Mg aumentó por la adición de los minerales traza, ningún otro cación demostró diferencia apreciable atribuible al uso de sal mineral. Por otro lado, la suplementación de sal común, Cu y Co en bovinos Brahman bajo pastoreo sólo mejoró la concentración sanguínea de Na y no de Cu y Co, esto debido probablemente a una deficiencia de este elemento en los animales (Lemorle y Holmes, 1986). Se ha reportado también que la suplementación mineral ha

incrementado los niveles de minerales en sangre de corderos (Franco y Velázquez, 1979).

Finalmente, se han reportado trabajos que evalúan la suplementación de minerales específicos sobre el estado mineral del animal, algunos de ellos son: Perry et al. (1968), Miller (1970), Stack et al. (1975) y Beeson et al. (1977) quienes suplementaron Zn; Underwood (1977) y Stozzec et al. (1986) quienes suplementaron Cu.

Devlin et al. (1969) citado por García (1994) estudiaron el efecto de la concentración de K en la dieta sobre los niveles de ciertos minerales en suero de novillos en finalización (Cuadro 4). Las concentraciones de Ca, P y Na no se vieron afectados, pero Mg y Cl fueron altos y los de K significativamente menores en los animales que recibieron la dieta que contenía 0.27% de K.

Cuadro 4. Efecto de la concentración de K en la dieta de novillos de engorda sobre los niveles de minerales en suero sanguíneo. (tomado de García, 1994).

concepto	concentración de			
	.27%	.51%	.72%	.85%
Minerales en suero:				
K, mEq/l	3.71	4.11	4.28	4.32
Na	144.2	146.7	145.0	147.0
Cl	110.1	106.9	103.8	101.2
Ca	10.22	9.95	9.77	9.46
Mg	2.88	2.27	1.7	1.88
P	10.04	9.26	9.13	8.49

2.11.3 Sobre la reproducción

Varios minerales (Cu, Co, Se, Mn, I, Zn y Fe) pueden influir en el comportamiento reproductivo de rumiantes, los cuales están frecuentemente sujetos a deficiencias en la dieta, por lo que la infertilidad se ve asociada con disfunciones enzimáticas resultantes de estas deficiencias (Hidiroglou, 1979).

La elevación del contenido mineral en la dieta parece tener efectos benéficos sobre la fertilidad, ya que análisis de alimentos consumidos por vacas y muestreos periódicos de sangre a través de varios meses, demuestran un aumento en la presencia de elementos traza del alimento en sangre y esto a la vez fue relacionado con la fertilidad (Manickam et al., 1977; Rowlands et al., 1977; Weaver, 1987).

González et al. (1988)^b estudiaron el efecto del consumo de mezclas minerales sobre el comportamiento reproductivo de hembras Sta Gertrúdis en pastoreo. La natalidad aumentó en un 11.8% y la tasa de aborto y el intervalo parto-concepción disminuyeron en 1.3% y 32.8 días, respectivamente, cuando las vacas consumieron una mezcla adecuada a las necesidades del área respecto a la mezcla consumida habitualmente. Estos resultados coinciden con los de Bauer et al. (1981), Tumwasorn (1981), Arroyo y Mauer (1982) quienes refieren aumentos en promedio de 27% en partos en animales suplementados en comparación a los que consumieron sal únicamente.

Estudios en América Latina reportan que el incremento promedio en la tasa de pariciones esperada al suplementar minerales es de aproximadamente 50% (McDowell et al., 1983). Una posible explicación de cómo la suplementación mineral actúa fisiológicamente para incrementar el porcentaje de partos al año es incrementando los niveles circulantes de progesterona como resultado de un mejor funcionamiento del cuerpo lúteo, lo que permitiría una mayor sobrevivencia embrionaria (López et al., 1989).

Morrow (1969) reporta que el número de servicios por concepción varió de 3.7 antes de la suplementación con P a 1.3 después de ésta, pero menciona que la suplementación no parece afectar lo largo del ciclo estral o la frecuencia de estros silenciosos, resultados similares a los encontrados por O'Gorman et al. (1985) quienes suplementaron Cu a dietas deficientes inducidas por Mo en vaquillas de carne.

Valdes et al., (1985) midieron el efecto de la suplementación mineral en novillas en pastoreo sobre el porcentaje de fertilidad. La media de los tratamientos empleados fue del 55%, lo que consideraron falta de respuesta a dicha suplementación.

La suplementación mineral puede significar en promedio un 27% más de becerros al destete, si el porcentaje de pariciones de las vacas a suplementar es de 60.3% (Lampkin, 1961; Hill et al., 1969;

Sharp, 1979). En trabajos revisados por Butterworth (1971) se demuestra que la combinación de suplementos minerales con proteína dan respuestas superiores a los obtenidos con minerales o proteína únicamente.

Al suplementar una mezcla mineral más polifosfatos a vacas en pastoreo, el número de días abiertos fue de 148 días menor, lo que representó un 61.7% más de tiempo improductivo para el ganado suplementado con sal común y una superioridad del 77% en cuanto a nacimientos. Para los animales suplementados con una mezcla mineral, el primer grupo necesitó 1.6 servicios por concepción contra 2.5 para el segundo (Zapata *et al.*, 1977). Miles y McDowell (1983) reportaron en un estudio de cuatro años evaluando un suplemento mineral en bovinos en pastoreo, un porcentaje de abortos del 0.75 en los suplementados con minerales contra 9.3 en los suplementados con sal común. Así también el porcentaje de pérdidas por muerte favoreció al uso de sal mineral (10.5 contra 22.6).

Huerta (1993)^b resume que la suplementación mineral ha producido incrementos importantes en la producción de becerros (Cuadro 5). La respuesta es mejor cuando el porcentaje de pariciones en las vacas a suplementar es bajo. Cuando el porcentaje de pariciones es alto, la respuesta es de pequeña magnitud y probablemente no se justifique la suplementación.

Cuadro 5. Resumen del efecto de la suplementación mineral sobre el porcentaje de pariciones en bovinos (Huerta, 1993^b).

Nutrimento ^a	% de pariciones		Becerras adicionales por 100 vacas
	sin sup.	con sup.	
Minerales (27)	25	62	37
	50	72	22
	75	82	7

^a números entre paréntesis se refieren al número de reportes.

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Localización y descripción del área de estudio

El trabajo experimental se desarrolló en el rancho San Ramón, perteneciente a la Escuela de Ciencias Agronómicas, Campus V de la Universidad Autónoma de Chiapas, ubicado en el municipio de Villaflores en la región central del Estado de Chiapas.

Villaflores, se encuentra ubicada en la parte Oeste del Estado, situándose entre los $16^{\circ} 13' 58''$ de latitud Norte y $93^{\circ} 16' 07''$ longitud Oeste y a una altitud de 600 msnm. Limita al Norte con Ocozocuatla y Suchiapa, al Noroeste con Chiapa de Corzo, al Este y Sur con Villacorzo, al Sureste con Tonalá y al Oeste con Arriaga y Jiquipilas. Su extensión territorial es de $1,232 \text{ km}^2$, que representa el 1.65% con relación a la estatal o el 0.063% de la nacional (García, 1987; INEGI, 1990).

Clima. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano. La temporada lluviosa se extiende de Mayo a Noviembre. La temperatura media anual es de 24.3°C y con una precipitación pluvial de 1,209 mm al año (García, 1981; INEGI, 1990).

Clasificación y uso del suelo. El municipio está constituido geológicamente por terrenos paleozoicos. Los tipos predominantes son: Cambisoles¹, Litosoles², Regosoles³, Vertisoles⁴ y Rendzinas⁵. Su uso es agrícola principalmente, con grandes extensiones de

bosque y selva, correspondiendo el 15.3% de la superficie a terrenos ejidales, el 38.8% a propiedades privadas, el 7.45% a terrenos comunales y el 7.45% a nacionales (INEGI, 1990).

3.2 Tratamientos utilizados

Se evaluaron dos tratamientos: el tratamiento 1 (T1) correspondió a la suplementación con sal común y el tratamiento 2 (T2) correspondió a la suplementación con un mezcla mineral específica (Cuadro 6), formulada tomando en cuenta las deficiencias reportadas para la región por García y Lazarín (1992).

Para este trabajo, se utilizaron 28 vaquillas Cebú-Suizo, las cuales se encontraban bajo pastoreo y fueron suplementadas a libre acceso. Cada tratamiento estuvo constituido de 14 vaquillas a las cuales se les ofreció el suplemento respectivo a libre acceso.

1. Cambisol: Suelo joven, poco desarrollado, con acumulación de arcilla, susceptible a la erosión.
2. Litosol: Suelo con pH muy ácido, someros y constituyen una masa perfectamente intemperizada.
3. Regosol: No posee capas distintas, son claros y susceptibles a la erosión.
4. Vertisol: Suelo con grietas anchas y profundas, muy duros, arcillosos, negros, poco susceptibles a la erosión.
5. Rendzina: Suelos poco profundos, con sustrato calcáreo y rico en materia orgánica.

Cuadro 6. Concentración mineral del suplemento evaluado en vaquillas bajo pastoreo en la zona Centro de Chiapas.

Mineral	Contenido
Calcio, %	10.0
Fósforo, %	8.0
Magnesio, %	2.0
Potasio, %	0.032
Azufre, %	1.015
Cloro, %	28.18
Sodio, %	18.26
Manganeso, ppm	6000.00
Fierro, ppm	5027.36
Cobre, ppm	1600.00
Iodo, ppm	84.00
Cobalto, ppm	28.00
Zinc, ppm	3000.00
Selenio, ppm	28.00
Fluor, ppm	839.00

3.3 Trabajo de campo.

El experimento tuvo una duración de 365 días, cuya fecha de inicio fué a partir del 26 de Mayo de 1993 coincidiendo con el comienzo del período de lluvias, finalizando el 26 del mismo mes pero del año 1994. Durante este tiempo los animales se manejaron uniformemente bajo condiciones extensivas.

3.3.1 Manejo de los animales

Los animales utilizados en el experimento fueron representativos de la zona. Se utilizaron novillonas cruzadas Cebú-Suizo con peso vivo inicial promedio de 228 \pm 36 kg y una edad promedio de 18 meses, procedentes de diferentes hatos de la región

de estudio. Los animales fueron proporcionados por diversos productores cooperantes. Previo al inicio del experimento, se proporcionó un período de 60 días de adaptación al potrero para reducir los posibles efectos de diferencias, producto de llenado del tracto digestivo, crecimiento compensatorio y estado mineral.

Las prácticas de manejo realizadas en los animales fueron similares a las realizadas en condiciones normales de la zona. Se identificaron individualmente con fierro marcador para un mejor control de los mismos. Fueron desparasitados internamente vía oral con levamisol y bajo las dosis recomendadas (1 ml por cada 10 kg de peso vivo), tanto al inicio de lluvias como al inicio de la época de secas. Cada mes se desparasitaron externamente a través de baños de aspersión. Al inicio del experimento se les aplicó 5 ml de vitamina ADE y también se les aplicó la bacterina triple como método de inmunización contra las enfermedades comunes en la zona. Al inicio del experimento, los animales fueron pesados previo ayuno de 14 h y distribuidos al azar en cada uno de los tratamientos a evaluar.

3.3.2 Manejo de los potreros

Los animales de ambos tratamientos pastorearon praderas establecidas de zacate Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*). Además, durante la época de secas (Enero-Mayo) se ofreció

directamente en el potrero heno de la misma especie forrajera, debido a la escasez de pasto.

Se utilizó una superficie de 9.6 ha, divididas en cuatro potreros de aproximadamente 2.4 ha cada uno. Se empleó un sistema de pastoreo rotacional con carga fija, con 21 días de recuperación y 21 días de descanso. Para eliminar el efecto del potrero sobre los tratamientos, las asignaciones de los potreros a los tratamientos se efectuó al azar para cada ciclo de pastoreo. Los potreros se mantuvieron limpios de malezas mediante control manual.

3.3.3 Manejo del suplemento

Ambos suplementos (sal común y sal mineral) fueron ofrecidos a libre acceso en saladeros rústicos de madera, de fácil movilización para cambiarlos de potrero junto con las vaquillas. Para protegerlos de las lluvias, se construyeron galeras con lámina en cada uno de los potreros. Los suplementos eran removidos continuamente para evitar compactación, así como también eran pesados cada 15 días para estimar el consumo del suplemento mineral.

3.4 Muestreos

Se llevaron a cabo muestreos de suelo, forraje, agua y suero sanguíneo durante todo el experimento.

Suelo. Los muestreos de suelo se realizaron en todos los potreros destinados al pastoreo de las vaquillas cada dos meses. Fueron tomadas de 8 a 12 muestras primarias de suelo (0.5-1.0 kg) a una profundidad de 0-30 cm con ayuda de una barrena de acero inoxidable. Las muestras se mezclaron y homogenizaron y por medio de cuarteo se obtuvo una muestra compuesta de aproximadamente un kilogramo por cada potrero. El proceso se repitió seis veces coincidiendo con el número de muestreos realizados en el trabajo. Cada muestra fue identificada, secada al aire y almacenada en bolsas de plástico para su análisis posterior.

Forraje. Se tomaron muestras del forraje disponible en la pradera y el forraje consumido por los animales cada dos meses.

Forraje disponible. Se utilizaron tijeras inoxidable y un marco metálico (25X25 cm). Este muestreo se llevó a cabo en los potreros donde ingresarían los animales a pastorear. Las muestras se tomaron al azar considerando uniformidad en las condiciones del terreno, fueron mezcladas y separadas por composición botánica en: hoja verde, hoja seca, tallo verde y tallo seco, para conocer la variación cualitativa de éstas a través del año.

Forraje seleccionado. Este muestreo se realizó mediante la técnica modificada de "Hand plucking" descrita por Wayne (1964). Se llevó a cabo en los potreros donde se encontraban pastoreando los animales y durante las horas de mayor actividad de pastoreo,

cortándose en forma manual las partes vegetativas y especies que éstos más consumían.

Todas las muestras de forraje obtenidas fueron identificadas adecuadamente y secadas al sol para después ser procesadas en un molino tipo "Willey" con criba de acero inoxidable de 1 mm para su análisis posterior.

Agua. Se tomaron muestras de cada una de las fuentes de agua de bebida para las vaquillas (Pozo y Jaguey). Se realizaron dos muestreos (100 ml) para cada época del año, almacenándose las muestras en recipientes de plástico deionizados para su posterior análisis.

Suero sanguíneo. Para evaluar el estado mineral del animal, cada dos meses se tomaron de todos los animales, 20 ml de sangre por punción de la vena yugular en tubos de ensaye deionizados (Fick *et al.*, 1979). Una vez identificados, los tubos se colocaron en refrigeración y se centrifugaron (2500 rpm) 12 h después del sangrado para lograr la separación del suero. El suero obtenido fue congelado y almacenado para determinaciones posteriores.

