

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA GABRIEL RENÉ MORENO**

**Facultad de Ciencias Veterinarias**

**COMPARACIÓN DE DOS SALES MINERALIZADAS EN EL DESEMPEÑO  
REPRODUCTIVO DE UNA GANADERIA COMERCIAL (PROV. CHIQUITOS  
DPTO. SANTA CRUZ)**

**Tesis de Grado  
presentada por:**

Rolly Alberto Sarabia Rivero

**Para obtener el título de:**  
Médico Veterinario Zooctenista

**Asesores:**  
Dr. Armando Peducassé C.  
Dr. José Luis Vaca R.

**Santa Cruz – Bolivia  
2006**

## DEDICATORIA

- A mis padres **Mamerto Sarabia y Olga Rivero** por haberme brindado todo su apoyo y esfuerzo de una manera incondicional para la culminación de mis estudios.
- A todos mis hermanos por su colaboración y el buen entendimiento.

## AGRADECIMIENTO

- **A Dios y a la Virgen María:**  
Por haberme prestado la salud y guiado mis pasos en el transcurso de mis estudios.
- **A la U.A.G.R.M., al plantel docente y administrativo de la Facultad de Ciencias Veterinarias.**  
Por haber contribuido en mi formación profesional.
- **A mis Asesores:**  
Dr. Armando Peducassé C. y Dr. José Luis Vaca R. por su asesoramiento y colaboración en la realización de este trabajo.
- **A mis Tribunales:**  
Dr. Andrés Parra L., Dr. Emilio Arze, y Dr. Javier Ortiz T. por la revisión y corrección del trabajo de tesis.
- **A mis compañeros:**  
De la promoción II-2004, Dr. Pablo Rosales.
- **A las Empresas,** Central de Insumos y Ganadería K de Oro por haberme brindado la oportunidad de llevar a cabo el presente trabajo de Investigación.



	3.8.1. Fertilidad del Suelo y tipo Forraje .....	32
	3.8.2. Estación del año .....	32
	3.8.3. Exigencia Individual .....	32
	3.8.4. Contenido de sal en el agua de bebida .....	33
	3.8.5. Palatabilidad del suplemento Mineral .....	33
	3.8.6. Disponibilidad de provisión fresca de Minerales .....	33
	3.8.7. Forma Física de los Minerales .....	34
	3.9. Trastornos de la Reproducción .....	34
	3.10. Importancia de la Suplementación Mineral en la Reproducción .....	35
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	37
	4.1. Material .....	37
	4.1.1. Descripción del área estudio .....	37
	4.1.2. Unidad de muestreo .....	37
	4.2. Métodos .....	38
	4.2.1. Método de campo .....	38
	4.2.2. Método estadístico.....	39
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
VI.	CONCLUSIÓN.....	47
VII.	ANEXO .....	48
VIII.	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	50

**INDICE DE CUADROS****CONTENIDO****Cuadro 1:**

Porcentaje de preñez en vacas suplementadas con dos tipos de Sales Minerales.....	40
---	----

**Cuadro 2:**

Consumo de Sal Mineral.....	42
-----------------------------	----

**Cuadro 3:**

Costo del uso de las dos Sales Minerales sobre la base de 1000 vientres .....	43
---	----

**Cuadro 4:**

Evaluación Económica del uso de las dos Sales Minerales sobre la base de 1000 vientres .....	44
--	----

**Cuadro 5:**

Evaluación Económica del uso de las dos Sales Minerales sobre la base de 1000 vientres .....	46
--	----

**COMPARACIÓN DE DOS SALES MINERALIZADAS EN EL DESEMPEÑO  
REPRODUCTIVO DE UNA GANADERIA COMERCIAL (PROV.  
CHIQUITOS DPTO. SANTA CRUZ)<sup>1</sup>**

**Sarabia, R.R.A.<sup>2</sup>, Peducassé, C.A.<sup>3</sup>, Vaca, R.J.L.<sup>4</sup>**

**Facultad de Ciencias Veterinarias, U.A.G.R.M.**

**I. RESUMEN**

El presente estudio fue realizado para evaluar diferencias en la tasa de preñez, suplementando vacas paridas Nelore y Mestizas con una sal mineral con 4,5% P (Grupo I) y otra sal con 10% P (Grupo II). El ensayo se llevó a cabo en la Ganadería K de Oro, ubicada al Este de la ciudad de Santa Cruz a 95 km sobre la Carretera Transcontinental (Bolivia – Brasil), Provincia Chiquitos, Segunda Sección, Cantón El Cerro, de Noviembre 2004 a Febrero 2005. El grupo I contaba con 945 vacas y el grupo II con 1396 vacas, todas con terneros al pie. El consumo de sal mineral/vaca/día para los grupos I y II fue de 40,4 g y 66,5 respectivamente. Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante la prueba de comparación de proporciones. El diagnóstico de preñez se realizó a los 75 días mediante la palpación rectal. Al evaluar la preñez en el Grupo I se obtuvo 65% y para el grupo II 70,1%, ( $P < 0,05$ ), existiendo una diferencia de 5,1% a favor de este último. El costo del uso de las dos sales minerales sobre la base de 1000 vientres en todo el periodo de prueba fue de \$us. 1.110 para el Grupo I y \$us. 3.457 en el Grupo II (Sal 10% P), existiendo una inversión de \$us. 2.347 más en el Grupo II. Al realizar una simulación de ingresos por venta de terneros al destete sobre la base de 1000 vientres, con los índices de preñez obtenidos menos un 5% por abortos y mortalidad del nacimiento al destete y a un precio de 130 \$us al destete, en el Grupo I (Sal 4,5% P), se venderían 618 terneros con un ingreso de 80.340 \$us, mientras que en el grupo II (Sal 10% P), se venderían 666 terneros con un ingreso de 86.580 \$us, generando una diferencia de 6.240 \$us a favor de grupo II, lo cual equivale a una diferencia porcentual de 7,2% de ingreso por venta de terneros y la diferencia del costo de sal vs ingreso por venta terneros fue de 3.893 \$us. Al suplementar sal mineral al 10% P existe una mayor eficacia reproductiva y económica de la ganadería analizada.

---

1 Tesis de Grado presentada por Sarabia, R.R.A., para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista.

2 Av. Héroes del Chaco # 89. Teléfono 77688341

3 Profesor Emérito de Nutrición Animal de la F.C.V.

4 Profesor Titular de Parasitología Veterinaria de la F.C.V.

## II. INTRODUCCION

A principios del siglo XIX, se demostró que la concentración de minerales en las plantas variaba de acuerdo al tipo de suelo y estado de madurez de las plantas, lo cual fue considerado de mucha importancia en la nutrición animal.

Las enfermedades causadas por las deficiencias minerales existen desde hace miles de años. Sin embargo antes de mediados del siglo XIX solo se tenía una vaga idea sobre la naturaleza, el origen y la función de los minerales encontrados en los tejidos animales y vegetales (Underwood, 1981).

La desnutrición es comúnmente aceptada como una de las limitaciones más importantes a la producción de animales en pastoreo en países tropicales donde los desbalances minerales (deficiencias y excesos) en suelos y forrajes han sido considerados responsables de la baja producción y problemas reproductivos entre los rumiantes en pastoreos en los trópicos.

En el siglo XIX había muy poco interés en la nutrición mineral de los animales domésticos y ésta era considerada de poca utilidad (McDowell, 1997). Desde hace mucho tiempo se ha utilizado la sal común para satisfacer el apetito natural por la sal que los herbívoros poseen y para darle sabor a los alimentos.

La nutrición inadecuada de minerales limita severamente la producción de rumiantes en las regiones tropicales. Los forrajes tropicales frecuentemente contienen concentraciones inadecuadas de los minerales requeridos. La suplementación adecuada de minerales para el ganado en pastoreo es esencial para maximizar la producción.