3.5 Análisis de Laboratorio

Las determinaciones del perfil mineral en suelo, agua, forraje y suero sanguíneo fueron practicadas en el laboratorio de Nutrición de Rumiantes del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Algunas determinaciones en suelo y agua se realizaron en el Departamento de Suelos de la misma Universidad.

Suelo. El pH del suelo fue estimado con potenciómetro, empleando una relación suelo-agua 1:2. La materia orgánica se determinó mediante la técnica descrita por Walkley y Black (Allison, 1965); el nitrógeno total se estimó por el método Kjeldahl (A.O.A.C., 1975); el P por el procedimiento Bray P-1; el potasio intercambiable fue extraído con acetato de amonio 1.0N, pH 7.0, relación 1:5 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama. La clasificación de textura se realizó utilizando hidrómetro de bouyucos; el Molibdeno fue extraído en EDTA, relación 1:4 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica; el Aluminio se extrajo con KCl 1.0N, relación 1:30 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica. La Capacidad de Campo se obtuvo por el método de la olla de presión y el Punto de Marchitez Permanente por membrana de presión.

Los minerales Ca, Mg, Na, Cu, Fe y Zn fueron extraídos por medio de una mezcla ácida 0.075N y determinados por espectrofotometría de absorción atómica.

Agua. El Ca, Mg, Na, K, Cu, Fe y Zn se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica. El P mediante el método colorimétrico propuesto por Harris y Popat (1954), descrito por Fick et al. (1979). El pH se determinó a través de potenciómetro y el contenido de Sulfatos utilizando volumetría de Cloruro de Bario.

Forraje. El análisis de Ca, Mg, K, Na, Zn, Cu, Fe y Mn se realizó siguiendo el procedimiento descrito por Fick et al. (1979) y Perkin-Elmer (1976). Su determinación se realizó por espectrofotometría de absorción atómica. La concentración de P se determinó por el método colorimétrico propuesto por Harris y Popat (1954), descrito por Fick et al. (1979).

El nitrógeno total se determinó mediante el procedimiento microkjeldalh (A.O.A.C., 1975). La digestibilidad "in vitro" de la materia seca del forraje se obtuvo a través de la técnica de Tilley y Terry (1963).

Suero sanguíneo. El contenido de P orgánico en suero se determinó por el método de Harris y Popat (1954), descrito por Fick et al. (1976). El Ca, Mg, K, Na, Zn, Cu, Fe y Mn se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica descrita por Fick et al. (1979) utilizando un aparato Perkin-Elmer modelo 4000 (Perkin-Elmer, 1976).

3.6 Variables evaluadas

Estado mineral del animal, forraje, suelo y agua. Se determinó el perfil mineral del animal, forraje, suelo y agua utilizando las técnicas descritas anteriormente. El perfil mineral sanguíneo se realizó con el propósito de determinar si la suplementación corrigió el desbalance mineral posiblemente presentado en los animales al inicio del experimento. Las determinaciones hechas en suelo, agua y forraje no se incluyeron en el análisis estadístico, y los valores promedios fueron utilizados como referencia para discutir los valores encontrados en el suero sanguíneo, así como para conocer la presencia de problemas minerales y proponer otras soluciones con base en ello.

Es necesario mencionar que se determinó la digestibilidad "in vitro" de la materia seca y contenido proteínico del forraje, para conocer los cambios sufridos durante el experimento y utilizarlo en la discusión del estado nutricional de los animales en el transcurso del mismo.

Ganancia de peso. Los animales fueron pesados cada dos meses durante todo el experimento. Las pesadas coincidieron con los muestreos y se realizaron por tres días consecutivos a la misma hora y bajo la misma rutina, para disminuir el efecto de llenado intestinal. Se consideró el peso vivo promedio de las tres pesadas. Se utilizó para ello una báscula ganadera con capacidad de

una tonelada. Por diferencia entre el peso inicial y los pesos obtenidos en los períodos se determinó el incremento de peso por período y la ganancia de peso/animal/d.

Calificación de la condición corporal. La calificación de la condición corporal en cada una de las vaquillas, se obtuvo utilizando la escala para ganado de carne con valores de uno a nueve descrita por Nicholson y Butternworth (1986). Las estimaciones fueron realizadas cada dos meses por tres personas especialmente entrenadas para este fin.

Consumo del suplemento mineral. Cada 15 días se realizaba la pesada del suplemento en cada uno de los saladeros y por diferencia entre la cantidad proporcionada y la rechazada se obtenía el consumo promedio por tratamiento por período.

Comportamiento reproductivo. Para evaluar el comportamiento reproductivo en los animales suplementados se midió la incidencia de estros, tiempo al estro y duración del estro en ambos tratamientos. Para llevar a cabo lo anterior se programó un período de sincronización de celos. Cada una de las vaquillas fue inyectada una primera vez con una prostaglandina comercial (Prosolvin, Intervet), bajo la dosis (15 mg de Lupostriol) y manejo indicado. Dado que no se realizó palpación del cuerpo lúteo, se realizó una segunda inyección a los 11 días de la primera. Después de 36 h de aplicación, se procedió a detectar los animales

que respondieron a la aplicación de la prostaglandina y el tiempo de presentación de calores en ambos tratamientos, los períodos de detección fueron las 24 h del día con mayor atención durante la tarde y la madrugada.

Asímismo, se midió la duración del estro en los animales que los presentaron. Posteriormente, se esperó el primer calor natural de las vaquillas para inseminarlas artificialmente. El semen utilizado fue de un solo toro (suizo americano) y cumplió características de buena calidad y genética regular. Se registró el número de servicios por concepción y el porcentaje de fertilidad realizada dos meses después de la inseminación a través de palpación rectal.

3.7 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de las variables se utilizó un diseño completamente al azar, con dos tratamientos (T1=sal común, T2= mezcla mineral). Cada tratamiento contenía 14 repeticiones, en donde cada animal fue una unidad experimental.

Las variables de respuesta consideradas fueron: contenido mineral en suero sanguíneo, ganancia de peso, peso vivo y condición corporal, las cuales fueron analizadas estadísticamente mediante el paquete SAS (1985), de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = U + \text{Trat}_i + \text{Error}_{ij}$$

donde: Y_{ij} variable de respuesta:
 a) Concentración mineral en suero.
 b) Ganancia de peso y peso vivo.
 c) Condición corporal.

U= Media general

Trat_i Efecto del i-ésimo tratamiento (1,2)

Error_{ij} = Error experimental.

El efecto de los tratamientos sobre el tiempo de respuesta (h) a las aplicaciones de la prostaglandina y sobre la duración (h) del estro en las vaquillas suplementadas bajo pastoreo, se evaluó mediante el paquete estadístico SAS (1985) bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = U + \text{Trat}_i + \text{Error}_{ij}$$

donde: Y_{ij} = Variable de respuesta:
 a) tiempo de respuesta a la prostaglandina.
 b) Duración del estro.

U= Media general.

Trat_i = Efecto del i-ésimo tratamiento (1,2).

Error_{ij} = Error experimental.

Asímismo, el efecto de los tratamientos sobre la incidencia de estros, fue analizado mediante tablas de contingencia utilizando la prueba de CHI^2 . Las medias para cada tratamiento, fueron comparadas entre si por medio de la prueba de Tukey (Steel y Torrie. 1986).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

En la primera parte de este capitulo, se discutirán los efectos de la suplementación mineral sobre las deficiencias de minerales en el ganado; mientras que en la segunda parte se discutirán los efectos de la suplementación mineral sobre las ganancias de peso obtenidas y sobre la actividad reproductiva de las vaquillas.

4.1 Deficiencias de minerales

La suplementación mineral tiene como fundamento aportarle al ganado aquellos elementos minerales que el forraje contenga en cantidades insuficientes para cubrir el requerimiento animal (Huerta, 1993), de tal manera que las deficiencias de minerales sean corregidas y, de esta manera, se logre incrementar la producción animal.

Los resultados de las determinaciones de concentración de minerales en suero sanguíneo a través del año, se presentan en el Cuadro 7.

Tal como se esperaba, la suplementación mineral tendió a incrementar la concentración de fósforo en el suero sanguíneo y por tanto disminuyó la proporción de animales clasificados como deficientes (Cuadro 7), aunque no eliminó en su totalidad las

Cuadro 1. Efecto de la Suplementación con Sal Común o Sal Mineral Sobre la Concentración de Minerales (ug/ml) en el Suero Sanguíneo de Vaquillas en Pastoreo en la Zona Centro de Chiapas.

Mineral analizado	Tratamiento experimental	Fechas de muestreo						Concentración promedio ^c	Animales deficientes ^d (%)
		26-May-93	28-Jul-93	05-Oct-93	02-Ene-94	31-Mar-94	26-May-94		
Calcio	sal común	66.6	82.3 ^a	75.4	78.2	74.3	77.6	75.6 ^a	69.6
	sal mineral	58.3	61.8 ^b	78.1	79.1	66.9	70.5	68.5 ^b	81.4
Fósforo	sal común	42.2	59.3	49.7	60.9 ^a	66.1	72.2	57.5	19.2
	sal mineral	41.3	50.1	58.6	70.3 ^b	76.9	65.3	59.7	10.6
relación Ca:P	sal común	1.57	1.38	1.51	1.28	1.10	1.07	1.24	
	sal mineral	1.41	1.21	1.33	1.25	0.86	1.08	1.13	
Magnesio	sal común	14.2	13.2	21.0	25.0 ^a	23.9	24.3	19.8	10.0
	sal mineral	9.8	9.9	20.1	28.4 ^b	21.1	25.7	19.1	14.4
Potasio	sal común	151	146	122	176	155	237	165.4	*
	sal mineral	145	133	128	192	168	224	167.0	*
Sodio	sal común	2517	2780	2301	2725	3133	2577	2669	*
	sal mineral	2715	2446	2517	2725	2766	2816	2678	*
Cobre	sal común	0.48	0.54	0.70	0.75	0.66	0.75	0.68	50.6
	sal mineral	0.40	0.50	0.64	0.65	0.65	0.75	0.64	64.2
Zinc	sal común	0.70	0.67	0.64	0.74	0.63	0.66	0.67	82.4
	sal mineral	0.68	0.69	0.65	0.77	0.64	0.61	0.67	79.0

^{a, b} Medias con diferente literal dentro de mineral para una fecha determinada, son diferentes estadísticamente (P<0.05).

^c Promedio general durante todo el experimento (de Julio-93 a Mayo-94).

^d Proporción porcentual de animales que se encuentran por debajo del nivel crítico de deficiencia, según McDowell et al. (1984). Promedio durante el experimento, de Julio-93 a Mayo-94. Cabe señalar que H. Huerta indica que el nivel crítico de deficiencia para P en suero sanguíneo es de 60 ug/ml (1995, datos no publicados), en este caso, los minerales deficientes serían para el grupo control del 42.6% y para el suplementado del 35.6%.

Mineral Criterio de deficiencia (ug/ml):

Calcio	< 80
Fósforo	< 45
Magnesio	< 10
Cobre	< .65
Zinc	< .60
Na	*
K	*

* El nivel crítico de deficiencia para Na y K en suero sanguíneo no ha sido establecido.

deficiencias. Lo anterior concuerda con los trabajos de diversos autores, quienes han reportado que la suplementación con minerales incrementa su concentración en el suero sanguíneo del animal (Rowland *et al.*, 1974; Spross y Pérez, 1982; Payan *et al.*, 1983; Forceht *et al.*, 1986 y Fajardo *et al.*, 1989).

Contrariamente a lo esperado, la suplementación a los animales con Ca, Mg y Cu tendieron a agravar las deficiencias para estos mismos minerales con respecto a los animales del grupo control. Es necesario agregar que por razones desconocidas o por azar, los animales del tratamiento suplementado con la mezcla mineral, presentaron menores niveles iniciales de estos minerales antes de que pudiera haber efecto de tratamiento.

Cabe señalar, que las deficiencias de Ca, Mg y Cu encontradas en este experimento para el grupo control son parecidas a las reportadas por García y Lazarin (1992) que fueron de Ca (97% de animales deficientes, Mg (1.55%) y Cu (11.4%).

Aunque resulta muy difícil explicar esta situación, existen varias posibilidades:

a). La suplementación con Cu, Mg, Ca o Zn no aliviaron las deficiencias en los animales, ya que el requerimiento podría ser mayor al que señala el NRC (1984), al menos para las condiciones del trópico subhúmedo.

b). Antagonismos entre minerales, es decir, que la fórmula mineral propuesta no se encuentre adecuadamente balanceada.

c). Que al haber un mayor nivel de producción en el grupo suplementado, el requerimiento de nutrientes sea mayor y por lo tanto, los aportes hayan resultado insuficientes.

De las tres hipótesis anteriores, la segunda parece ser la más viable.

Al igual que los hallazgos encontrados en este trabajo, Huerta (1995, datos no publicados) encontró que con la suplementación con P, Ca, Mg, K, Zn, Cu y Fe, disminuyeron los niveles de Ca y Cu en suero sanguíneo de cabras estabuladas, en tanto que los niveles de P mejoraron, sin mostrar cambios importantes para el Zn y Mg.

Análogamente, Maximino Huerta (1995, Comunicación personal) ha observado que el ganado bovino en engorda intensiva, alimentado con altos niveles de pollinaza en su dieta (la pollinaza es rica en Cu) han mostrado signos clínicos de deficiencia de Cu. Cabe señalar que durante el transcurso del experimento, en el mes de Enero de 1994, se observó en el tratamiento con suplementación mineral síntomas de deficiencias de Cu en los animales, no encontrándose ningún otro signo clínico de deficiencia mineral en ambos tratamientos en ningún otro momento. A su vez, cuando el mismo suplemento mineral utilizado en el experimento, fue utilizado en

un establo lechero de ganado Holstein ajeno al experimento y en la misma región, se observó también, la aparición de signos clínicos de deficiencia de Cu.

Otra posibilidad de que el suplemento mineral no disminuyera las deficiencias de minerales en el ganado, podría ser debido a que los elementos minerales que se encontraban en el suplemento fuesen poco disponibles para el animal o que el suplemento no haya sido consumido por los animales de manera suficiente.

Es poco probable que ambas hipótesis sean correctas, ya que las fuentes de minerales utilizadas (Cuadro 6) son de la más alta biodisponibilidad y por otro lado, el suplemento mineral mostró un consumo anual promedio apenas ligeramente menor (13.3%) a lo esperado (Fig. 1), aunque dicho consumo fue bajo en la época de secas (17 g/animal/d).

Por otro lado, tanto el consumo de sal mineral como de sal común fueron altamente variables a lo largo del año (Fig. 1). Rios (197484) trabajando con bovinos en pastoreo, también encontró una gran variabilidad en el consumo de diversas sales minerales (10 a 52 g/animal/d) sin causa aparente.

Asímismo, se notó tal como lo menciona Huerta (1993)^b, un consumo elevado al inicio de la suplementación, lo que se debió posiblemente al acceso reciente al suplemento mineral por el animal

después de haber permanecido ciertos períodos sin ella y presentar deficiencias a los mismos. Más adelante, el consumo descendió gradualmente, teniendo los menores consumos durante los meses de Febrero y Marzo de 1994.

El consumo promedio anual fue de 30 g/animal/día (0.010% del peso vivo) para el tratamiento con sal común y de 26 g/animal/día (0.0086% del peso vivo) para el tratamiento con sal mineral (Cuadro 8). Diversos autores han medido el consumo de sal mineralizada en vaquillas bajo situaciones de pastoreo, entre ellos INTA (1979), Holder (1972), Chachamovitz (1974), Houser et al. (1978) y Morris et al. (1980) quienes encontraron los siguientes consumos de minerales: 142, 75, 45, 42 y 27 g/animal/d respectivamente.

El ganado exhibe un apetito específico por la sal común (NaCl), posiblemente por la necesidad de sodio (Bavera y Bocco, 1987; Denton, 1967) de tal manera que el ganado la buscará si no la tiene a su alcance. Por otro lado, en estudios de cafetería, el ganado no muestra un apetito específico por otros compuestos de minerales (Pamp et al., 1976); por lo que si deseamos que el ganado los consuma, será necesario mezclarlos con sal común (McDowell et al., 1984). En un estudio realizado por Dew et al. (1974) en donde realizó diversas mezclas de minerales con cloruro de sodio, encontró que las vacas consumieron preferentemente aquellas sales minerales con mayor contenido de cloruro de sodio.

Cuadro 8. Efecto de la suplementación con sal común o sal mineral sobre el consumo del suplemento suministrado a libre acceso a vaquillas en pastoreo en la zona Centro de Chiapas.

Consumo del suplemento	Tratamientos	
	sal común	sal mineral
Total anual(kg/animal/año)	10.96	9.50
Promedio anual(g/animal/día)	30.0	26.0
Epoca húmeda (26/Mayo/93 al 26/Nov/93) (g/animal/día)	35.8	27.5
Epoca seca (27/Nov/93 al 26/Mayo/94) (g/animal/día)	16.0	17.3

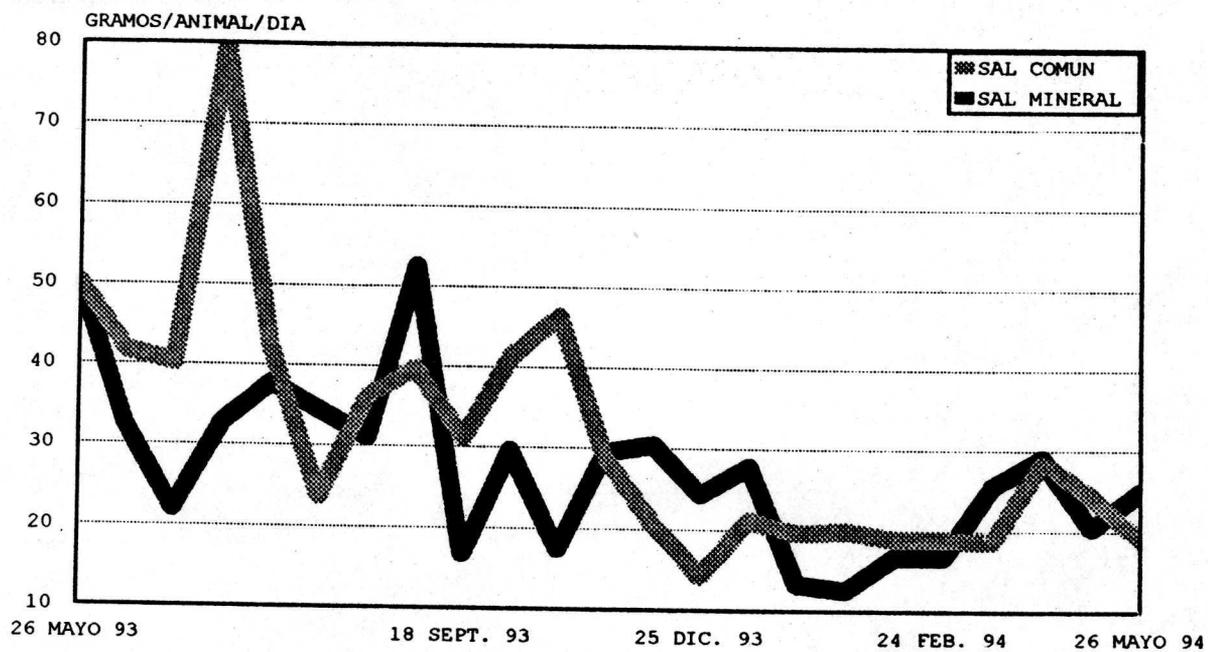


Figura 1. Consumo de sal común y sal mineralizada por vaquillas bajo pastoreo en el Centro de Chiapas a lo largo del año.

Las sales minerales presentan una mezcla diversa de sabores; como el sabor salado (NaCl), el ácido (ortofosfato de calcio), sabor a tierra (carbonato de calcio) e inclusive amargo (sulfato de cobre). Si consideramos que el ganado usualmente desea los sabores salados y dulces, mostrando poco deseo por otro tipo de sabores (Bavera y Bocco, 1987), no sería raro encontrar que la sal común sea mayormente consumida que la sal mineral.

En el presente trabajo el ganado consumió un 13.3% más del cloruro de sodio en comparación con la mezcla mineral (30 g vs 26 g) . Similarmente, De Luna (1984), Muñoz (1985) y Méndez (1994, datos no publicados), reportan que el ganado consumió sal común en mayor proporción que la sal mineralizada, en un 26, 58 y 81%, respectivamente.

También se observó (Cuadro 8) que los mayores consumos del suplemento se realizaron durante la temporada de lluvias. Otros autores también han encontrado un mayor consumo del suplemento durante la época de lluvias. Por ejemplo, Hufer y Murge (1985) reportan un consumo de 59 g/animal/d para Junio-Agosto y de 19 g/animal/d en Febrero; Rios (1974) reporta un consumo de 32.8 g/animal/d y 14.5 g/animal/d mientras que Hufer *et al.* (1985) encontraron un consumo de 35 g/animal/d y 17 g/animal/d para las lluvias y secas, respectivamente.

Sin embargo, con la información vertida en el párrafo anterior, no se puede concluir que el consumo de un suplemento mineral sea mayor durante la época de lluvias, ya que todos los trabajos señalados se iniciaron durante la época de lluvias con una duración máxima de un año; es decir, existe un efecto confundido de época del año con inicio del experimento. De esta manera, sería recomendable evaluar el consumo de sal mineral por más de un año, para observar si realmente éstos se relacionan con la época de lluvias o con el inicio en el consumo del suplemento. Por el contrario, McDowell y Valdivia (1978) reportan que los mayores consumos del suplemento mineral en regiones templadas se dan durante la temporada seca, cuando la calidad del pasto declina; aunque este experimento también fue con duración de un sólo año, comenzando durante la época seca.

En el cuadro 9, se observa el aporte de minerales a la dieta de las vaquillas. Tal y como se esperaba, el mayor aporte de minerales se da a través del consumo de forraje (McDowell, 1985*) y el menor aporte a través del consumo de agua (Shirley, 1985). Sin embargo, el suplemento mineral aporta cantidades considerables de muchos elementos, principalmente Na, Mn, Cu, I, Co y Se (mayor al 50% del requerimiento total); de esta manera el consumo total de Ca, P, Mg, Na, K, Mn, Fe, Zn, Cu y Co que exhibe el ganado es igual o mayor al requerimiento animal, por lo que no se explica el porqué el ganado presentó deficiencias para Ca, P, Mg, Cu y Zn (Cuadro 7).

Cuadro 9. Aporte de minerales a la dieta del ganado (mg/animal/día).

Mineral	Aporte de minerales por parte de:			Consumo total de minerales ^d	Requerimiento animal ^e
	Suplemento Mineral ^a	Forraje ^b	Agua ^c		
Calcio	2600 (16.2)	19,800 (123.0)	288 (1.8)	22,688 (141.0)	16,000
Fósforo	2080 (17.3)	18,600 (155.0)	105 (0.8)	20,785 (173.1)	12,000
Magnesio	520 (7.6)	13,200 (193.0)	223 (3.3)	13,943 (203.9)	6,810
Sodio	4748 (87.2)	1,200 (22.0)	1050 (19.3)	6,998 (128.5)	5,450
Potasio	8 (0.02)	114,000 (257.0)	135 (0.3)	114,143 (257.3)	44,265
Azufre	264 (3.9)	*	192 (2.8)	456 (6.7)	6,810
Manganeso	156 (57.3)	720 (265.0)	*	876 (322.3)	272
Fierro	131 (38.4)	1230 (361.0)	*	1,361 (399.4)	341
Zinc	78 (38.2)	159 (77.8)	0.2 (0.09)	237.2 (116.1)	204.3
Cobre	41.6 (76.3)	24 (44.0)	0.3 (0.5)	65.9 (121.0)	54.5
Fluor	22.0 (?)	*	*	22.0 (?)	***
Iodo	2.28 (67.0)	*	*	2.28 (67.0)	3.4
Cobalto	0.73 (107.0)	*	*	0.73 (107.0)	0.68
Selenio	0.73 (53.6)	*	*	0.73 (53.6)	1.36

^a El aporte de minerales por parte del suplemento mineral se estimó considerando la concentración mineral en el suplemento (Cuadro 6) y un consumo promedio de 0.026 kg/animal/día (Cuadro 8).

^b El aporte de minerales por parte del forraje se estimó considerando un consumo de materia seca del 2% en base al peso vivo de las vaquillas en pastoreo (Snayden, 1981) y la concentración mineral del forraje seleccionado (Cuadro 14). El peso vivo promedio durante el experimento fue de 300 kg y la muestra de forraje seleccionado fue obtenida mediante simulación de pastoreo (Wayne, 1964).

^c El aporte de minerales por parte del agua se estimó considerando la concentración mineral del agua de bebida disponible (Cuadro 16) y un consumo de 30 l/animal/día de agua (NRC, 1984).

^d Sumatoria del aporte de las tres fuentes de minerales: suplemento, forraje y agua.

^e Requerimientos de minerales para las vaquillas, estimados según recomendaciones del NRC (1984), con base en un peso vivo promedio de 300 kg y una ganancia de 400 g/día.

^f El número entre paréntesis indica el porcentaje del requerimiento total que es aportado por cada una de las fuentes.

* No fue determinado

** Su concentración se encuentra por debajo del límite de detección.

*** El NRC (1984) no menciona un requerimiento para Fluor, aunque señala un nivel máximo tolerable entre 20 y 100 ppm en la dieta (de 136 a 680 mg/animal/día).

? Se desconoce el requerimiento para fluor; por lo tanto no podemos calcular la proporción del requerimiento que es cubierto.

Cabe señalar, que no se descarta del todo la hipótesis de que el consumo de forraje fue insuficiente, menor al 2% del peso vivo, sobre todo en la época de sequía, lo que resulta difícil de conocer.

Finalmente, la concentración de minerales que presenta el forraje seleccionado puede considerarse como adecuado para Ca, P, Mg, K, Fe, y Mn (Cuadro 14), lo cual se explica en buena medida a través del Cuadro 15 donde se demuestra que la fertilidad del suelo es alta, ya que son suelos de vega de río. Cabe mencionar que este tipo de suelos no son comunes en el Estado de Chiapas.

Al respecto, Hernández (1992) señala que el pasto estrella africana *Cynodon plectostachyus*, la misma especie forrajera utilizada en este experimento, es de los que presenta las mejores concentraciones de minerales y proteína en el estado de Chiapas, reportando valores similares a los encontrados en este trabajo.

4.2 Ganancia de peso

La ganancia diaria de peso promedio durante todo el experimento (Cuadro 10) fue de 387 g/animal/d para el grupo control y de 396 g/animal/d para el grupo suplementado con minerales; es decir, una ganancia diaria de peso superior en 2.3%, sin presentar diferencias significativas. Muchos autores han reportado que la suplementación con minerales incrementa la ganancia diaria de peso, entre ellos se encuentra Barradas y Montemayor (1990), Lebdoesoekojo et al. (1980), Pérez et al. (1986), Bauer et al. (1979)^b, McDowell et al. (1982), Garza et al. (1981), Eguiarte et al. (1982), CIAT (1977), Stonaker et al. (1976), Escamilla (1978) y Kaiser (1975) quienes reportan mejoras del 3.5, 9, 16, 21, 23, 32, 58, 61, 62, 66 y 72%, respectivamente. Huerta (1993)^b reporta al analizar un total de nueve trabajos experimentales, que el grupo suplementado con minerales ganó en promedio 365 g/animal/día, mientras que el grupo control ganó 288 g/animal/día. Por el contrario, Castrillo et al. (1983), encontraron una disminución en la ganancia de peso con respecto al grupo control en el orden del 2%.

En el Cuadro 10, se muestra el peso vivo de las vaquillas y la ganancia de peso a través del año, registrados durante el experimento. Aunque ambos parámetros tendieron a ser mejores en el grupo suplementado con minerales, estas diferencias no fueron estadísticamente importantes ($P > 0.10$).

Cuadro 10. Efecto de la suplementación con sal común o sal mineral sobre el peso vivo y ganancia de peso en vaquillas bajo pastoreo en la zona Centro de Chiapas.

Tratamiento	Pesos	Peso inicial 26-May-93	Pesadas				Peso final 26-May-94
			28-Jul-93	05-Oct-93	02-Ene-94	31-Mar-94	
Sal común							
	Peso vivo, kg	226.3 ±36.0 ^a	282.2 ±37.4	365.8 ±38.6	389.3 ±36.7	363.5 ±35.6	367.6 ±40.3
	Ganancia de peso, g		0.892	1.211	0.264	-0.233	0.073
Sal mineral							
	Peso vivo, kg	230.1 ±37.1	283.4 ±38.5	373.3 ±46.7	392.6 ±47.8	372.1 ±45.8	374.7 ±45.1
	Ganancia de peso, g		0.846	1.301	0.217	-0.233	0.046

^a Media aritmética ±desviación estandar.

Cuadro 11. Efecto de la suplementación con sal común o sal mineral sobre el peso vivo en vaquillas bajo pastoreo por épocas en la zona Centro de Chiapas.