Los forrajes de suelos tropicales pueden ser altamente deficientes en muchos de los macro y microminerales esenciales para el animal. Por esta razón, es necesario proveer estos elementos como suplementos dietéticos con el objeto de promover una producción eficiente de animales en regiones de clima cálido. La empresa ganadera “K de Oro” con dedicación al ciclo completo de crianza vacuna utiliza sal mineralizada con 4,5% P. Interesada en como ver la relación costo beneficio al empleo de una sal conteniendo 10% P solicita apoyo técnico para desarrollar una prueba de campo en un hato en época de monta bajo los siguientes objetivos: **a)** Probar si existe un incremento en la tasa de preñez, suplementando sal mineral al 10% P a un grupo de vacas que recibían una sal al 4,5% P. **b)** Realizar la palpación rectal de las vacas a los 75 días después de finalizada la monta para su respectivo diagnóstico de preñez.

### III. REVISION BIBLIOGRAFICA

#### 3.1. GANADERIA BOVINA A NIVEL NACIONAL

En Bolivia existen importantes zonas aptas para la explotación pecuaria, donde gran parte del territorio nacional comprende tierras con pastizales naturales y cultivados, especialmente en el departamento de Santa Cruz, siendo la ganadería bovina de carne, uno de los pilares de la economía regional que tiene una alta participación en el producto interno bruto. Este rubro ha logrado constituirse en el más importante del sector pecuario por su productividad y su invaluable aporte nutritivo en la alimentación de familias cruceñas y bolivianas.

La historia de la ganadería en Bolivia se remota a la época de la conquista, puesto que fueron los propios conquistadores quienes introdujeron el ganado bovino a estas tierras. Dicho ganado era de origen ibérico el cual se lo comenzó a criar de forma extensiva, aprovechando la abundancia de pasturas naturales existentes. Esta explotación era de características meramente extractivas (7%), caracterizándose por la baja tecnología, siendo que a un inicio podríamos decir que era prácticamente una ganadería de sobrevivencia (Chávez, 2001).

En el año 1998 se estimó que la población vacuna de Bolivia estaba en torno de 6.290.881, de este total en el oriente boliviano (Beni, Santa Cruz y Pando) existen 4.510.358 cabezas de ganado. La ganadería nacional en general está cimentada sobre pasturas naturales en mayor escala y especies tropicales cultivadas, en menor proporción lo cuál nos coloca en una situación ventajosa sobre las naciones del hemisferio Norte (Este de Europa y EEUU), en lo que se refiere a los costos de producción, también en lo que quizás ahora es lo más importante para el mercado internacional, la posibilidad de producir carne de manera ecológicamente correcta y sostenible (Chávez, 1993).

La actual crisis económica está haciendo peligrar el futuro de la ganadería en Bolivia. Esto se debe a que los criadores han dejado de invertir en el manejo, principalmente en la sanidad, nutrición y genética.

En el aspecto nutricional es posible inferir que los saleros de muchas propiedades están vacíos o llenos de “sal común”, siendo que el común denominador de nuestros suelos es la alta deficiencia de minerales principalmente fósforo. Esto traerá un gran perjuicio tanto en la cantidad como en la calidad de animales producidos.

## **3.2. ASPECTOS QUE AFECTAN LA RESPUESTA REPRODUCTIVA**

### **3.2.1. FACTORES NO NUTRICIONALES**

#### **3.2.1.1. FACTORES INFECCIOSOS**

En el presente trabajo se revisarán los aspectos más relevantes de los principales factores infecciosos que producen disfunciones reproductivas en la hembra bovina, haciendo énfasis en aquellas de origen viral y, en menor medida, a las bacterianas y protozoarias.

##### **3.2.1.1.1. VIRALES**

###### **Rinotraqueitis Infecciosa Bovina**

Ocasionada por un virus denominado herpes bovino tipo 1 (BHV-1), perteneciente a la familia *Herpesviridae*. Se trata de un virus DNA, siendo similar al virus herpes humano. Es un patógeno citopático altamente contagioso que replica fácilmente

dentro de una célula creando puentes intercelulares que le permiten tomar posesión de células vecinas sanas sin ser expuestos a los mecanismos de defensa humoral del organismo. Está asociado principalmente con problemas reproductivos, rinotraqueitis, conjuntivitis y problemas nerviosos. El tiempo transcurrido entre la infección del feto y el aborto puede ser de 8 días a 3 – 4 meses, aproximadamente, sin importar el estado de gestación. No obstante a lo anterior, se describen casos de nacimientos de terneros infectados los que presentan anticuerpos contra el BHV-1 pero no evidencian signos clínicos. Estos animales, al presentar una infección latente, son una potencial fuente de infección para animales susceptibles. La reactivación de estas infecciones pueden ser ocasionadas por situaciones de estrés. El BHV-1 sigue siendo la causa viral más frecuentemente diagnosticada de abortos en muchas partes del mundo (Hube, 2001).

### **Diarrea viral Bovina/Enfermedad Mucosa**

El virus de la DVB/EM es un Pestivirus de distribución mundial y presenta una amplia variación antigénica. Se distinguen cepas citopáticas (cp) y no citopáticas (ncp). Ambas son virulentas para el ganado bovino. Las cepas ncp se encuentran en los bovinos que son inmunotolerantes y persistentemente infectados (PI) con el virus. El virus tiene efectos inmunosupresivos, disminuye el número y función de los linfocitos T y B, aumentando la susceptibilidad de los animales a otras enfermedades virales y bacterianas.

Los desórdenes reproductivos resultan en un rendimiento disminuido de los animales, lo que se traduce en bajas tasas de concepción, bajas tasas de nacimientos y más servicios por concepción. Los problemas reproductivos son difíciles de cuantificar debido a lo compleja que es la enfermedad y lo difícil que es obtener un correcto diagnóstico. El aborto puede presentarse en cualquier momento de la gestación produciendo también muerte embrionaria temprana (Hube, 2001).

Los bovinos PI son los transmisores de la enfermedad, diseminando continuamente el virus y por largos períodos. Incluso hembras PI pueden alcanzar su madurez sexual y parir terneros PI, perpetuando así la infección en el rebaño. Un toro PI puede ser una importante forma de diseminación del virus. La sobreinfección de un animal PI con una cepa cp causará la Enfermedad Mucosa la cual, la mayoría de las veces, es fatal. Cuando un bovino normal es infectado con cualquier cepa, desarrolla un enfermedad con moderados signos clínicos (Diarrea Viral Bovina), también habrá fiebre, leucopenia, depresión, anorexia, descargas nasales y oculares y disminución en la producción. Las principales vías de infección son la inhalación o ingestión de saliva, descargas óculo-nasales, orina o heces infectadas. También puede ocurrir a través de semen, secreciones uterinas, fluido amniótico o placenta que contengan virus (Hube, 2001).

#### **3.2.1.1.2. BACTERIANAS**

##### **Brucelosis**

Causada por *Brucella abortus*. Se caracteriza por causar abortos en hembras preñadas e infección de glándulas accesorias en machos. Es primariamente una enfermedad de la hembra y el aborto tardío es el signo clínico más obvio (después del 5to. mes de gestación). La infección también causa terneros prematuros o débiles.

Después de ingresar al organismo a través de ingestión, la *B. abortus* replica en los nódulos linfáticos regionales, la ubre y útero. La infección uterina ocurre durante el segundo trimestre. La mayoría de los casos de brucelosis resultan en abortos a los 5-8 meses de gestación. La transmisión natural de brucelosis puede ocurrir por ingestión de organismos desde forrajes contaminados o de tejidos corporales infectados. Los organismos están presentes en abundancia en fetos abortados, membranas fetales y descargas uterinas (Hube, 2001).

### **Campylobacteriosis**

Es una enfermedad venérea causada por *Campylobacter foetus*. Es un organismo obligado del tracto genital del bovino. No presenta signos clínicos típicos. El rendimiento reproductivo está desmejorado; tasas bajas de nacimiento (30-50%) son más comunes en esta enfermedad. Las vacas generalmente se recuperan espontáneamente en unos 5 meses y resisten la infección. La enfermedad se disemina a través de toros infectados. El organismo se establece en el útero causando inflamación del endometrio con exceso de mucus y pus. Esta condición puede durar 3 a 4 meses. La infección intrauterina impide la concepción o causa muertes embrionarias tempranas. Las vaquillas infectadas pueden volver al estro en 40 días.