Fecha de pesaje	Epoca	Peso vivo (kg)		Ganancia diaria de peso (kg)	
		Sal común	Sal mineral	Sal común	Sal mineral
26-Mayo-93	Inicio del experimento	226.2	230.1		
05-October-93	Fin de lluvias	365.8	373.6	1.073	1.102
26-Mayo-93	Final del experimento	367.6	374.4	0.007	0.006

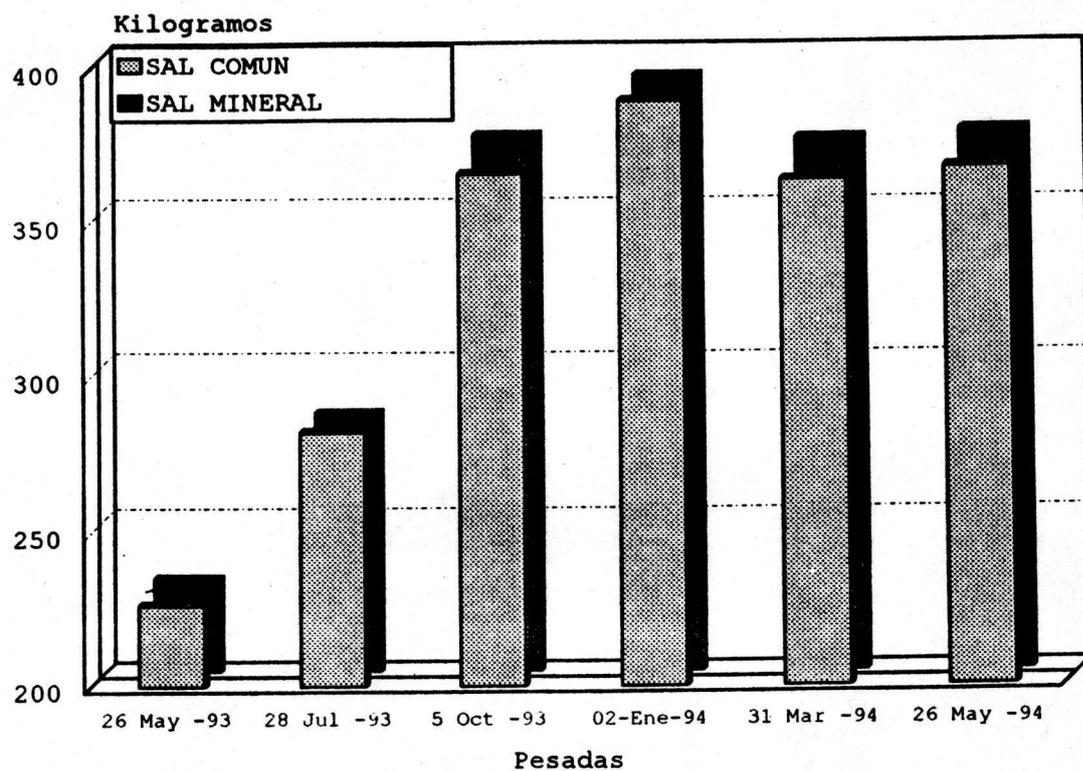


Figura 2. Efecto de la suplementación con sal comun o sal mineral sobre el peso en vaquillas bajo pastoreo en la zona Centro de Chiapas.

La ganancia de peso durante la época de lluvias fue alta, mientras que fue nula durante la sequía para ambos tratamientos (Cuadro 11). Los análisis estadísticos practicados muestran que no existen diferencias entre tratamientos ni interacción tratamiento por época para el peso vivo de los animales ni para la ganancia de peso.

Es preciso notar que la ganancia de peso para ambos tratamientos fue inferior a 400 g promedio por año, la cual es inferior al potencial de los forrajes tropicales (Huerta, 1993)^b, la cual se estima en 489 g/d. El peso vivo de las vaquillas mostró su usual fluctuación, ganancias rápidas durante la estación de lluvias y pérdidas de peso durante la estación seca.

Tanto la calidad del forraje disponible en la pradera, como del forraje seleccionado es considerado como regular durante la época de lluvias: 49% de digestibilidad y 9% de proteína cruda (Cuadro 14).

Las altas ganancias de peso registradas durante esta época no pueden ser explicadas si tomamos en consideración la calidad del forraje existente, ya que los valores de digestibilidad del forraje no respalda la posibilidad de crecimiento compensatorio para ganancias de peso mayores a un kilogramo por día. Posiblemente, el animal consumió forraje de mejor calidad lo que pudo haber generado estas ganancias de peso. lo anterior indica que posiblemente existió

error en el muestreo (Hand-plucking), al respecto, Gutiérrez (1990) indica que con este tipo de muestreo se subestima el valor nutritivo del forraje seleccionado. En contraparte, la baja digestibilidad del forraje (Cuadro 14) y su baja disponibilidad para los animales (Cuadro 17) durante la época de secas parecen ser las responsables de las nulas ganancias de peso registradas durante esta época.

En el Cuadro 12, se presentan los resultados de la estimación de la condición corporal que mostraron las hembras a través del experimento. Al igual que en la ganancia de peso, las diferencias en condición corporal entre tratamientos no fueron significativas ($P > 0.10$); mejorándose durante la época de lluvias para ambos tratamientos y disminuyendo durante la época de secas.

Cuadro 12. Efecto de la suplementación de sal común o sal mineral sobre la calificación de la condición corporal en vaquillas bajo pastoreo en el Centro de Chiapas.

Tratamiento	Fechas de calificación					26-May-94 Final
	26-May-93 Inicio	28-Jul-93	05-Oct-93	02-Ene-94	31-Mar-94	
Sal común, Condición corporal ^a	4.88	5.81	6.75	6.45	6.01	5.88
Sal común, Cambio en condición corporal		0.93	0.94	-0.30	-0.44	-0.13
Sal mineral, Condición corporal	5.07	6.03	6.80	6.75	6.15	6.04
Sal mineral, Cambio en condición corporal		0.96	0.77	-0.05	-0.60	-0.12

^a Utilizando la escala para ganado de carne con valores de 0 a 9 según Nicholson y Butternorth (1986).

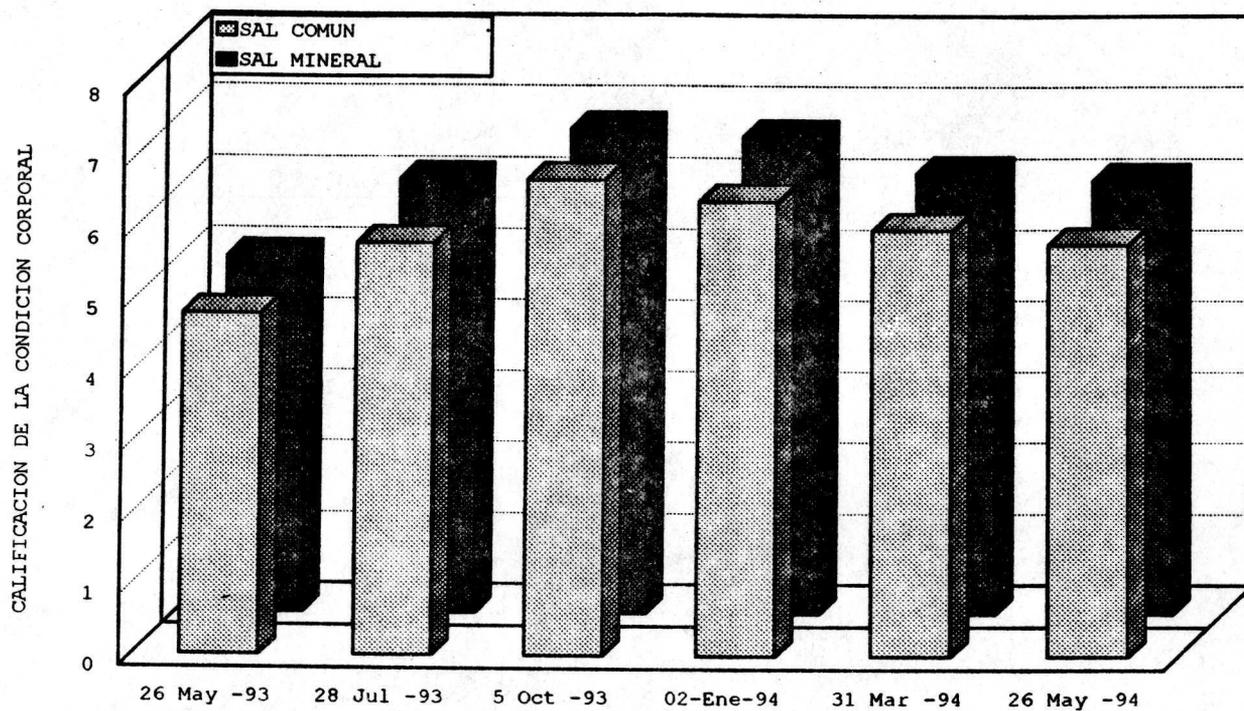


Figura 3. Efecto de la suplementación de sal común o sal mineral sobre la calificación de la condición corporal en vaquillas bajo pastoreo en el Centro de Chiapas.

4.3 Comportamiento reproductivo

4.3.1 Incidencia de estros

Para la primera aplicación de Prostaglandina, alrededor del 82% de los animales (n=28) respondieron. Para la segunda aplicación sólo el 61% (n=28) respondieron. El efecto de los tratamientos no fue significativo para ninguna aplicación (Cuadro 13). Tomando en consideración el número total de hembras por tratamiento (n=14) tanto en la primera como en la segunda aplicación, entraron en celo 12 hembras para el tratamiento con suplementación de sal común y 13 para el de sal mineral; es decir, que el número de becerros potenciales podría ser igual a 86 becerros en el caso de suplementación con sal común y de 93 becerros para el caso de sal mineral, por cada 100 vacas.

El porcentaje observado en la primera aplicación fue mayor a los resultados reportados por Gonzáles y Ruiz (1980) cuyos valores fueron del 74%, a los de Córdova et al. (1983) cuyos valores oscilaron entre 33.3 y 47.1% y a los de Bufferning (1978) quien reporta rangos de respuesta entre el 40 y 70% para la primera aplicación. Sin embargo, la respuesta a la segunda explicación fue menor a lo reportado por Johnson (1978) quien reporta rangos de respuesta del 71 al 90%.

Cuadro 13. Efecto de la suplementación con sal común o sal mineral en vaquillas bajo pastoreo sobre la presencia de celo, tiempo de respuesta a la inyección de Prostaglandina^a y la duración del celo.

Respuesta a la primera aplicación					
Tratamiento	Número de animales tratados	Animales que presentaron celo		Tiempo de respuesta desde la aplicación hasta la presencia de celo (horas)	Duración del celo (horas)
		Número	%		
Sal común	14	12	85.7	69.7 ±25.4	25.8 ±21.0
Sal mineral	14	11	78.6	62.2 ±23.3	33.3 ±17.3

Respuesta a la segunda aplicación ^b					
Tratamientos	Número de animales tratados	Animales que presentaron celo		Tiempo de respuesta desde la aplicación hasta la presencia de celo (horas)	Duración del celo (horas)
		Número	%		
Sal común	14	7	50.0	91.7 ±37.9 ^c	57.6 ±19.0
Sal mineral	14	10	71.4	51.2 ±7.3 ^d	40.1 ±20.0

^a Aplicación de 15 mg de Lupostriol (Prosolvin, Intervet).

^b La segunda aplicación con prostaglandina se realizó 11 días posteriores a la primera aplicación en todas las hembras.

^{c, d} Medias con distinta literal son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

4.3.2 Tiempo de respuesta

Para la primera aplicación de prostaglandina, el tiempo de respuesta fue alrededor de 65.9 horas sin ser diferentes estadísticamente en ambos tratamientos. Para la segunda aplicación, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamiento, teniendo el menor tiempo de respuesta los animales suplementados con sal mineral (Cuadro 13).

Los tiempos de respuesta obtenidos por el producto comercial utilizado están dentro del rango (48 a 72 horas) con excepción del tratamiento con sal común para la segunda aplicación. Cooper (1974) señala que se esperaría respuestas mayores o más prontas con la segunda aplicación, situación que se presentó en el tratamiento con sal mineral, pero inverso al tratamiento con sal común. Sin embargo, Cooper (1974), Johnson (1978), Spitzer *et al.* (1981), Prather *et al.* (1984) y Alvarez (1984) reportan tiempos de respuestas promedio a la aplicación de prostaglandinas que van de 56 a 120 horas.

Son dos formas en que se inseminan dentro de un programa de sincronización de celos bajo situaciones prácticas: a tiempo fijo o a detección de celos. La inseminación a tiempo fijo es aquella en la que se realizan dos servicios, uno a las 48 y otro a las 60 horas posteriores a la segunda aplicación o un servicio 72 horas postaplicación, además de ser más barata. Mientras que la

inseminación con detección de celos significa que los animales son observados visualmente por la mañana y tarde y son inseminados 12 horas después de la detección del mismo.

De esta manera, tomando en consideración que las hembras del grupo control presentaron un tiempo de respuesta bastante largo y altamente variable en la segunda aplicación (Cuadro 13), en caso de realizar la inseminación a tiempo fijo se podría esperar un bajo porcentaje de hembras gestantes. Comparativamente, el grupo suplementado con sales minerales tuvo un tiempo de respuesta más acorde a lo esperado (48 a 72 horas) y de menor variabilidad; por lo que sería de esperarse una mayor proporción de hembras cargadas en caso de que la inseminación se hubiera realizado a tiempo fijo.

4.3.3 Duración del estro

La duración del celo en las vaquillas para la primera aplicación osciló alrededor de 30 horas y para la segunda en 48 horas para ambos tratamientos, sin presentar diferencias estadísticas significativas ($P > 0.10$). Considerándose que los servicios en el ganado bovino se llevan a cabo a las 12 horas de detectado el calor, las implicaciones de estos resultados serían que si se considera que el rango de duración del celo es de 6 a 36 horas (Alvarez *et al.*, 1984), la duración encontrada en este experimento corresponde a celos largos, lo que repercutiría en inseminaciones tempranas, obteniendo por tanto bajas tasas de

gestación, aunque existiría mayor oportunidad de detección de calores.

En el presente trabajo se dejaron pasar todos aquellos celos presentados como resultado de la primera y segunda aplicación de prostaglandina y fueron inseminadas las hembras durante los celos siguientes, encontrándose después de un máximo de tres servicios por hembra (número de servicios por concepción), un porcentaje de gestación del 78% para ambos tratamientos. Zapata et al. (1977) y Gonzáles et al. (1988)^b reportan un porcentaje de gestación mayor para las hembras suplementadas con minerales (66.6 y 90.2%, respectivamente) en relación a las no suplementadas (16.6 y 88.7%, respectivamente). Además, McDowell et al. (1984), CIAT (1977) y Lebdoekojo et al. (1980) reportan una mejora del 43, 37 y 61% sobre el porcentaje de pariciones en aquellos animales suplementados con sal mineral en comparación a los suplementados con sal común.

Al respecto, Huerta (1993) menciona que la respuesta a la suplementación es mejor cuando el porcentaje de pariciones es bajo. Cuando éste es alto, la respuesta es de pequeña magnitud y probablemente no se justifique la suplementación.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos bajo estas condiciones en el presente estudio, mismos que fueron presentados y discutidos en este documento, permiten emitir las conclusiones siguientes:

1. La suplementación mineral en las vaquillas en pastoreo tendió a incrementar la concentración de P sanguíneo, disminuyendo la proporción de animales clasificadas como deficientes pero tendió agravar las deficiencias de Ca, Mg y Cu en las mismas.
2. El mayor aporte de minerales a la dieta de las vaquillas se dió a través del forraje seleccionado y el menor aporte a través del consumo de agua. El suplemento mineral aportó más del 50% del requerimiento total para Na, Mn, Cu, I, Co y Se.
3. El consumo de suplemento favoreció en un 13.3% más a la sal común (Cloruro de Sodio) en comparación a la mezcla mineral.
4. La ganancia diaria de peso durante el experimento fue 2.3% superior en el grupo suplementado con sal mineral en comparación al grupo suplementado con sal común, sin existir diferencias estadísticas importantes ($P > 0.10$)

5. La incidencia de celos, duración del celo y porcentaje de fertilidad en las vaquillas bajo un programa de sincronización, no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Sin embargo, el tiempo de respuesta a la aplicación de la prostaglandina fue menor ($P < 0.05$) para los animales suplementados con la mezcla mineral.

6. La falta de respuesta a la suplementación en términos de producción podría ser debida a que los requerimientos del animal son mayores bajo estas condiciones y por tanto los aportes hayan resultado insuficientes; a antagonismos entre minerales, es decir, que la fórmula mineral propuesta no se encuentre adecuadamente formulada o a la baja calidad y disponibilidad del forraje.

5. LITERATURA CITADA.

- Aguilera C.M. y R. Martínez E. 1986. Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Irrigación. Chapingo, México.
- A.O.A.C. 1975. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 11a. ed. U.S.A.
- A. R. C. 1980. The Nutrient Requeriments of Ruminal Livestock. Agricultural Research Council. Commonwealth Agricultural Boreaux. England.
- Aines, P.D. y D. Smith. 1967. Contaminating element in mineral suplemments and their potential toxicity. J. Dairy Sci. 40:682.
- Alloway, W.H. 1986. Soil-plant-animal and human interrelationship in trace element nutrition. In: Trace elements in human and animal nutrition. Vol. 2. Walter Mertz (Ed.) Academic Press. Inc. pp. 465-488.
- Allden, W.G. y I.A. Whittaker. 1970. The Determinants of Herbage Intake by Grazing Sheep: The Interrelationships of Factors Influencing Intake and Availability. Aust. J. Agric. Res. 21:755.
- Allden, W.G. 1981. The Effects of Nutritional deprivation on the Subsequent productivity of Sheep and Cattle. Nutr. Abstr. Rev. 40:1167.
- Allden, W.G. 1981. Energy and Protein supplements for grazing livestock. In: Morley y F.H.W. (Ed). Grazing Animals. Elsevier, N.Y.
- Allison, L.E. 1965. Organic Carbon. In: C.A. Black (Ed) Methods of Soil Analysis, Part II. Am. Soc. Agron. Madison, E.U.
- Allison, C.D.; M.M. Kartmann y L.R. Ritterhouse. 1982. Efficiency of Forage Harvest by Grazing Cattle. J. Range Manage. 35:351.
- Allison, C.D. 1985. Factors Affecting Forage Intake by range ruminats: A Review. J. Range Manage. 21:355.
- Alvarez, R.H. C.F. Meirelles, G.M. Ambrosiano y J.R. Pozzi. 1984. The use of lower doses of the prostaglandin analogue cloprostenol for estrus synchronization in heifers. Anim. Reprod. Sci. 25:93-96.

- Ammerman, C.B., P.E. Loggins, J.E. Moore, L.R. Arlington y J.P. Feaster. 1967. Mineral Requirements of Cattle. Annual Report. Agric. Exp. Stat. Gainesville, Florida.
- Ammerman, C.B. y S.M. Miller. 1972. Biological Availability of Mineral Ions: A Review. *J. Anim. Sci.* 3:681.
- Ammerman, C.B., J.M. Coaiza, W.G. Blue y G.F. Morton. 1974. Mineral Composition of Tissues from Beef Cattle Under Grazing Conditions in Panamá. *J. Anim. sci.* 38:158.
- Ammerman, C.B. y P.R. Henry. 1987. Suplementación mineral para bovinos en pastoreo. En: Suplementación para bovinos en pastoreo. Memoria. Colegio de Postgraduados. México. pp. 57.
- Arroyo, G. y E. Mauer. 1982. Effect of Mineral Supplementation on Reproductive performance and Gain of Hereford Females and Mineral Levels in Forage and Animal Tissues of Animals Grazing Native Pastures in Uruguay. *C.I.A.T. Annual Report.* p 34.
- Baile, C.A. 1975. Control of Feed Intake in Ruminants. In: Digestion and metabolism in the ruminant. Symposium on Ruminant Physiology. Armidale, Australia. p 241.
- Bates, T.E. 1971. Factors affecting critical nutrient Concentration in plants and their evaluation: A review. *Soil Sci.* 112:106-126
- Barradas, H. 1980. Interrelationships among the minerals content of soils, forrages and cattle in the Central and Northern regions of Veracruz, Mexico. Thesis of Master in Science. Department of Dairy Sci. Michigan State University.
- Barradas, L.H. y D.E. Montemayor. 1990. Efecto de la suplementación mineral sobre la ganancia de peso de vaquillas en crecimiento bajo pastoreo en clima tropical. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Memoria. México. p. 231.
- Bates, T.E. 1971. Factors affecting critical nutrient concentration in plants and their evaluation: A review. *Soil Sci.* 112:106-126.
- Bauer, B.E., E. Galdo, L.R. McDowell, M. Koger, J.K. Loosly, H. Conrad y C.B. Ammerman. 1979^a. Situación mineral del ganado de carne en Beni, Bolivia. *A.L.P.A. Memoria.* 14:26.
- Bauer, B.E., E. Galdo, L.R. McDowell, M. Koger, J.K. Loosly, H. Conrad y C.B. Ammerman. 1979^b. Suplementación mineral de ganado de carne en Beni, Bolivia. *A.L.P.A. Memoria.* 14:25.

- Bauer, B.E., E. Galdo, L.R. McDowell, M. Koger, J.K. Loosli y J.H. Conrad. 1981. Mineral Status of Cattle in Tropical Lowlands of Bolivia. In: Proc. trace Metabolism in Man and Animals. Perth Aust. pp. 50-53.
- Baumgart, R.W. 1979. Mineral in Serum and status. Vet. med. 26:279-289.
- Bavera, A.G. y O. Bocco A. 1987. Suplementación mineral del bovino. Edit. hemisferio sur. Argentina. 87 pp.
- Beeson, W.M., T.W. Perry y T.D. Zurcter. 1977. Effect of supplemental Zn on Growth and Hair and blood Serum Levels of Beef Cattle. J. Anim. Sci. 1:160-165.
- Bellows, S.A. y O.O. Thomas. 1976. Some Effects of Supplemental Grain Feeding on Performance of Cows and Calves on Range Forage. J. Range Manage. 29:192.
- Bide, R.W. 1978. Metabolic Profiles of Beef cattle. Can. Vet.j. 19:344.
- Blanco, F. 1991. La persistencia y el deterioro de los pastizales. Pastos y Forrajes. Cuba, 13:87-105.
- Bowden, D.M. 1971. Non esterified fatty acids and ketone Bodies on Blood as Indicators of Nutritional status in Ruminants: A Review. Can. J. Anim. Sci. 51:1.
- Bufernin, P.J., D.C. Anderson, R. A. Kinkie, J. Williams y R.L. Friedrich. 1978. Synchronization of estrus with PGF2 in beef cattle. J. Anim. Sci. 47:999-1003
- Bull, L.S., B.R. Baumgart y H. Clency. 1976. Influency of Caloric Density on Energy Intake by Dairy Sci. 59:1978.
- Burroughs, W., R. Borringer y A. Trenkle. 1968. Selenium and Vitamina E and K additions to a No-Hay Finishing Cattle Ration. J. Anim. Sci. 22:929.
- Bushman, G.D., L.B. Embry, R.M. Luther y R.J. Emerick. 1970. Calcium and fat relationship in Cattle Fed All-Concentrate Rations. J. Anim. Sci. 26:1486.
- Butterworth, H.H. 1971. Beef Cattle Nutrition and Tropical pastures. Trop. Agric. 38:305.
- Bribiesca, R.E., R.N. Velásco, M. Huerta B. y G. Hernández M. 1992. Evaluación del estado mineral de caprinos en dos comunidades del estado de tlaxcala. Reunión Nacional de Caprinocultura, Memoria. México. p. 87.

- Castrillo, H.P., V. Monroy A. y A. Castellanos R. 1983. Composición mineral de tres gramíneas, concentración de los mismos elementos en suero de bovinos y respuesta a la suplementación mineral en la zona de Camino Real, Campeche. Reunión de Investigación Pecuaria en México. Memoria. p. 785-788.
- Cameron, T.J., R. L. Shirley, H.L. Chapman, C.B. Ammerman. G.R. Davis, W.G. Kirck y J.F. Hentges. 1964. Minerals For Beef cattle in Florida. Florida Agr. Exp. Stat. Bull. 683.
- Chacon, E., T.H. Stobbs y R.L. Sandland. 1986. Estimation Forage Intake Grazing Cattle by Feeding Behaviour. J. Brit. Grassl. Soc. 31:81.
- Chachamovitz, N. 1974. A study of mineral nutrition in cattle under the conditions of an undeveloped region. University of Florida. U.S.A. p. 216
- Chicco, C.F., C.B. Ammerman, J.R. Fearley y B.G. Dunavants. 1980. Nutritional Interrelationships of Dietary Phosphorus, Aluminium and Magnesium in Sheep. J. Anim. Sci. 5:986.
- C.I.A.T. 1977. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Annual Report. Colombia.
- Clark, J.L. y B. Thompson. 1970. Urea and Trace Minerals for Finishing Cattle Rations. J. Anim. Sci. 1:145.
- Clawson, W.J., A. Lesperance, U.P. Bohman y D.C. Laghee. 1972. Interrelationships of Dietary Molybdenum and Cooper on Growth and Tissues composition of Cattle. J. Anim. Sci. 29:516-519.
- Coelho da Silva, J.F: y Chavez V.C. 1978. Cobre y Molibdeno en la nutrición de los rumiantes. En: Simposium Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de rumiantes en pastoreo. J.H. McDowell y H. Conrad (eds). Brazil. p. 98.
- Cohen, R.D. 1975. Phosphorus and the Grazing Ruminant. World Rev. Anim. Prod. 2:27-31.
- Coleman, S.W. y R.D. Wyatt. 1982. Cottonseed meal or Small Grain Forages as Protein Supplements Fed at Different Intervals. J. Anim. Sci. 55:11.
- Combela, C. y I. Mata. 1992. Suplementación estratégica de bovinos de doble propósito. En: Avances en la producción de leche y carne en el trópico Americano. F.A.O.
- Combs, K.K., R.D. Goodrich y J.C. Meizke. 1982. Mineral Concentrations in Hair as Indicator of Mineral status: a review. J. Anim. Sci. 8:635.

- Conrad, J.H. y J. Avila. 1978. Predicción de las deficiencias minerales en los rumiantes basados en suelo, planta y tejido animal. En: Simposium Latinoamericano sobre investigación en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. J. H. Conrad y L. R. McDowell (eds). Brazil. pp 164.
- Conrad, J.H., J.C. Sousa, M.O. Méndez, W.G. Blue and L.R. McDowell. 1980. Iron, Manganese, Sodium and Zinc interrelationships in a tropical soil, plant and animal system. In: fourth world conference on Animal Prod. L.S. Verde and A. fernández (Eds.) pp. 38-53.
- Conrad, J.H., L.R. McDowell, G.L. Ellis y J.K. Loosli. 1985. Resumen de diez años de los estudios de las deficiencias minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. A.L.P.A. Memoria 20:38.
- Coppock, C.E., R.W. Everett y W.G. Merrill. 1972. Effect of ration on free choice consumption of calcium-phosphorus supplements by dairy cattle. J. Dairy Sci. 55:245.
- Córdova, L.A., J. Hernández L. y R. Ruiz D. 1983. Luteolisis inducida por Prostaglandinas en ganado Cebú. Tec. Pec. Mex. 44:64-69.
- Cooper, M.J. 1974. Control of oestrus cycles of heifers with a synthetic Prostaglandin analogue. Vet. Rec. 95:200-203.
- Crowder, L.V. 1985. Pasture Management for Optimum Ruminant productivity. In: Nutrition of Grazing Ruminants in Warm climates. Academic Press. U.S.A.
- Cunha, T.J., R.L. Shirley, M.L. Chalupa, C.B. Ammerman, G.R. Davis y J.F. Hentges. 1964. Minerals for Beef Cattle in Florida. Florida Agr. Exp. Stat. Bull. 683.
- Cunha, T.J. 1971. The advisability of Using Trace Mineralized Salt feedstuffs. 20:37.
- De Gracia, G.M. 1983. Suplementación Energetico-Proteínica. Aspectos nutricionales en la producción de leche. CATIE. Vol 2. p. 57.
- De Luna, C., D. Rodríguez y J.A. Ortega. 1984. Suplementación mineral con niveles crecientes de cobre para bovinos pastoreando en áreas problemáticas. Instituto Nacional de Investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias. Memoria.
- Denton, D.A. 1967. Salt Appetite. Nutr. Abs. Rev. 39:1043.
- De Peters, E.J. 1985. The Use of supplemental Blocks for Sheep Grazing Dry Annual Pastures in California. J. Range manage. 38:291.

- Dew, M.I., G. Stoddard y G.O. Bateman. 1974. Phosphorus supplements made more palatable with salt. *J. Nutr.* 41:187.
- Earle D.F. 1976. Effect of cooper intake on concentration in body tissue and on grow. *J. of Agric. Victoria.* 74:228.
- Echevarría, M.A., A. Riescu, V. Morales y M. García. 1977. Los minerales en la alimentación del ganado en el trópico de Pucallpa, Perú. *A.L.P.A. Memoria.* 12:47
- Echevarría, M.A., R. Valdivia, O. del valle, T. Arbaisa y L. Campos. 1977. Efecto de la suplementación de P sobre los niveles séricos y crecimiento de vaquillas en Pucallpa, Perú, *A.L.P.A. Memoria.* 12:48.
- Eguiarte, U.S., R. Garza y P. bolaños P. 1982. Efecto de la suplementación mineral y la fertilización al pastizal en la respuesta biológica del ganado bovino en pastoreo de zacate estrella africana. Reunión de Investigación Pecuaria en México. *Memoria.* P 438-442.
- Ellis, G.L., L.R. McDowell y J.H. Conrad. 1985. Evaluación de suplementos minerales para el ganado en pastoreo en América Latina. *A.L.P.A. Memoria.* 20:37.
- Ellis, W.C., F.M. Rouquette y D.P. Hutchesun. 1987. Suplementación proteínica para producción de ganado bovino en pastoreo. En: *Suplementación para bovinos en pastoreo. Memoria. Colegio de Postgraduados. México.* p. 45.
- Escamilla, M.R. 1978. Evaluación de la suplementación de minerales a bovinos en pastoreo de zacate Guinea (*Panicum maximun*) bajo condiciones de clima subtropical. Tesis profesional. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. México.
- Fajardo, A. N., I. Viamonte y G. Ronron. 1989. Niveles de Na, K, Ca, P y Mg en el suero sanguíneo de vacas lecheras en cinco estados reproductivos en la provincia de Granma. *Rvta. Cub. Cienc. Vet.* 3:275-282.
- Fassbender, H.W. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. *I.L.C.A. Turrialba, Costa Rica.*
- Fernández, D.F. y H.E. Juárez. 1993. Nutrición mineral de bovinos en el estado de Campeche. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Fick, K.R., L.R. McDowell y R.H. Houser. 1976. Current Status of Mineral Research in Latin America. *Proc. Latin American Symposium on Mineral Nutrition Research With Grazing Ruminants. Univ. of Florida, Gainesville, Florida.* pp. 149-163.