La infección por *Campylobacter foetus* provoca infertilidad temporal, abortos tempranos, sin embargo, el aborto es raro. Lo usual es la presencia de un alto porcentaje de vacas retomando al estro y periodos de parición tardíos.

### **3.2.1.1.3. PROTOZOARIAS**

#### **Neosporosis**

Enfermedad causada por *Neospora caninum*. El huésped definitivo del parásito es el perro, el cual elimina los ooquistes por las heces contaminando los alimentos, agua y pasto, siendo fuente de infección para los demás animales. Los perros afectados presentan problemas nerviosos y musculares. Los signos clínicos asociados con Neosporosis en bovinos se observan como de orden nervioso en terneros y abortos en vacas. Los terneros infectados en el útero y que logran nacer pueden presentar signos nerviosos (contracción o hiperextensión de extremidades, ataxia, parálisis, desviación de globos oculares). Las vacas o vaquillas infectadas pueden abortar en cualquier

momento de la gestación, Sin embargo, la mayoría de los abortos se producen entre el 5° y 6° mes de preñez.

### **Trichomoniasis**

Enfermedad venérea causada por *Trichomona foetus*, el cual es un parásito obligado del tracto respiratorio. El toro es el portador de la enfermedad y no presenta signos clínicos. El protozoo crece en el pene y prepucio del toro y no estimula la respuesta inmune. En las hembras produce infertilidad, aborto temprano (primeros 60 días) y piometras. Además produce disminución en la tasa de concepción y períodos de calor irregulares. La muerte del embrión puede alcanzar el 5%. Después de ingresado, el protozoo crece y se multiplica en el útero cortando, eventualmente, la circulación en la placenta y evitando el suministro de nutrientes al feto (Hube, 2001).

## **3.2.2. FACTORES NUTRICIONALES**

El factor alimentario es de fundamental importancia para la fecundidad, ya sea por la cantidad o calidad de los alimentos que en forma indudable influye sobre las funciones orgánicas. Particularmente sobre las sexuales, determinando alteraciones de la ovogénesis, de la espermatogénesis y de la secreción hormonal (Chávez, 2003).

### **3.2.2.1. PROTEINAS**

Debido a que las proteínas son el principal constituyente de los órganos y estructuras blandas del cuerpo animal, se requiere de una provisión abundante y continua de ellas en el alimento durante toda la vida para crecimiento y reposición. La transformación de la proteína alimenticia en proteína corporal es una parte muy importante del proceso nutricional. Las proteínas vegetales difieren unas de otras y de las proteínas

animales; cada especie animal tiene sus proteínas específicas, que también varían en los diferentes órganos, fluidos y otros tejidos. No hay dos proteínas que sean exactamente iguales en cuanto a su comportamiento fisiológico. Los requerimientos proteicos de los rumiantes se ven afectados por el estado fisiológico del animal, siendo particularmente elevados durante los períodos iniciales del crecimiento, gestación tardía y lactancia, en los cuales la síntesis de proteína microbiana no es suficiente para cubrir la demanda de aminoácidos del animal. Para poder satisfacer el requerimiento proteico, tanto para fermentación ruminal, mantenimiento y producción animal es posible hacerlo a través de un manejo de pasturas de preferencia cultivadas, simple o asociadas, o en su defecto, con la suplementación con ingredientes proteínico (Maynard y Loosli, 1988).

El tipo y nivel de suplementación de proteína y energía influencia el consumo del suplemento mineral disminuyendo tanto la necesidad como el deseo por los minerales *ad libitum*. Se reportado que existe una gran variabilidad diaria en el consumo de sales minerales y de los bloques con proteína y minerales cuando se ofrecieron a animales europeos de carne. Las concentraciones inadecuadas de proteína y energía traen como resultado la pérdida de peso en los animales, lo cual disminuye el requerimiento mineral (Mcdowell, 1997).

### **3.2.2.2. ENERGIA**

El alimento es la fuente de energía tanto para el hombre como para los animales. Los carbohidratos, grasas y proteínas que provee el alimento al organismo pueden ser usados como energía para regular la temperatura corporal y mantener las funciones vitales del crecimiento, actividad, producción y reproducción. Según la edad y la especie animal de que se trate, entre 70 y 85 % del total de la materia seca ingerida se usa para generar la energía necesaria para estas funciones. Los minerales, vitaminas y enzimas desempeñan un papel importante en la digestión y metabolismo, los que

liberan y hacen disponible la energía del alimento. La falta de alimento o su calidad deficiente, que puede reducir su aceptación o digestibilidad, restringiendo así el suministro energético, es un serio problema para la salud del hombre y de los animales, así como para la productividad en muchas áreas del mundo. No obstante que las deficiencias nutricionales específicas, como las de proteínas, vitaminas o minerales, son causas importantes de un lento desarrollo y crecimiento, baja productividad, enfermedades y aun la muerte, la escasez de alimento representa el mayor problema nutricional para los animales y el hombre.

La rentabilidad y productividad elevadas están determinadas en primer lugar por el nivel del consumo energético por el animal, dependiente este del consumo de forraje y de la concentración energética de la ración. El principal objetivo del alimento es el aporte de energía para los procesos corporales, incluyendo el almacenamiento de energía (Maynard, 1988).

### **3.2.2.3. VITAMINAS**

Las vitaminas son de extrema importancia en la suplementación animal debido a la capacidad que ellas tienen de viabilizar y auxiliar la utilización de otros nutrientes. Muchos procesos metabólicos son iniciados y controlados por vitaminas específicas.

Las vitaminas son componentes orgánicos de los alimentos. Desempeñan un papel importante en la utilización de las proteínas, los carbohidratos, los lípidos, de las sales minerales y del agua. Todas las vitaminas influyen directa o indirectamente en la esfera sexual. Las vitaminas A, C, D y E; tienen gran importancia en el desempeño reproductivo (Maynard, y Loosli, 1988).

La vitamina A, cumple ciertas funciones como ser:

- Protectora para todo el ectodermo e importante para génesis, regeneración y protección de la piel y las mucosas.
- Importante para el crecimiento, el desarrollo del esqueleto y la fecundidad de los animales.
- Mejora la formación de anticuerpos y así la resistencia corporal.
- Participa en la regulación del metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas.

La deficiencia de esta vitamina produce una:

- Esterilidad en bovinos.
- Alteraciones del ciclo menstrual
- En los machos da origen a formas degenerativas del epitelio germinativo.
- En las hembras se produce fácilmente la queratinización del epitelio endometrial, lo obstaculiza el anidamiento del óvulo.

La vitamina C, acompaña el poder reproductivo de las vacas y de los toros, su administración adecuada parece aumentar el vigor sexual, la cantidad y vitalidad de los espermatozoides, además participa en la síntesis del colágeno (hueso, cartílago, piel) y en la coagulación de la sangre. Animales en estadios deficitarios de esta vitamina presentan reducción del crecimiento y de la fertilidad y además están predispuestos a contraer infecciones (Maynard y Loosli, 1988).

La vitamina D, regula el metabolismo del Calcio y Fósforo, en particular promueve la absorción de estos elementos desde el intestino. Regula la excreción de ambos macroelementos vía renal. Controla la incorporación del Ca y P en el tejido esquelético. Las deficiencias producen desórdenes en el metabolismo del Ca y P ocasionando una inadecuada incorporación del Ca en los huesos en crecimiento (raquitismo), baja deposición en los huesos adultos (osteodistrofia), deformación de articulaciones y huesos largos, desórdenes en el crecimiento.

La vitamina E, interviene en la actividad del cuerpo lúteo y en el desarrollo de la preñez, favoreciendo la transformación endometrial en el desarrollo del óvulo.

La deficiencia de esta vitamina produce:

- Aborto
- Retención de placenta
- Retención de fetos muertos.