- Fick, K.R., L.R. McDowell, P.H. Miles, N. S. Wilkinson, J.D. Funk y J.H. Conrad. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. 2a. ed. Depto. de Ciencia Animal. Universidad de Florida. Gainesville. Fla. pp. 24-40.
- Field, A.C. 1981. Information Needs in the Mineral Nutrition of Ruminants. In: The Florida Nutrition. Conference. p 233-241.
- Flores, A., J.R. Flores, R. Pérez, M. Cabezas y L.R. McDowell. 1979. Estado de nutrición mineral del ganado de carne de la costa sur de Guatemala. A.L.P.A. Memoria. 14:26.
- Forcett, O., O. Maffrand, C. Mortura y A. Dmico. 1986. Fed. Proc. 32:1925.
- Franco, L. y J.A. Velasquez. 1979. Suplementación mineral en el engorde de corderos. A.L.P.A. Memoria. 14:36.
- Fries, G.F., G.S. Morrow y P.A. Snow. 1981. Soil Ingestion by Dairy cattle. J. Dairy Sci. 4:611-618.
- Gallardo, H.E. 1993. Evaluación de mezclas minerales utilizadas en la alimentación animal en México. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- García, R.L. 1979. Contribución al estudio de la suplementación con concentrado a vacas en pastoreo. I.C.A. La Habana, Cuba. p 231.
- García, B.C.M. 1980. Estudios sobre las deficiencias nutricionales de los macroelementos Ca, P, Mg en bovinos de la zona Norte de Chiapas y las correlaciones existentes entre éstos minerales en pelo de capa, pelo de cola y suero. Tesis profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopen. 3a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 252.
- García, G.J., F. Larios G. y M. Pérez D. 1982. Concentración de Ca, P y Mg en sueros de bovinos cebú en condiciones de pastoreo y en clima semicálido húmedo. Tec. Pec. Mex. 42:54-60.
- García, L.R. y R. García T. 1988. Uso de la suplementación para vacas lecheras. En: Producción de leche a base de pastos tropicales. I.C.A. Cuba. p. 71.
- García-Bojalil.C.M., C.B. Ammerman y P.H. Henry. 1985. Influencia de la ingestión de tierra sobre el status mineral de borregos. A.L.P.A. Memoria. 20:39.

- García-Bojalil, C.M., C.B. Ammerman, P.R. Henry, R.C. Little and W.G. Blue. 1988. Effects of dietary phosphorus soil ingestion and dietary intake level on performance, phosphorus utilization and serum and alimentary tract mineral concentrations in lambs. *J. Animal Sci.* 66:1508.
- García, V.R. 1989. Los pastos tropicales y suplementación para producción de leche. Vol. de reseñas. Pastos y Forrajes. Cuba. p. 27.
- García, J.T.R. y V.S. Lazarin. 1992. Nutrición mineral de bovinos en la región central del Estado de Chiapas. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- García, B.C.M. 1993. Interrelación Suelo-Planta-Animal. Revisión. Centro de Ganadería. Colegio de Postgraduados. México. 23 pp.
- García, B.C.M. 1994. Necesidades minerales del ganado en Ceba. Producción de carne bovina en corrales. Memoria. México. p. 135.
- Garza, T.R., A. Enríquez C. y P. Solana M. 1980. efecto de la suplementación mineral y la fertilización al pastizal en la respuesta biológica del ganado bovino en pastoreo. *Tec. pec. mex.* 13:56-63.
- Garza, T.R., A. Enríquez C., A. Alaniz y F. Molina. 1981. efectos de la suplementación mineral y la fertilización al pastizal en ganado bovino en pastoreo. Memorias de la XV reunión anual del INIP-SARH. p 340-344.
- Georgievskii, B.N. 1979. Biogeochemical regions mineral composition of feeds. In: VI Gerogevskii, B.N. Annenka and V.T. Samokhin (Ed.). *Mineral Nutrition of Animals*. Butherworts, London. pp. 57-67.
- Goldin, J., J. Moore y E. Franke. 1976. Formulation of hay-grain diets for ruminants. *J. Anim. Sci.* 42: 717-723.
- Gomide, J.A. y A.T. Zometa. 1978. Composición mineral de los forrajes cultivados bajo condiciones tropicales. En: *Simposium latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los reumiantes en pastoreo*. J.H. Conrad y L.R. McDowell (eds). Universidad de Florida. Gainesville, Florida. P. 39.
- Gonzáles, P.E. y R. Ruiz D. 1980. Utilización de prostaglandina PGF2 para sincronizar el estro en Bovinos. *Tec. Pec. Mex.* p. 16-21.
- Gonzáles, N., D. Pedroso y R, Pedroso. 1981. Composición mineral sanguínea de vacas Holstein. *Rev. Cub. Reprod. Anim.* 7(1):64-70.

- González, N., D. Pedrosa y R. Pedrosa. 1988^a. Composición mineral sanguínea de vaca Holstein. Rev. Cub. Reprod. Anim. 1:70-77.
- González, N. , L.E. Lavandeira y R. Pedrosa. 1988^b. incidencia de deficiencias minerales en áreas ganaderas de Cuba y utilización de mezclas minerales abiertas como método de combatirlas. Rvta. Cub. Cienc. Vet. 1:73-80.
- González, R y H. Juárez. 1993. Nutrición mineral de bovinos en la Costa de Chiapas. Tesis Profesional. departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Gutiérrez, A.J.L. 1990. Nutrición de rumiantes en pastoreo. Colección: Textos Universitarios. Universidad Autónoma de Chihuahua. México. p 247.
- Gutteridge, R.C., H. Shelton, B. Wilaipan y R. Humphreys. 1983. Productivity of pastures and Response to salt Supplements by Beef Cattle on Native Pasture in North- East Thailand.
- Haelein, G.F.W. 1980. Mineral Nutrition on goats. J. Dairy Sci. 63:1729-1748.
- Haro, M.A. y D. Rodríguez M. 1985. Determinación de deficiencias minerales en tres municipios ganaderos del Estado de Coahuila. A.L.P.A. Memoria. 20:67.
- Healy, W.B., T.W. Cutres y C. Michie. 1967. Wear of Sheep's Teeth Reduction of Soil ingestion and Tooth wear by Supplementary feeding. New Zealand. J. Agric. Res. 10:201.
- Healy, W.B. 1978. Ingestion of Soil By Dairy Coes. New Zealand. J. Agric. Res. 11:487.
- Hennessy, D.W. y B. Sundstrom. 1975. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 41:59.
- Henry, P.R., M.G. Echevarría. C.B. Ammerman y P.V. Rao. 1988. Estimation of the relative Biological availability of Innorganic selenium Sources for Ruminants using tissues Uptak of Selenium. J. Anim. sci. 9:2006.
- Hernández, A.G. 1992. La concentración mineral de algunas especies forrajeras pastoreadas en Chiapas y Campeche. Tesis profesional. Escuela de medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Chiapas. México.
- Hidiroglou, M. 1979. Trace Elements Deficiencies and Fertility in Ruminants: A review. J. Dairy Sci. 62:1195-1206.
- Hidiroglou, M. y C.J. Williams. 1986. Mineral and amino acid Composition of Beef Cattle. Amer. J. Vet. Res. 2:301-309.

- Hofer, C.C. y A. Murge .1986. Informe sobre nutrición mineral del ganado en Entre rios, Uruguay. Rev. Arg. Prod. Anim. 3:12-15
- Holder, N.L. 1972. Supplemental feeding of beef cattle grazing Pangolagrass pastures on savannas of Guyana. Agron. trop. 135.
- Holmes, J.H., L.A. Edye y E. Walton. 1986. Mineral status of Beef Cattle in Papua New Guinea. Trop. Anim. Hlth. Prod. 18:31-39.
- Horton, G.M. y W.D. Pitman. 1980. Supplementary Minerals, Protein and Energy for Cattle grazing Stargrass Pastures. Trop. Grass. 24:00-102.
- Houser, R.H., L.R. McDowell, K.R. Fick y R. Valdivia. 1978. Evaluación de suplementos minerales para rumiantes. En: R.L. McDowell y J.H. Conrad (Eds). Simposium latinoamericano sobre investigación en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Belo Horizonte, Brazil. p. 197.
- Huerta, B.M. 1993^a. Suplementación de rumiantes en pastoreo. En: memorias del curso internacional avanzado de nutrición de rumiantes. C.P. México. p. 9.
- Huerta, B.M. 1993^b. Suplementación mineral de rumiantes en pastoreo. Apuntes. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. 45 pp.
- Hufer, C.C. y A. Murge. 1985. Informe sobre nutrición mineral del ganado en Entre rios, Uruguay. Rev. Arg. Prod. Animal. 4(3):12-15.
- Hufer, C.C., A. Bruno y I. Galli. 1985. Efecto de la suplementación fosfórica en rodeos de cría. Rev. Arg. Prod. Animal. 5(9):547-554.
- Hutjen, M.F. y C.W. Young. 1976. In: Proceedings 71st American Sci, Association Annual Meeting. p. 30.
- Ibarra, C.C.J. 1979. Suplementación de minerales a ganado bovino en pastoreo de zacate Guinea (*Panicum maximum*) durante la época seca en regiones subtropicales. Tesis profesional. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- I.N.E.G.I. 1990. VI Censo, Estado de Chiapas. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- I.N.T.A. 1979. Suplementación con minerales y sal: consumo de mezcla mineral por novillos y vaquillonas. Rev. Noticias y Comentarios. 137:1-5.

- Jerez, G.M. 1982. Mineral status of Beef Cattle in Eastern Dominican republic. Thesis of Master of Science. Univ. of Florida. Gainesville, Florida.
- Johnson, C.T. 1978. Time to onset of oestrus after the injection of heifers with cloprostenol. *Vet. Rec.* 103:204-206.
- Jímenez, V.J. y O. Núñez. 1992. Efecto de la suplementación mineral en bloques conteniendo ionóforos en el trópico húmedo mexicano. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Memoria. México. p. 83.
- Jones, G.H. y W.B. Anthony. 1970. Influence of Dietary Cobalt on Fecal Vitamin B₁₂ and Blood Composition in Lambs rations. *J. Anim. Sci.* 31:440.
- Jones, J. 1972. Plant tissue Analysis for Micronutrients. In: J.J. Mortuedt, P.M. Giordano y W.L. Lindsay (Eds). *Micronutrients in Agriculture. Soil Sci. Amer.* p: 319-346
- Kaiser, A.G. 1975. Response by Calves Grazing Kikayu Grass Pastures to Grain and Mineral Supplements. *Trop. Grass.* 3:191-196.
- Kincaid, R.L., L. Miller, M.J. Fowler, P.R. Gentry, R.P. Hampton, G.M.W. Nenthery. 1976. *J. Dairy Sci.* 59:1580-1584.
- Knebush, C.F., J.L. Valdes, L.R. McDowell y J.H. Conrad. 1988. Seasonal effect of minerals supplementation on microelement status and performance of grazing steers. *Nutr. Repts. Int.* 38:399.
- Kradel, D.C. 1973. Blood Analysis as a Diagnostic Tool. Instituto Superior de Ciencias Agrícolas de la Habana. Cuba. p. 1.
- Kshigsagar, S.G. y V.D. Mudgal. 1972. Effect of Mineral Mixture Supplementation on Blood Composition and Growth Rate in Sahiwal calves. *Indian J. Dairy Sci.* 1:39-45.
- Lane, A.G., J. Campbell y G.F. Kranuse. 1968. Blood Mineral Composition in Ruminants. *J. Anim. sci.* 27:766.
- Lam, R.F. 1989. Perfil metabólico: indicadores sanguíneos del metabolismo proteico y energético. Instituto Superior de Ciencias Agrícolas de la Habana. Cuba. p. 42.
- Leaver, J., D. Campling R. y C. Holmes. 1968. *Anim Prod.* 11:161.
- Lebdoesoekojo, S., C.B. Ammerman, N. Rauin y R. Litell. 1980. Mineral Nutrition of Beef Cattle Grazing native Pastures on the Eastern Plains of Colombia. *J. Anim. Sci.* 6:1249-1261.
- Leche, T.F. 1977. *Papua New guinea Agr. J.* 28:11-18

- Lee, A.J., A. twordock. R.H. Bubor y C.L. Davis. 1978. Blood Metabolites Profiles: Their Use and Relation to Nutritional Status of Dairy Cows. *J. Dairy sci.* 61:1652-1670.
- Lemorle, C. y H.G. Holmes. 1986. *Trop. Anim. Hlth. Prod.* 18:166-170.
- López, H.O. y T.W. Perry. 1989. Effect of Dietary Phosphorus and Roughage Levels on Calcium, Magnesium and Potassium Utilization by Sheep. *J. Anim. Sci.* 63:1983-1989.
- López, R., C. García B. and M. García-Winder. 1989. Concentration of progesterona in *Bos taurus* X *Bos indicus* supplemented with minerals for different periods. *J. Dairy Sci.* 72:390.
- López, O.R. 1992. Concentración mineral en suelo, forraje y suero sanguíneo de bovinos en Chorreños, Durango. Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Lumsden; J.H., K. Mullen y R. Rawe. 1980. Hematology and Biochemistry Reference Values for Female Holstein Cattle. *Can. J. Comp. Med.* 44:24.
- Lusby, K.S., D.F. Stephen y R. Totusek. 1976. Influence of breed and levels of winter supplement on forage intake of range cows. *J. Anim. Sci.* 43:545.
- Manickam, R.C., A. Gopalakrishnah, G. Ramanathan, M. Mookkappan y R. Nagarajan, 1977. Studies in the relationships Between Trace Elements and fertility in Cows. *Indian J. Anim. Res.* 11:23.
- Márquez, R.J., J. Monroy y H. Sánchez. 1985. Pérfil mineral en ganado pardo suizo en diferentes tipos de productos y diferentes etapas reproductivos. *A.L.P.A. Memoria.* 20:69.
- Maught, T.H. 1978. Hair: A Diagnostic Tool to Complement Blood and Urine. *Science.* (202)22:1271.
- Maynard, A.L. 1989. *Nutrición Animal.* 3a. ed. Edit. UTEHA. Méxic p. 118.
- Mayland, H.F., A.R. Florence, R.C. Rosenau y A. Lazar. 1975. Soil Ingestion by Cattle on Semiarid Range as reflejed by Titanium Analisis of Feces. *J. Range Manage.* 6:448-452.
- Mayland, H.F., R.C. rosenau y A.R. Florence. 1980. Grazing Cowand Calf response to Zinc Supplementation. *J. Anim. Sci.* 4:966.
- Mbwiria, S.K., J.O. Dickinson y J.F. bell. 1986. Blood Se Concentrations of Sheep and Goats Froms Selected Areas of Kenya. *Trop. Anim. Hlth. Prod.* 18:159-165.