### **3.2.2.4. MINERALES**

#### **3.2.2.4.1. FUNCIONES, DEFICIENCIAS Y TOXICIDAD DE MINERALES**

##### **CALCIO (Ca) Y FOSFORO (P)**

**Función:** El Ca y el P tienen funciones vitales en casi todos los tejidos del cuerpo y tienen que estar disponibles para los animales en las cantidades y relaciones adecuadas. Estos elementos representan más del 70% del total de los minerales del cuerpo. El 99% del Ca y el 80% del P del cuerpo se encuentran en los huesos y los dientes. El Ca es esencial para la formación del esqueleto, la coagulación sanguínea normal, la acción rítmica del corazón, la activación enzimática y la permeabilidad de las membranas. Además de la formación ósea, el P también es esencial para el funcionamiento adecuado de los microorganismos del rumen, especialmente los que digieren la celulosa de las plantas ingeridas; para la utilización de la energía de los alimentos; para la regulación del pH de la sangre y otros fluidos; y para muchos sistemas enzimáticos y el metabolismo de las proteínas. Además es un componente de RNA y DNA. Los requerimientos de fósforo para el ganado vacuno están de 0,18 a 0,70% de la materia seca (BMS) de los forrajes (McDowell *et al.*, 1984).

**Deficiencias:** Los signos clínicos de una deficiencia marginal de Ca y P no son distinguidos fácilmente de otras deficiencias. Un consumo inadecuado de Ca puede causar debilidad de los huesos, reducción en el crecimiento, producción baja de leche, y en deficiencias severas, tetania (convulsiones). Los signos de la deficiencia de P no son reconocidos fácilmente, excepto en casos severos por la presencia de huesos frágiles, debilidad general, pérdida de peso, emaciación, rigidez, disminución en la producción de leche y masticación de madera, piedras, huesos y otros objetos puede ser notada. Los forrajes maduros contienen menos de 0,15% de P. Bajo condiciones extremas de falta de P, el ganado puede pasar dos a tres años sin producir un becerro o sin entrar en estro (McDowell, 1997).

**Toxicidad:** Los excesos de Ca o P pueden causar defectos óseos y reducir el consumo de alimentos y la ganancia de peso. Si se asume un consumo adecuado de P y dependiendo de la edad y el estado de producción, los niveles máximos tolerables de Ca son 2% para el ganado bovino y los ovinos. Para el P, los niveles máximos tolerables son cerca de 0,6% para los ovinos y 1% para el ganado. Un nivel elevado de Ca o P reduce la eficiencia de utilización del otro (Ca o P) y también puede reducir la utilización de otros minerales. Si se añade Ca en exceso a una dieta adecuada en todo lo demás puede resultar en una deficiencia de otros elementos, como por ejemplo P, Mg, I, Zn y Mn (NRC. 1980).

### **MAGNESIO (Mg)**

**Función:** El Mg tiene muchas funciones fisiológicas. El Mg en el esqueleto es importante para la integridad de los huesos y los dientes. El Mg está involucrado vitalmente en el metabolismo de los carbohidratos y los lípidos como catalizador de una gran variedad de enzimas que requieren este elemento para una actividad óptima. También forma parte de la síntesis de proteínas. El Mg tiene una función importante en la transmisión y actividad neuromuscular. Los requerimientos dietéticos de Mg de los animales varían con la especie, la raza, la edad y la tasa de crecimiento o de

producción del animal, y con la disponibilidad biológica del mineral en la dieta. Para las vacas de carne en gestación ha sido estimado entre 7 y 9 g/día, y entre 18 y 22 g/día durante la lactancia (McDowell, 1997).

**Deficiencias:** Los signos de la tetania hipomagnesémica se manifiestan en los rumiantes en pastoreo y también en los becerros alimentados por largo plazo con leche, sin tener acceso a otros alimentos. La susceptibilidad a la tetania de los pastos aumenta en los rumiantes más viejos por la disminución en la habilidad de movilizar el Mg del esqueleto a medida que envejecen.

La tetania clínica es endémica en algunos países, afectando sólo a una pequeña proporción del ganado (1 a 2%). La incidencia de hipomagnesemia no clínica, aunque no sea caracterizada por la muerte, es mucho mayor que la de la tetania clínica, y las consecuencias económicas de la reducción en la producción son sustanciales.

Los signos clínicos de la hipomagnesemia en los rumiantes incluyen la reducción de apetito, excitación incrementada, salivación profusa y convulsiones. En los casos más profusos, las vacas afectadas se pueden mantener alejadas del rebaño, rigidez al caminar, pierden el apetito, el animal cae al piso y los espasmos continúan.

**Toxicidad:** La toxicosis por Mg debida a la ingestión de alimentos naturales no ha sido reportada y no parece ser posible. Resulta que bajo estas condiciones si hay sobre consumo o absorción de Mg elevando su tenor sérico a  $>3,6$  mg/100 ml, entonces se produce su eliminación vía riñón. Por esto, la toxicosis ocurría mayormente por el uso de niveles excesivos de Mg. suplementario superior a 0,4% (NRC, 1980).

## **POTASIO (K)**

**Función:** El K es el tercer elemento mineral de mayor abundancia en el cuerpo animal y el principal catión de los fluidos intracelulares. El K es esencial para la vida, ya que es requerido para una variedad de funciones corporales como el balance osmótico, actividad muscular, el equilibrio ácido-base, varios sistemas enzimáticos y el balance del agua. Los requerimientos para las especies rumiantes oscilan entre 0,5 y 1,0%.

**Deficiencias:** La deficiencia de potasio en los rumiantes resulta en signos no específicos, tales como la reducción del crecimiento, reducción del consumo de alimento y agua, la disminución de la eficiencia de utilización del alimento, debilidad muscular, rigidez de las articulaciones, emaciación y desórdenes nerviosos (McDowell, 1997).

En las regiones tropicales, es posible que las deficiencias de K surjan por la disminución del contenido de este mineral a medida que la madurez del forraje aumenta durante la estación seca extendida y por el uso de la urea, la cual no supe ninguna cantidad de este elemento.

**Toxicidad:** Es sugerido que el nivel máximo tolerable de K es 3% (NRC, 1989). El K que es ingerido después de haberse cumplido el requerimiento es excretado rápidamente. Por eso, la toxicosis por K no es un problema práctico bajo condiciones normales.

## **SODIO (Na) Y CLORO (Cl)**

**Función:** El Na y el Cl, al igual que el K, actúan en el mantenimiento de la presión osmótica y en la regulación del equilibrio ácido-base. Estos dos elementos minerales funcionan como electrolitos en el fluido corporal y están específicamente

relacionados con el metabolismo del agua a nivel celular, la toma de nutrientes, y la transmisión de impulsos nerviosos. El Cl es esencial para la formación de ácido clorhídrico en el jugo gástrico. Los requerimientos de Na para rumiantes oscilan entre 0,04 y 0,25% de la dieta, siendo el nivel más alto el requerido por las vacas lecheras lactantes. Pero generalmente, el requerimiento de Cl para rumiantes es desconocido (McDowell, 1997).

**Deficiencias:** Uno de los principales signos de una deficiencia de Na y Cl es el ansia por la sal, demostrado por un constante lamer de madera, tierra, sudor de otros animales y el consumo de agua. El ganado vacuno privado de sal se puede volver tan voraz que algunas veces los animales se pueden golpear entre ellos en un intento para comer sal (Underwood, 1981). Los signos más pronunciados de deficiencia de sal son incoordinación, temblor corporal, debilidad y pérdida del ritmo cardíaco, lo cual puede conducir a la muerte. En países de clima tropical, la mayoría del ganado en pastoreo no recibe suficiente sal o tiene un acceso limitado a la sal durante ciertas épocas del año. La deficiencia de Na y Cl es más probable que ocurra durante la lactación, debido a la deposición de Na en la leche, en animales en crecimiento rápido, bajo condiciones de clima tropical o clima semiárido caliente, donde grandes cantidades de agua y Na son pérdidas a través del sudor y donde los pastos son deficientes en Na (Maynard y Loosli, 1988).

**Toxicidad:** La mayoría de los animales pueden tolerar grandes cantidades de sal en la dieta cuando tienen bastante agua disponible. Los signos clínicos que se ven son problemas digestivos, baja ganancia de peso y diarrea.

## **AZUFRE (S)**

**Función:** El S es un elemento importante en la síntesis de proteína debido a que dos aminoácidos importantes metionina y cistina contienen S. Del mismo modo, el S forma parte de algunas vitaminas tales como tiamina y biotina. Las funciones

corporales que involucran el S son: síntesis y metabolismo de proteínas, metabolismo de lípidos y carbohidratos, coagulación de la sangre, funciones endócrinas, y equilibrio ácido-base en el fluido intra y extracelular. El requerimiento de S en los rumiantes aún no está bien definido. Entre 0,1 y 0,32% es el requerimiento de S estimado para rumiantes en pastoreo (McDowell, 1997).

**Deficiencias:** Los signos producidos por las deficiencias de S han sido identificados como pérdida de peso, debilidad, lacrimación, torpeza y muerte. En una deficiencia de S, la síntesis de proteína microbiana se reduce. Por lo tanto, el animal presenta signos de una mala nutrición proteica. Algunos reportes de regiones tropicales indican que la fertilización de S podría incrementar el consumo del forraje debido a que mejora la palatabilidad de ciertas especies que no son muy palatables.

**Toxicidad:** El máximo nivel tolerable para el S se ha reportado ser 0,40% (NRC, 1996). El ganado vacuno puede tolerar más del S proveniente de ingredientes naturales que de sulfatos agregados en las dietas. Niveles excesivos de S pueden causar dolor abdominal, diarrea, deshidratación severa, olor fuerte a sulfuro en el aliento pulmones congestionados y severa enteritis; pudiendo asimismo, interactuar negativamente con el Cu.

## **COBRE (Cu)**

**Función:** El Cu es necesario para la respiración celular, favorece la absorción y reabsorción intestinal del hierro, la formación de huesos, una apropiada función cardíaca, el desarrollo del tejido conectivo, mielinización de la médula espinal, queratinización y pigmentación de los tejidos. En relación con el sistema inmunológico, la deficiencia de Cu afecta las células T y B, los neutrófilos y los macrófagos. Por lo tanto, reduce la cantidad de células que producen anticuerpos. El requerimiento de cobre para el ganado vacuno es de 4 ppm. (Underwood, 1981).

**Deficiencias:** La deficiencia de Cu es la limitante más importante para los animales en pastoreo en la mayoría de las regiones tropicales. Las deficiencias de Cu en rumiantes aparecen principalmente bajo condiciones de pastoreo, y los signos severos de deficiencia son raros cuando se suministran alimentos concentrados. La deficiencia de Cu se presenta generalmente cuando el nivel de Mo en el forraje es mayor de 3 ppm y el de Cu es menor a 5 ppm. (Underwood, 1969).

La reducción en la tasa de concepción, y el retardo y la falta de presentación de estro son signos de deficiencia de Cu en el ganado vacuno. Otros signos en vacas deficientes de Cu son: dificultad al parto, retención placentaria, y terneros nacidos con raquitismo congénito. Un nivel inadecuado de Cu puede causar problemas de bajo crecimiento, baja producción de leche y baja tasa de reproducción (Underwood, 1981).

**Toxicidad:** La tolerancia de varias especies de ganado a la toxicidad crónica de Cu varía considerablemente (NRC, 1980), y algo de variación existe entre razas de animales. Los animales monogástricos son más tolerantes a la toxicidad por el Cu, siendo los rumiantes los más susceptibles. Para ganado vacuno el nivel de tolerancia es de 100 ppm de Cu (NRC, 1980) mientras que en los ovinos es de 35 ppm. Algunos signos de toxicidad por el Cu en los animales son: náuseas, convulsiones, parálisis, colapso y muerte. También comprende anemia, distrofia muscular, bajo crecimiento y deterioración de la reproducción (NRC, 1980). La toxicidad crónica por el Cu bajo condiciones de pastoreo ocurre como resultado de un consumo elevado de Cu o de un consumo muy bajo de Mo y S.

## **COBALTO (Co)**

**Función:** El Co es requerido por los microorganismos del rumen para la síntesis de vitamina B12. Aunque el Co es reconocido como un microelemento esencial para los rumiantes, la función nutricional del Co no fue descubierta sino hasta el

descubrimiento de la citada vitamina en 1948. La cianocobalamina, contiene aproximadamente 4,5% de Co. Su síntesis en el rumen depende de la presencia de Co, el contenido de forraje en la dieta, y el consumo total de la dieta. No hay evidencia de que exista síntesis de vitamina B12 dentro del tejido del cuerpo; por lo tanto, los rumiantes dependen de la capacidad de los microorganismos en el rumen para su síntesis. Los microorganismos del rumen producen varios compuestos que contienen Co, similares a la vitamina B12, los cuales no tienen la misma actividad a nivel tisular. El requerimiento de los rumiantes por Co ha sido establecido entre 0,1 y 0,2 ppm. (McDowell, 1997).

**Deficiencias:** La deficiencia de Co ocurre más frecuentemente en rumiantes en pastoreo y está bien difundida a través de grandes áreas en la mayoría de los países en el trópico. Al aumentar el pH del suelo por medio del encalamiento, se reduce la cantidad de Co que la planta pueda absorber, aumentando así la severidad de la deficiencia. Las deficiencias más severas en rumiantes pueden ocurrir en buenos pastos. Las manifestaciones visuales de la deficiencia de Co no son específicas y son similares a esas encontradas en animales malnutridos debido al bajo consumo de energía y proteína. Los animales en pasturas deficientes en Co gradualmente pierden el apetito y tienen un crecimiento lento o pérdida de peso, pelaje áspero, anemia severa y muerte. Los animales muy jóvenes son los más susceptibles y podrían presentar signos de crecimiento débil o bajo consumo de alimentos.

Los pastos con niveles debajo de 0,1 ppm de Co en base seca serán más probables de producir una deficiencia en corderos y terneros, mientras que un acceso prolongado a pastos con menos de 0,07 ppm de Co van a producir una deficiencia extendida de dicho elemento (McDowell, 1997).

**Toxicidad:** El Co tiene escasas posibilidades de ser tóxico en todas las especies estudiadas. Dosis diarias de 3 mg. de Co por kg de peso vivo o aproximadamente

150 ppm en dietas secas (1000 veces el nivel normal) pueden ser toleradas por ovejas durante varias semanas sin presentar signos clínicos visibles de toxicidad.

## **YODO (I)**

**Función:** La única función conocida del I es en la síntesis de hormonas de la tiroides, las cuales son tiroxina y triyodotironina. La tiroxina contiene aproximadamente un 65% de I. Las hormonas de la tiroides tienen un papel activo en la termorregulación, el metabolismo intermedio, la reproducción, el crecimiento y desarrollo, la circulación y función muscular. La principal función del I, a través de su presencia en las hormonas de la tiroides, es la de controlar la tasa de oxidación en todas las células. Las hormonas de la tiroides controlan el crecimiento físico y mental en humanos y la diferenciación o metabolismo de los tejidos. También afectan en los animales el crecimiento del pelo, el pelaje y las plumas e influyen en el metabolismo de los nutrientes. Los requerimientos estimados de I para rumiantes varían entre 0,05 y 0,8 ppm. Los requerimientos de I para el crecimiento no son necesariamente los mismos que para la lactación y la reproducción o para mantener la integridad de las funciones y estructura de la tiroides (McDowell, 1997).

**Deficiencias:** La deficiencia de I en los humanos o los animales de granja, como el bocio endémico, es una de enfermedades más comunes encontrada en casi todos los países del mundo. Como resultado del uso de la sal yodada, la incidencia del bocio ha bajado. En los rumiantes jóvenes, la deficiencia de I es manifestada por debilidad y nacimientos de animales ciegos, sin pelo o muertos. La deficiencia de I en los animales de crianza reduce la productividad, resultando en irregularidad o supresión del período estral. El desarrollo fetal puede ser afectado en cualquier estado, resultando muerte temprana, absorción, aborto y muerte al nacer o nacimientos de animales débiles, asociados con gestación y partos prolongados y retención de membranas placentarias (Underwood, 1981).