- McAdam, P.A. y G.D. O'del. 1982. Mineral Profile of Blood Plasma of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 65:1219-1226.
- McDowell, L.R., J.H. Conrad, G.L. Ellis y J.K. Loosli. 1985. Resumen de diez años de estudios de las deficiencias minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. *A.L.P.A. Memoria.* 20:67.
- McDowell, L.R. y J.H. Conrad. 1977. Trace Mineral Nutrition in Latin America. *World Anim. Rev.* 24:24.
- McDowell, L.R., R.H. Houser y K.L. Frek. 1978. Iron, Manganese and Zinc in Ruminant Nutrition. In: J.H. Conrad and R.L. McDowell (eds). *Latin American Symposium on Mineral Nutrition Research and Grazing Ruminants.* Florida. p. 108-116.
- McDowell, L.R. y R. Valdivia. 1978. Evaluación de suplementos minerales para rumiantes. En: *Simposio Latinoamericano sobre Investigaciones en Nutrición Mineral de los Rumiantes en Pastoreo.* Memoria. Brasil. p 199.
- McDowell, L.R., R. Bauer, E. Galdo, M. Koger, J.K. Loosli y J.H. Conrad. 1982. Mineral Supplementation of Beef Cattle in the Bolivian Tropics. *J. Anim. Sci.* 4:964-970.
- McDowell, L.R., J.H. Conrad, G.L. Ellis y J.K. Loosli. 1983. Mineral Status of Beef Cattle in Guanacaste, Costa Rica. *Trop. Agr.* 55:343.
- McDowell, L.R., J.H. Conrad, G.L. Ellis y J.K. Loosli. 1984. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. *Boletín.* Universidad de Florida, Gainesville, Florida.
- McDowell, L.R. 1985^a. Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. *Academic Press Inc.* p. 154-158.
- McDowell, L.R. 1985^b. Detection of Mineral Status of grazing Ruminants. In: L.R. McDowell y J.H. Conrad (eds). *Nutrition of Grazing Ruminant in Warm Climates.* Academic Press Inc. pp. 334-357.
- McDowell, L.R., J.H. Conrad y G.L. Ellis 1985. Suplementación de vitaminas y minerales para rumiantes en los trópicos. *Departamento de Ciencia Animal.* Universidad de Florida. Gainesville, Florida. pp. 17-34.
- McDowell, L.R. 1985^c. Contribution of Tropical Forages and Soil Toward Meeting Mineral Requirements of Grazing Ruminants. In: R.L. McDowell (ed). *Nutrition of Grazing Ruminant in Warm Climates.* Academic Press Inc. p. 45-48.

- Mejia, H.A y D.R. Maltos. 1985. Determinación de deficiencias de minerales en tres municipios ganaderos del Estado de Coahuila. A.L.P.A. Memoria. 20:38.
- Mejía, H.A. y D. Rodríguez M. 1985. Determinación de deficiencias y/o toxicidades de minerales en tres municipios ganaderos del estado de Coahuila. A.L.P.A. Memoria. 20:41.
- Mejía, H.A. 1994. Los minerales en la alimentación de los rumiantes. En: V Reunión bianual de Nutrición Animal. Memoria. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. p. 180.
- Méndez, E.G. 1989. Nutrición mineral y producción estacional de vacas lecheras en Quintana Roo. Tesis de Maestria en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo.
- Miller, W.J. 1970. Zinc Nutrition of Cattle:A Review. J. Dairy Sci. 53:1123.
- Miller, W.J., W.A. Lyke y W.F. Byrne. 1972. Iodine metabolims by Calves Fed Soybean or Cottonseed Meal. J. Dairy Sci. 55:400.
- Miller, W.J. 1979. Dairy Cattle Feeding and Nutrition. Academic Press Inc. N.Y. p. 346.
- Miller, E.R. 1985. Mineral X disease Interactions. J. Anim. Sci. 6:1500-1507.
- Miles, W.H. y L.R. McDowell. 1983. Mineral Deficiencies in the Llanos Rangelands of Colombia. World Anim. Rev. 46:2-10.
- Millis, C.F. y R.B. Williams. 1971. Problems in the Determination of the Trace elements Requeriments of Animals. Proc. Nutr. Soc. 30:83.
- Minson, D.J. 1990. forrage in Ruminat Nutrition. Academic Press. Quensland, Australia.
- Monroy, V.A. y R. Cook. 1982. Interrelación mineral suelo-planta-animal en las regiones Norte y Sur del Estado de Veracruz, México. Reunión de Investigación Pecuaria en México. p. 391-194.
- Morillo, D., L.R. McDowell, C.F. Chicco, J.T. Perdomo y F.G. Martínez. 1989. Nutritional status of beef cattle in specific regions of Venezuela. I. Macrominerals and forage organic constituents. Nutr. Repts. Int. 39:1242.
- Morris, J.R. , R. Delmas y J. Hull. 1980. Salt (Sodium) Supplementation of Range Beef Cows in California. J. Anim. Sci. 3:722.

- Morris, J.R. 1980. Assesment of Sodium Requeriments of Grazing Beef Cattle:A Review. *J. Anim. Sci.* 1:145.
- Morrow, A.D. 1969. Phosphorus Deficiency and Infertility in Dairy Heifers. *J. of The Amer. Vet. Med. Assoc.* pp. 183.
- Morua B.M.A. y G. Hurtado R. 1990. Contenido mineral de gramíneas forrajeras tropicales en Puyacatengo, Yabasco. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Mtimuni, J.P., W.W. Mfutilodze y R.R. McDowell. 1990. Interrelationships of minerals in soil-plant-animal system and Kuti Ranch, Malawi Commun in *Soil Sci. Plant. Anal.* 21:415.
- Muñoz, C.M. 1985. Resumen de información sobre los resultados de la respuesta biológica a la suplementación mineral de ganado bovino en pastoreo en el Noreste de México. Tesis profesional. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Muiler, L.D., L.V. Shaffer, L.C. Hum y H.J. Owens. 1977. *J. Dairy Sci.* 60:1574-1582.
- Murphy, G.M. y A.W. Plasto. 1972. Sodium Deficiency in a Beef Cattle Herd. *Australian Vet. J.* 48:129.
- Murphy, G.M. y A.W. Plasto. 1973. *Aust. J. of Exp. Agric. and animal Husb.* 13:369.
- Murtuza, M., M.D. Pandey y J.S. Rawat. 1979. Concentration of Certain Minerals on the serum of Haryana Cattle Under Various Physiological States. *Indian Vet. J.* 56:95-99.
- Nicholson A. y G. Buthernworth. 1986. A Guide for Score Condition. *Indian Vet. J.* pp.1-21
- N.R.C. 1978. Nutrient requeriment of Dairy Cattle. 5a. rev. Ed. National Research Council. Natl. Acad. Sci. Washington, D.C.
- N.R.C. 1984. Nutrient Requeriment of Beef Cattle. 6a rev. Edit. National Research Council. Natl. Acad. Sci. Washington, D.C.
- Nufforege, D., G. Ferre S. y A. House. 1985. Nutrición mineral en el ganado en la jurisdicción de la E.E.A., Mercedes. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 3:5-7.
- Oberly, G.H. y E.A. Naphum. 1980. Magnesium in Grasses of Selected Regions in the United States and its Relatium to Grass Tetany. *Agron. J.* 6:907.

- O'Gorman, J., F.H. Smith, D.B. Poole, M.P. Boland y J.F. Roche. 1985. The Effect of Molybdenum-induced Cooper Deficiency on Reproduction in Beef Heifers. Proc. Nutr. Soc. 44:265.
- O'Mary, CC., W.T. Butts, A.R. Reynolds y M.C. Bell. 1969. Effects of Irradiation, Age, season and Color on Mineral Composition of Hereford Cattle Hair. J. Anim. Sci. 28:268.
- O'Mary, C.C., M.C. Bell y W.T. Butts. 1970. Influence of Ration Cooper on Minerals in the Hair of Hereford and Holstein Calves. J. Anim. Sci. 3:626.
- Orcasberro Y. y S. Fernández R. 1982. Los forrajes en la alimentación de Ovinos. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Ordoñez, R.A., O.Velásquez V., M. Rosiles R. y J.R. Montes de oca. 1989. Determinación de los niveles de Se, Cu y Co en suero, lana y heces de corderos Corriedale y en suelo y forrajes de una explotación ovina en Sn Felipe del Progreso, Estado de México. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Memoria. p. 144.
- Ortiz, V.B. y A.Ortiz S. 1982. Edafología. 4a. ed. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. Chapingo, México.
- Pamp, D.E., R.D. Goodrich y J.C. Meiske. 1976. A review of the practice of feeding minerals free choice. World Rev. of Anim. Prod. 12(4):13-18.
- Parisi, G., E. Riquelme V., S. Gonzáles M. e I. Calderon M. 1985. Estrategias de suplementación para bovinos alimentados a base de puntas de caña de azúcar. A.L.P.A. Memoria p. 43.
- Payan, M.R., R. Díaz N., M. Pérez D. y F. Castillo M. 1983. Contenido de minerales en suero, pelo de capa y pelo de cola de bovinos Holstein, Hereford, Cebú y Pardo Suizo bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. Tec. Pec. Mex. 45:61-66.
- Peducassé, A., A. Parra, L.R. McDowell. J.V. Wilkins y H. Pérez. 1979. Situación mineral en ganado de carne en el área de Santa Cruz Central Bolivia. A.L.P.A. Memoria. 14:26.
- Peeler, H.T. 1972. Biological availability of Nutrients in Feeds: Availability of Major Mineral Ions. J. Anim. Sci. 3:695-712.
- Pérez, G.C. y J. H. Eguiarte. 1984. Respuesta a la suplementación de microminerales de vaquillas Cebú pastoreando Zacate Estrella con y sin fertilización. Reunión de Investigación Pecuaria en México. Memoria. p. 26.

- Pérez, D.C., J.G. Eguiarte y A.R. Quero. 1986. Respuesta a la suplementación de microminerales a vaquillas en pastoreo de zacate estrella de Africa en la Costa Norte de Nayarit. Tec. Pec. Mex. 51:62-67.
- Perkin-Elmer, Corp. 1976. analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Perkin-Elmer Corp. Norwalk, CT.
- Perla, F. y L.A. Silva. 1977. Estado de minerales en Ganado de abasto de El Salvador. A.L.P.A. Memoria 12:45.
- Perry, T.W., W. Beeson M. y M. Mohler T. 1968. Values of Zn Supplementation of Natural Rations for Beef Cattle. J. Anim. Sci. 27:1674.
- Perry, T.W., W. Besso m. y M. Mohler T, 1976 Effect of Supplemental Selenium on Performance and Deposit of Selenium in Blood and Hair of Finishing Beef Cattle. J. Anim. Sci. 1:192-197.
- Pfer, N.W., R.F. Axford y R.A. Evans. 1978. The effect of dietary energy source on nitrogen metabolism in the rumen on Sheep. Br. J. Nutr. 46:39.
- Poopi, D.P., T.P. Hughes y P.J. Huillier. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. In: Feeding livestock on pasture. Ed. New Zealand Society of Animal Prod. pp. 56-63.
- Prather, R.S., M.F. Spire y R.R. Schalles. 1984. Norgestomet incorporation into superovulation regimen. Theriogenology 21:256.
- Quiroz, R.H. y E. García N. 1990. Efecto de la aplicación de Se sobre la ganancia de peso en becerros destetados y lactantes en el trópico húmedo. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. México. Memoria. p. 152.
- Raleigh, R.J. 1971. Manipulation of Livestock and Forage managements to Give Optimun Production. J. Anim. Sci. 30:108.
- Renolfi, R. M. Trezeguet y G. Lescano. 1985. informes provenientes de santiago del estero. Rev. Arg. Prod. Anim. 3:25-26.
- Riquelme, V.E. 1987. Suplementación energética para bovinos en pastoreo. En: Suplementación para bovinos en pastoreo. Memoria. Colegio de Postgraduados. p. 15.
- Rios, J.E. 1974. Una nota sobre el consumo de sales minerales en bovinos de carne en pastoreo. Agron. Trop. 227.

- Rivas, M.V., G. Aguirre A., M.A. López M. y M. Rosiles. 1984. Contenido de macro y microelementos minerales esenciales en Forrajes del trópico. Reunión de Investigación Pecuaria en México. Memoria. p. 27.
- Rodríguez, V. 1972. Rev. Cub. Cienc. agric. 6:9.
- Rodríguez, M.A., C. Navarrete F., C. García R. y A.R. Vázquez. 1987. Diagnóstico mineral en 23 localidades Caprinas del Sur del estado de Coahuila. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México. Memoria. p. 43.
- Rook, J.A. y J.E. Storry. 1962. Magnesium in the Nutrition of Farm Animals. Nutr. Abst. and Rev. 32:1055.
- Rosa, I.V., P. Henry R. y C.B. Ammerman. 1982. Interrelationship of Dietary Phosphorus, Aluminium and Iron on Performance and Tissue Mineral Composition in Lambs. J. Anim. Sci. 5:1231-1240.
- Rowlands, G.J., W. Little G. y B.A. Kitchenham. 1977. Relationships between Blood Composition and Fertility in Dairy Cows. -A Field study. J. Dairy Res. 44:1-7.
- Rowlands, G.J., W. Little G., R. Mauston H. y S.M. Dow. 1974. The Effect of Season on the Composition of the Blood of Lactating and non Lactating Cows as revealed from Repeated Metabolic Profile Test on 24 Dairy Herds. J. Agric. Sci. Camb. 83:27.
- Ruiz, M. 1983. Suplementación de vacas lecheras en pastoreo. En: Aspectos nutricionales en la producción de leche. C.A.T.I.E. p. 11.
- Salih, Y.M., L.R. McDowell y J.F. Hentges. 1985. Mineral Status of Grazing Beef Cattle in the Warm Cimate Region of Florida. Trop. Anim. Hlth. Prod. 4:245-251.
- S.A.S. 1985. SAS User's Guide: Statisticas SAS. Inst. Inc. raleigh, North Carolina, U.S.A.
- Shirley, R.L. y J.L. Montesinos. 1978. El Agua como fuente de minerales. En: Simposium Latino Americano de nutrición mineral de ruminantes en pastoreo. Memoria. Belo Horizonte, Brazil. p. 47.
- Shirley, R.L. 1985. Water requeriments of Grazing Ruminants and Water as a Source of Minerals. In: L.R. McDowell (ed). Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. Academic Press Inc. p. 37-57.