**Toxicidad:** La toxicosis de I puede resultar cuando se usan niveles altos del elemento durante períodos prolongados para corregir o prevenir enfermedades tales como la necrosis de la piel interdigital. Los signos de la toxicidad incluyen depresión en el apetito, dificultad al tragar, tos seca, escamosidad y lagrimas excesivas en los ojos.

En el ganado vacuno, los signos de toxicidad por el I pueden aparecer cuando la dieta contiene entre 50 y 100 ppm. Los terneros, pre rumiantes, toleran hasta 50 ppm de I en la leche por un período de cinco semanas después del parto (McDowell, 1997).

## **HIERRO (Fe)**

**Función:** El Fe existe en el cuerpo principalmente en formas complejas, enlazado con proteínas. El hierro es un elemento vital en el metabolismo del animal, principalmente en el proceso de respiración celular, como componente de la hemoglobina y la mioglobina. Los requerimientos de Fe en los rumiantes no están bien establecidos. Sin embargo, es de conocimiento común que los animales jóvenes requieren más Fe que los adultos (McDowell, 1997).

**Deficiencias:** Los rumiantes jóvenes son más susceptibles a la deficiencia de Fe debido a que la leche contiene bajos niveles de Fe. Los terneros alimentados exclusivamente con leche presentan anemia y además baja ganancia de peso, respiración difícil después de ejercicios moderados. En los rumiantes adultos es muy raro que ocurra la deficiencia de Fe, al menos que haya pérdida de sangre, ya sea por parásitos o cualquier enfermedad. La deficiencia de Fe en los animales en pastoreo es muy rara debido a que las plantas generalmente contienen un nivel adecuado de Fe y también debido a la contaminación de las plantas con el suelo, rico en Fe.

**Toxicidad:** El Fe es considerado uno de los microminerales menos tóxicos. Para los rumiantes, el nivel máximo tolerable es de 1000 ppm (NRC, 1980). Algunos signos de toxicidad son la reducción del consumo de alimento, baja ganancia de peso, hipotermia y acidosis metabólica. El desequilibrio mineral tipificado por exceso de Fe

asociado con pastos tropicales puede interferir con el metabolismo de otros minerales (Cu y P).

### **MANGANESO (Mn)**

**Función:** El Mn es necesario en el cuerpo para la estructura normal de los huesos, la reproducción y la función normal del sistema nervioso. También es un cofactor en muchas enzimas asociadas con el metabolismo de los carbohidratos. Los requerimientos mínimos de Mn para rumiantes no están bien establecidos pero podrían encontrarse entre 20 y 40 ppm. El crecimiento del animal no demanda tanto Mn como lo demanda la reproducción (Underwood, 1981).

**Deficiencias:** Los signos clínicos y las condiciones típicas de deficiencia de Mn son: subóptimo crecimiento del esqueleto, reducción de la resistencia del esqueleto al quebrado, malformación de huesos, reducción del almacenamiento de Mn en los huesos, el hígado, el pelo y los ovarios, reabsorción fetal, deformaciones fetales y bajo peso al nacimiento. Las anomalías del esqueleto resultan en cojera en los animales adultos y en incoordinación en los recién nacidos (McDowell, 1997).

**Toxicidad:** Los animales pueden tolerar el Mn en exceso. El Mn es considerado uno de los elementos menos tóxicos. Para el ganado bovino y ovino la Academia Nacional de Ciencias (National Academy of Sciences) (NAS) sugiere que el nivel máximo es de 1000 ppm.

### **SELENIO (Se)**

**Función:** El Se es esencial para algunas funciones corporales, tales como el crecimiento, la reproducción, la prevención de enfermedades y la protección de la integridad de los tejidos. Las funciones metabólicas del Se están fuertemente relacionadas con la vitamina E. Ambos elementos protegen las membranas celulares

contra la degeneración y muerte de los tejidos. El Se forma parte de una selenoproteína en el espermatozoide que sirve como proteína estructural de la mitocondria o como enzima; juega un papel en la síntesis de prostaglandinas, y además el Se y la vitamina E son necesarios para una respuesta inmunológica normal. El Se también protege contra daños causados por metales pesados como Cd, Hg y Ag. (McDowell **et al.**, 1984; Underwood, 1969). El nivel mínimo de Se recomendado por el NRC varía entre 0,1 y 0,3 ppm. (NRC, 1996).

**Deficiencias:** El principal signo de una deficiencia marcada de Se en los rumiantes adultos es la baja tasa de reproducción. En los terneros, los músculos de la lengua pueden ser afectados, de tal manera que los animales no pueden mamar (NRC, 1980). En algunos casos, los animales pueden morir repentinamente debido a un paro cardíaco a consecuencia del daño a la musculatura del corazón.

En casos no muy severos, en los cuales los terneros están rígidos y tienen dificultad para mantenerse de pie, la administración de inyecciones de Se y vitamina E mejoran la condición de los animales rápida y drásticamente. Otro signo de la deficiencia de Se es la baja productividad, la cual se observa en ganado vacuno de leche y de carne a cualquier edad (Underwood, 1981). La deficiencia de Se debilita el sistema inmunológico (McDowell, 1997). Cuando el nivel de Se en el suero sanguíneo es menor de 0.04 ppm, se han reportado altas incidencias de retención de placenta.

**Toxicidad:** El Se es uno de los pocos elementos conocidos que puede ser absorbido por las plantas en suficientes cantidades como para causar peligro de toxicidad. El envenenamiento crónico se caracteriza por somnolencia, enflaquecimiento, crecimiento alargado de los cascos o las pezuñas, rigidez, cojera, crujir de dientes y algún grado de parálisis. A esta condición se la llama “enfermedad alcalina o cojera tambaleante”. La enfermedad alcalina se ha presentado en animales pastoreando forrajes con niveles excesivos de Se (5 a 40 ppm).

## ZINC (Zn)

**Función:** El Zn tiene muchas interacciones significativas con las hormonas. Tiene un papel en la producción, el almacenamiento y secreción de hormonas individuales. La espermatogénesis y el desarrollo de los órganos sexuales primarios y secundarios en el macho y todas las fases del proceso reproductivo en la hembra desde el estro hasta el parto y la lactancia pueden ser adversamente afectados por deficiencia de Zn.

Los requerimientos de Zn sugeridos para los rumiantes varían de 20 a 40 ppm. (NRC, 1996).

**Deficiencias:** Los signos iniciales de la deficiencia de Zn incluyen reducción en el consumo de alimentos, tasa de crecimiento y eficiencia alimenticia, seguidos por desórdenes de la piel; piel seca y escamosa. La paraqueratosis de la piel es tal vez el signo clínico más obvio de los rumiantes severamente deficientes en Zn. En los terneros el escroto, la cabeza y el área alrededor de las fosas nasales, el cuello y las piernas con mayor frecuencia muestran paraqueratosis. En las vacas lactantes, los pezones pueden presentar considerable paraqueratosis (McDowell, 1997).

**Toxicidad:** Los bovinos, los ovinos y la mayoría de los mamíferos exhiben considerable tolerancia al alto consumo de Zn. La magnitud de la tolerancia depende principalmente de los contenidos relativos de Ca, Cu y Fe con los cuales el Zn interactúa en los procesos de absorción y utilización. Los niveles dietéticos de Zn en exceso de 500 ppm son necesarios para afectar adversamente la productividad de los rumiantes.

### 3.3. SUPLEMENTOS MINERALES

Actualmente se dispone de una amplia gama de suplementos minerales inorgánicos, que abarca la totalidad de los nutrientes minerales esenciales, para su empleo en la alimentación de los animales domésticos y cada vez se utilizan más para reforzar las raciones precisas para cubrir las necesidades de animales cuyas producciones experimentan un aumento continuo, además se va disponiendo de menos subproductos animales en la formulación de raciones y va aumentando el uso de productos industriales como la urea. La sal común (NaCl) ocupa una posición única entre los suplementos minerales por ser sabrosa y atrayente para la mayoría de los animales. Cabe esperar que se consuman generalmente cantidades suficientes, e incluso más que suficientes, para cubrir sus necesidades cuando dispongan libremente de sal y que la busquen activamente cuando los suministros sean menos abundantes.

Además, por su sapidez es un portador valioso de otros minerales que pueden mezclarse con la sal para formar mezclas minerales o bolas para lamer. Mientras que las mezclas minerales contengan 30-40% o más, los animales consumirán normalmente cantidades suficientes para cubrir sus necesidades suplementarias de otros minerales, tales como fósforo, magnesio, cobre, cobalto o selenio, que hayan sido añadidos a la sal. En tales casos la sal permite asegurar un consumo adecuado de otros minerales deficientes más que representar un suplemento de NaCl.

Cuando los suplementos minerales se incorporan a las raciones destinadas al consumo, tal como suele hacerse en la alimentación de cerdos, gallinas o vacas lecheras, no es preciso explotar el atractivo particular de la sal común de la forma indicada anteriormente y la proporción de sal que se incluye en la ración no deberá superar mucho las necesidades reales de cloro y de sodio (Underwood, 1981).

### **3.4. FUENTES DE MINERALES**

#### **3.4.1. Forrajes**

En los países tropicales, muchas veces el ganado en pastoreo no recibe suplementación mineral además de sal común y debe depender casi exclusivamente de los forrajes para satisfacer sus requerimientos. Sin embargo, son muy pocas las veces que los forrajes tropicales pueden satisfacer completamente todos los requerimientos minerales. Por esta razón los factores que determinan el contenido mineral de las porciones vegetativas de las plantas y de sus semillas son los factores que determinan básicamente los consumos minerales de los animales domésticos.

Ciertas publicaciones de diferentes regiones tropicales han documentado las faltas deficiencias de los forrajes tropicales para rumiantes en pastoreo (McDowell, 1997; Underwood, 1981).

#### **3.4.2. El Agua y el Suelo**

A pesar de que el agua normalmente no representa una fuente importante de minerales para el ganado, todos los elementos minerales esenciales están en el agua hasta cierto nivel. Ocasionalmente, el agua contiene elementos en concentraciones tóxicas. El mejor ejemplo es el efecto de la toxicosis por el F en los humanos y los animales de regiones de fluorosis, y en algunas zonas del mundo el agua de que disponen los animales es tan salada que las cantidades ingeridas de cloro y sodio superan ampliamente las necesidades de esos elementos. Algunas aguas “duras” aportan también cantidades significativas de calcio, magnesio, azufre y ocasionalmente de otros minerales (Chachamovitz **et al.**, 2003).

Sin darse cuenta, los rumiantes en pastoreo pueden consumir grandes cantidades de suelo como consecuencia natural del pastoreo. El consumo deliberado del suelo

(geofagia), por otro lado, es clasificado como una clase de “pica”, la cual es definida como la masticación de objetos y el consumo de materiales por el animal no considerados como alimentos naturales. El consumo directo de grandes cantidades de suelo muchas veces es una indicación de una deficiencia de mineral (Chachamovitz **et al.**, 2003).

La contaminación del forraje con tierra o polvo puede constituir algunas veces una fuente importante de minerales para animales que consumen pastos a dientes, especialmente cuando es elevada la intensidad del aprovechamiento de los pastos o cuando los mismos son cortos. En dichas condiciones la tierra puede constituir el 10-25% de la sustancia seca total ingerida por el ganado e incluso el 40% en ovejas durante los meses invernales en Gran Bretaña (McDowell, 1997).

El consumo elevado de suelo de forma indirecta (por contaminación del forraje) es favorecido cuando el suelo tiene una estructura pobre, mal drenaje, alta capacidad de carga y durante los meses de bajo crecimiento del pasto. En Nueva Zelanda, la ingestión anual del suelo alcanza 75 Kg. en las ovejas y 600 Kg. en las vacas lecheras. La ingestión de suelo, directa o indirecta, puede resultar en consumos elevados de Co y I, ya que los suelos contienen mayores concentraciones que las plantas. Una de las mayores desventajas de la ingestión de suelo es el consumo de elementos o sustancias tóxicas.

### **3.5. REQUERIMIENTO MINERALES**

Muchos factores afectan los requerimientos minerales, entre ellos el tipo y el nivel de producción, la edad, el nivel y la forma química de los elementos en los ingredientes alimenticios, el consumo suplementario del mineral, la raza, y la adaptación animal. El nivel dietético del mineral que sólo promueve una respuesta óptima es el

requerimiento mínimo el cual varía. La concesión óptima permite que el animal logre por completo su potencial genético para un funcionamiento óptimo.

Los requerimientos minerales son altamente dependientes del nivel de productividad. Los requerimientos nutricionales reportados por el NRC (1980) están basados frecuentemente en pruebas de crecimiento y en las cantidades de nutrientes específicos suficientes para evitar signos clínicos de deficiencia. Las deficiencias de Se, Cu, Zn, y Co alteran varios componentes del sistema inmune (McDowell, 1997).

La suplementación con Se ha reducido la tasa de mortalidad en rumiantes alimentados con dietas deficientes en Se pero cuyos signos de deficiencia no fueron observados. En un estudio de dos años de duración con vacas de carne que consumieron dietas deficientes en Se (0,03 a 0,05 ppm) y en el cual se les administró inyecciones de Se y vitamina E cada dos meses, se obtuvo una reducción en la tasa de mortalidad de los terneros (4,2 vs. 15,3%) desde el nacimiento hasta el destete. Normalmente, el ganado introducido en un área muestra signos de deficiencias, mientras que las razas nativas de crecimiento lento y madurez tardía no exhiben estas deficiencias al mismo grado. El ganado de zonas templadas que no es aclimatado suda y pierde saliva y moco bucal, por eso puede perder cantidades significativas de minerales. El consumo adecuado de forrajes por rumiantes en pastoreo es esencial para satisfacer los requerimientos de minerales. Los factores que reducen tremendamente el consumo de forrajes, tales como el bajo contenido de proteína (menos de 7%) o el alto nivel lignina, también reducen el nivel total de los minerales consumidos. Ya que los forrajes contienen una menor cantidad de minerales durante la estación seca, es lógico asumir que los rumiantes en pastoreo están más propensos a sufrir deficiencias minerales durante esta estación. Durante la estación seca, las concentraciones inadecuadas de energía y proteína traen como resultado la pérdida de peso en los animales, lo cual disminuye el requerimiento mineral (McDowell, 1997).

### **3.6. DESBALANCES MINERALES**

Los desbalances minerales en los herbívoros han sido reportados en casi todas las regiones tropicales del mundo. Los desajustes minerales nutricionales varían desde deficiencias minerales agudas o enfermedades de toxicidad, caracterizadas por signos clínicos y cambios patológicos marcados, hasta condiciones leves o de transición, difíciles de diagnosticar, expresadas como extenuación o crecimiento y reproducción no satisfactorios. Los signos de deficiencias minerales pueden ser confusos, ya que las condiciones observadas pueden ser causadas por más de un mineral y pueden ser combinadas con los efectos de deficiencia de proteína, varios tipos de parasitismo, plantas tóxicas y enfermedades infecciosas. Las deficiencias minerales ocurren con más frecuencia cuando los rumiantes son encerrados en un área y dependen sólo de la estructura del suelo y la flora de un espacio muy limitado. En los rumiantes, los elementos minerales que tienen más probabilidad de faltar en condiciones tropicales son el Ca, P, Na, Co, I, Se, y Zn (McDowell, 1997).