- Snayden, R.W. 1981. The Ecology of Grazed Pastures. In: F.H.W. Morley (Ed). *Grazing Animal*. pp. 13-31.
- Spitser, J.C., S. Mores y L.A. Peterson. 1981. Pregnancy rate among beef heifers from timed insemination following synchronization with a progestin treatment. *J. Anim. Sci*, 53:1-6.
- Spross, A.S. y M. Pérez D. 1982. Contenido de Ca y P en sangre yugular de vacas Holstein en diferentes estados de producción láctea. Reunión de Investigación Pecuaria en México. P. 302-305.
- Stak, P.E., W. Miller J. y N.W. Neathery. 1975. Zinc Metabolic adaptation in Calves Fed High but non Toxic levels for vaariying time periods. *J. Anim. Sci*. 40:132.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistical. McGraw-Hill. Book Co. N.Y.
- Stonaker, H.H., J. Gómez, J. Buschman y J. Salazar. 1976. Crecimiento de novillos relacionados con minerales y pastos. A.L.P.A. Memoria. 11:102.
- Stozzek, M.J., P. Mika G. y P.H. Ewswig. 1986. Influence of Cu Supplementation on Blood and Liver Cooper in Cattle Fed Tall Fescue or Quackgrass. *J. Anim. sci*. 62:263-271.
- Sumuano, J.M., D. Rodríguez y R. Vázquez A. 1988. Concentración mineral en agua, suelo, forraje y ganado bovino en la región ganadera del sur del estado de Coahuila. Tesis Profesional. U.A.A.A.N. Coahuila, México.
- Tavera, G. 1985. Criterios para interpretación y aprovechamientos de los reportes de laboratorio para las áreas de asistencia técnica. Publ. no. 3. Sociedad Mexicana de la ciencia del Suelo. Coahuila, México.
- Taylor, I.H. y C. Templeton. 1983. Grassland Ecosystem Concepts. *J. Range manage*. Vol. 7:4.
- Tejada, R. L.R. McDowell, F.G. Moston and J.H. Conrad. 1985. Minerals element analysis of various tropical forrages in Guatemala and Their relationships to soil concentration. *Nutr. Resp. Int*. 32:313.
- Theiler, A., H.H. Green y P.J. Dutoit. 1924. Minimun Mineral Requeriments in Cattle. *J. Agric. Sci*. 27:191.
- Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grass. Soc*. 18:104.

- Tood, J.R. 1967. *Grass. Tetan. vet. Rec.* 81:6.
- Tokornia, C.H. y J. Dobereiner. 1973. Diseases Caused by Mineral Deficiencies in Cattle Raised Under Range Conditions in Brazil: A Review. *Pesq. Agrop. Bras.* 8:1-9.
- Torreblanca, F.P., E. Nieto G., G. Tapia P. y M.P. Rodríguez. 1985. Efecto de la zona geográfica sobre el contenido mineral de cuatro especies de pastos tropicales. Reunión Nacional de Caprinocultura. Memoria. p. 87.
- Tumwasorn, S. 1981. Responses of Beef Calves to Mineral supplement in the Central Thai Villages. Proc. Second Seminar pastures in Uruguay. C.I.A.T. Annual Report.
- Underwood, E.J. 1977. *Trece Elements in Human and Animal Nutrition.* 4a. ed. Academic Press Inc. N.Y. U.S.A.
- Underwood, E.J. 1981. *The Mineral Nutrition of Livestock.* 2a. ed. Commonwealth Agric. Bureaux, London.
- Valdivia R. y C.B. Ammerman. 1979. Efecto de la ingestión de suelos en la absorción del Fósforo en ovinos. A.L.P.A. Memoria. 14:35.
- Valdés, J.L., L.R. McDowell. M. Koger, G.L. Ellis y J.H. Conrad. 1985. Estado y suplementación mineral de ganado en pastoreo en la Costa Sur de Guatemala. A.L.P.A. Memoria. 20:37.
- Van Soest, P.J., D.R. Mertens y B. Deinum. 1978. Preharvest factors influency Quality of Conserved Forages. *J. Anim. Sci.* 47:412.
- Van Soest, P.J. 1982. *Nutritional Ecology of The Ruminant.* Oregon. O. and B. Books Inc. U.S.A.
- Velázquez, J.A. y A. Mata. 1979. Situación de la nutrición mineral en el estado de Monagas. A.L.P.A. Memoria. 14:27.
- Wayne, C.C. 1964. Symposium on Nutrition of forages and pastures Colecting Forages Samples representative of Ingested material of Grazing Animal, for Nutritional Studies. *J. Anim. Sci.* 23 (1):265-270.
- Weaver, L.D. 1987. Effects of Nutrition on Reproduction in Dairy Cows. *Vet. Clin. of North Amer. Food Anim. Pract.* 3:513-531.
- Williams, R.E. 1988. Conservation, Development and Use of the World's Rangeland. *J. Range Manage.* Vol. 21:355.

- Wolkweiss, S.J. y N.M. Rodríguez. 1978. Propiedades de los suelos que influncian las deficiencias minerales o toxicidades en los animales y plantas. En: J.H. Conrad y L.R. McDowell (eds.). Simposio Latino americano sobre investigación en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Univ. de Florida. p. 22.
- Word, G.M. 1978. Molybdenum Toxicity and Hipocruposis in Ruminants: A Review. J. Anim. Sci. 46:1078.
- Zapata, O.A., R. Rubio y H. Amaya. 1977. Respuesta productiva y reproductiva del ganado lechero al uso de un Polifosfato. A.L.P.A. 12:46.

7. APENDICE

Cuadro 14. Digestibilidad, Proteína Cruda y Concentración de minerales en el forraje disponible y del forraje seleccionado durante el experimento.

Fecha de muestreo	Componente morfológico	Digestibilidad (%)	Proteína Cruda (%)	Ca	P	Mg	Na	K	Cu	Fe	Zn	Mn
				----- %-----				----- ppm-----				
26-May-93	Hoja seca ^a	32.70	3.38	.49	.13	.27	.01	.58	2.5	529	22.8	164
	Hoja verde ^a	53.12	9.91	.34	.47	.24	.06	4.37	10.3	136	47.2	152
	Tallo seco ^a	26.35	2.17	.23	.17	.09	.02	.72	4.4	241	53.8	68
	Tallo verde ^a	36.70	3.16	.12	.19	.09	.05	1.36	4.3	122	41.6	108
	Forr. seleccionado ^b	48.85	9.12	.34	.30	.25	.03	1.9	2.7	109	16.6	120
28-Jul-93	Hoja seca	24.56	3.49	.39	.23	.21	.07	.91	3.5	285	19.6	170
	Hoja verde	54.98	11.03	.31	.49	.25	.08	3.19	5.7	118	24.3	143
	Tallo seco	26.83	1.86	.15	.1	.08	.01	.4	5.0	154	38.6	110
	Tallo verde	47.48	5.41	.10	.36	.11	.04	2.99	12.4	82	61.7	89
	Forr. seleccionado	45.08	10.3	.31	.40	.23	.02	3.10	5.6	140	34.0	130
05-Oct-93	Hoja seca	25.42	4.14	.43	.26	.23	.03	1.2	3.4	184	36.3	209
	Hoja verde	51.07	10.44	.35	.47	.27	.05	2.64	7.0	208	33.7	173
	Tallo seco	22.73	2.14	.15	.16	.10	.01	.83	6.3	373	42.5	87
	Tallo verde	39.02	6.59	.13	.3	.12	.05	2.98	11.5	135	38.4	118
	Forr. seleccionado	53.56	8.34	.38	.31	.21	.01	1.76	5.1	149	53.2	120
02-Ene-94	Hoja seca	22.23	2.87	.39	.23	.24	.03	1.1	2.8	364	55.8	162
	Hoja verde	59.23	6.75	.34	.32	.23	.02	3.2	4.8	147	54.6	116
	Tallo seco	24.54	1.48	.13	.16	.11	.02	1.0	7.5	141	128.5	128
	Tallo verde	39.81	1.71	.12	.25	.12	.02	1.5	11.1	104	148.8	125
	Forr. seleccionado	42.05	4.47	.36	.28	.26	.03	2.2	3.1	272	31.8	132
31-Mar-94	Hoja seca	23.00	2.65	.32	.25	.18	.03	0.9	1.6	318	13.1	135
	Hoja verde	59.99	6.91	.37	.31	.17	.02	1.7	3.1	182	11.0	94
	Tallo seco	15.76	1.47	.17	.21	.11	.02	1.2	5.1	118	37.2	62
	Tallo verde	33.55	2.09	.10	.22	.09	.02	1.1	5.1	173	30.4	47
	Forr. seleccionado	30.90	3.95	.29	.21	.19	.03	1.2	2.3	370	11.2	98
26-May-94	Hoja seca	24.75	3.7	.24	.12	.13	.02	0.4	3.7	457	12.7	122
	Hoja verde	65.22	14.2	.35	.37	.22	.08	2.8	11.3	192	19.9	158
	Tallo seco	17.63	2.25	.13	.10	.07	.01	0.9	5.1	425	21.8	57
	Tallo verde	32.00	2.71	.14	.22	.11	.03	1.8	9.9	94	19.6	64
	Forr. seleccionado	44.73	8.51	.33	.39	.17	.03	1.3	5.3	188	12.0	89
PROMEDIO GENERAL	Hoja seca	25.44	3.37	.38	.20	.21	.03	0.8	2.92	356	27.0	160
	Hoja verde	57.23	9.87	.34	.41	.23	.05	2.9	7.04	164	32.0	134
	Tallo seco	22.31	1.90	.16	.15	.09	.01	0.8	5.60	242	35.0	85
	Tallo verde	39.31	3.62	.12	.26	.11	.03	1.9	9.20	118	34.0	100
	Forr. seleccionado	44.19	7.45	.33	.31	.22	.02	1.9	4.0	205	26.5	120
REQUERIMIENTO ANIMAL				.24	.19	.10	.08	.65	8.0	50	30	40

^aLa muestra de forraje disponible y sus componentes se obtuvo a través de muestreos al azar en los potreros donde ingresarían a pastorear los animales, con la ayuda de un cuadro metálico (25x25 cm). Cada muestra obtenida era separada por composición botánica en: hoja seca, hoja verde, tallo seco y tallo verde.

^bLa muestra de forraje seleccionado por el ganado se obtuvo realizando simulación de pastoreo según técnica descrita por Wayne (1964). Dicho muestreo se realizó en los potreros donde se encontraban pastoreando los animales.

^cEl requerimiento animal está dado para vaquillas con una ganancia de peso de 400 g/animal/día.

Cuadro 15. Concentración de minerales en el suelo de las praderas utilizadas en el experimento de suplementación^a

Mineral	Concentración promedio	Criterio de deficiencia ^b
Calcio, ppm	721.1	140
Fósforo, ppm	12.6	25
Magnesio, ppm	754.0	30
Sodio, ppm	128	60
Potasio, ppm	63.07	60
Cobre, ppm	0.62	0.6
Fierro, ppm	5.97	4.5
Zinc, ppm	1.80	2.0
pH	5.8	7.0 ^c
Materia orgánica, %	3.07	> 3.0
Nitrógeno, %	0.10	0.02-4
Capacidad de campo, %	22.87	15-30
Punto de marchitez permanente, %	9.44	*

^a Las características del suelo que se explican en este cuadro representan el promedio de los cuatro potreros utilizados y de seis diferentes épocas del año (26-may-93, 28-Jul-93, 05-Oct-93, 02-Ene-94, 31-Mar-94 y 26-May-94), debido a que no existieron diferencias entre potreros ni entre época.

^b Según Bawen (1976), Jones (1972), Todd (1967), Breland (1976) y Valdes et al. (1985).

^c Valores considerados como adecuados, según Ortiz (1982), Fassbender (1975), y Aguilera y Martínez (1986).

Cuadro 16. Contenido de minerales y pH en el agua de bebida provenientes de Jaguey y Pozo

Fuente de agua	pH	Ca	P	Mg	K	Na	S	Cu	Zn	Fe
		-----					ppm	-----		
Pozo	7.56	10.2	2.82	3.25	6.06	20	6.4	0.21	0.014	*
Jaguey	7.08	8.95	4.18	11.03	2.93	50	*	*	*	*
Promedio	7.32	9.6	3.5	7.4	4.5	35	3.2	0.10	0.007	0

*Por debajo del límite de detección.

para Cu: 0.020 ug/ml

Zn: 0.004 ug/ml

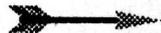
Fe: 0.113 ug/ml

Cuadro 17. Forraje ofrecido y sus componentes morfológicos^a.

Fecha de muestreo	Componente morfológico	kg M.S./ha	kg M.S./potrero
26-May-93	Hoja seca	4,178	10,027
	Hoja verde	270	648
	Tallo seco	2,062	4,949
	Tallo verde	373	896
	Total	6,883	16,521
26-Jul-93	Hoja seca	409	981
	Hoja verde	1,102	2,645
	Tallo seco	373	896
	Tallo verde	435	1,045
	Total	2,317	5,567
05-Oct-93	Hoja seca	1,013	2,432
	Hoja verde	1,137	2,730
	Tallo seco	907	2,176
	Tallo verde	835	2,005
	Total	3,892	9,343
02-Ene-94	Hoja seca	995	2,389
	Hoja verde	587	1,408
	Tallo seco	800	1,920
	Tallo verde	498	1,195
	Total	2,880	6,912
31-Mar-94	Hoja seca	192	461
	Hoja verde	96	230
	Tallo seco	333	799
	Tallo verde	384	922
	Total	1,005	2,412
26-May-94	Hoja seca	445	1,067
	Hoja verde	409	981
	Tallo seco	1,600	3,840
	Tallo verde	107	256
	Total	2,561	6,144

^a Se refiere a la cantidad de forraje acumulado durante un periodo de descanso de tres semanas. La cantidad total de forraje disponible para 14 vaquillas será la suma del forraje acumulado durante el periodo de descanso más el crecimiento durante el periodo de ocupación (tres semanas).

**IMPRESOS
"SAGITARIO"**

 **TESIS** 
URGENTES

ALDAMA # 131
TEXCOCO, EDO. DE MEX.

TEL. 497-79