### **3.7. LOS MINERALES EN LOS FORRAJES**

La concentración de minerales en los forrajes depende de la interacción de varios factores, entre los cuales se incluye el suelo, la especie de planta, el estado de madurez, el rendimiento, el manejo del pasto, y el clima. La mayoría de las deficiencias minerales que ocurren naturalmente en los herbívoros están asociadas con regiones específicas y están directamente relacionadas con las características del suelo. Las formaciones geológicas jóvenes y alcalinas contienen una mayor abundancia de la mayoría de los microelementos que las formaciones más viejas, más ácidas, con un tamaño mayor de partículas no arenosas (Underwood, 1981).

Existe una lixiviación marcada y un desgaste del suelo en las regiones tropicales bajo condiciones de altas temperaturas y precipitación pluvial, haciéndolo deficiente en

minerales para la planta. Muchas veces las condiciones de mal drenaje incrementan los microelementos extraíbles (por ejemplos, Mn y Co), resultando en un incremento correspondiente en la absorción de la planta. A medida que el pH del suelo aumenta, la disponibilidad y la absorción del Fe, Mn, Zn, Cu y Co por el forraje disminuye, mientras que la concentración de Mo y Se en el forraje aumenta (McDowell, 1997).

Se han observado grandes variaciones en la concentración mineral de diferentes especies de plantas que crecen en un mismo suelo. Un punto generalmente aceptado es que las hierbas y las leguminosas son más ricas en varios minerales que las gramíneas. A medida que las plantas maduran, el contenido mineral disminuye debido a un proceso natural de dilución y al traslado de nutrientes a la raíz. En la mayoría de las circunstancias, el P, K, Mg, Na, Cl, Cu, Co, Fe, Se, Zn y Mo disminuyen con la madurez de la planta. La concentración de Ca en los forrajes es menos afectada por la madurez de la planta, resultando en un incremento perjudicial de la relación entre este mineral con otros elementos (por ejemplo, una relación amplia de Ca:P) (McDowell, 1997).

El clima, el manejo de forrajes, y el rendimiento afectan la composición mineral de la planta. Las gramíneas perennes buenas pueden ser “comidas hasta el suelo” en la estación seca, resultando en efectos desastrosos sobre su capacidad de rebrote y reemplazo por especies más adaptadas de calidad inferior. Las presiones de pastoreo influyen radicalmente la especie de forraje predominante y también cambian la relación tallo-hoja, lo cual tiene un efecto directo sobre el contenido mineral del forraje. Al incrementar los rendimientos de los cultivos, los minerales del suelo son removidos con mayor rapidez, y es por esto que las deficiencias son frecuentemente encontradas en las fincas más progresivas.

### **3.8. CONSUMO DE LOS SUPLEMENTOS MINERALES**

El consumo medio diario de los suplementos minerales “*ad libitum*” (a voluntad) en animales en pastoreo, tienden a ser muy variable (McDowell, 1997).

#### **3.8.1. Fertilidad del suelo y tipo de forraje**

Cuanto mayor es la fertilidad del suelo menor es el consumo de minerales. Diversos trabajos muestran que el ganado en pastos nativos consume más suplemento mineral que aquellos que se encuentran en pasturas mejoradas. Cuando los animales están con baja disponibilidad de forrajes o en pastos sobrepastoreados, el consumo de suplementos es mayor que en épocas normales de buena disponibilidad (Chachamovitz, 2003).

#### **3.8.2. Estación del año**

La estación del año afecta el consumo mineral, el cual es frecuentemente mayor durante el invierno o la estación seca, cuando los forrajes dejan de crecer, pierden su color verde, y se vuelven altos en fibra y lignina y bajos en digestibilidad y disponibilidad de minerales. A medida que las plantas maduran, su contenido mineral declina. El consumo del suplemento mineral se incrementa para contrarrestar la baja disponibilidad de minerales en el forraje, así como el bajo nivel de consumo de éste debido a su palatabilidad reducida (McDowell, 1997).

#### **3.8.3. Exigencia individual**

La velocidad de crecimiento, la tasa de natalidad y producción de leche influyen las exigencias de los minerales. Los requerimientos adicionales de la gestación y lactación incrementan las necesidades minerales y por consiguiente el consumo. A medida que incremente el nivel de productividad, se torna más importante el

ofrecimiento de suplemento mineral adecuado. McDowell (1997) reportó que el consumo de minerales tiende a reducir a medida que las vacas envejecen.

#### **3.8.4. Contenido de sal en el agua de bebida**

Las concentraciones naturalmente elevadas de sal en el agua de bebida, reducen la ingestión de suplementos minerales. Los bovinos tienen un apetito natural por la sal común, por ende ese apetito es saciado por la cantidad de sal presente en el agua, y por consiguiente los animales en pastoreo tendrán un consumo de suplemento mineral disminuido, lo cual causará deficiencia en otros minerales importantes (Chachamovitz, 2003).

#### **3.8.5. Palatabilidad del suplemento mineral**

El ganado en pastoreo no tiene un deseo particular por la mayoría de los minerales, a excepción de la sal común. En una revisión de literatura sobre el apetito por la sal, McDowell *et al.*, (1984) notaron que todos los mamíferos sienten el gusto por la sal, igualmente encontraron que el gusto de los animales por la sal como suplemento está inversamente relacionado con la cantidad de sal presente en los alimentos y el agua. La sal común, debido a su palatabilidad, es un vehículo valioso para los otros minerales. Si el suplemento contiene de 30 a 40% de sal común o más, son consumidas *ad libitum* en cantidades suficientes para satisfacer las necesidades suplementarias de otros minerales.

#### **3.8.6. Disponibilidad de provisión fresca de minerales**

Un factor que afecta el consumo de los minerales a corto plazo es el consumo previo de los suplementos minerales. Cuando a los animales no se les provee suplementos minerales por un período largo de tiempo, pueden desarrollar un apetito voraz por los minerales, hasta llegar al grado de lastimarse buscando particularmente la sal. Bajo

estas condiciones, los animales consumirán 2 a 10 veces la cantidad normal diaria de minerales hasta que satisfagan su apetito (McDowell, 1997).

Los saleros a prueba de agua para los minerales ayudan a incrementar el consumo de estos al prevenir el endurecimiento, enmohecimiento, o pérdida por los vientos. Los comederos de minerales serán usados con más frecuencia por el ganado si están localizados cerca de los tanques de agua, las áreas de descanso sombreadas, los rascadores, y las áreas de mejor pasto. Los saleros deben ser llenos frecuentemente. El mantener fresca la provisión de minerales incrementa su consumo. Los comederos deben estar espaciados a intervalos de menos de 300 metros de distancia y ser suficientemente numerosos, aproximadamente un comedor por cada 50 cabezas de ganado. Se consumirá menos si el ganado en pastoreo tiene que trasladarse grandes distancias al suplemento (Chachamovitz, 2003).

### **3.8.7. Forma Física de los Minerales**

El consumo de sal mineral en forma de bloque puede ser hasta 10% menor que cuando se suministra en forma suelta. Por eso, la sal debe ser preferentemente ofrecida en forma de gránulos o de harina, debiendo ser observado y evitado el empedramiento de la mezcla en el salero.

## **3.9. TRASTORNOS DE LA REPRODUCCION**

El escaso nacimiento de terneros y corderos ha sido una característica regular de los rebaños confinados en pastos deficientes en fósforo. En un estudio inicial realizado en Africa del Sur sobre 200 vacas reproductoras solamente el 51% parieron terneros en el grupo sin tratamiento, mientras que parieron el 80% de animales similares que recibieron un suplemento mineral. La baja fertilidad se asoció con estro irregular o anulado, que impidió o retrasó la concepción. El retraso en la concepción que

determina infertilidad temporal ha sido observado en vacas lecheras cubiertas cuando era máxima su producción y con unos contenidos de fósforo inorgánico en sangre ligeramente subnormal. La tasa de gestación en el primer servicio aumentó del 36,5 al 63,2%, el intervalo medio entre el parto y la concepción siguiente descendió de 109 a 85 días y el número de vacas eliminadas cada año por infertilidad descendió de 15 a 5. En varias zonas muy distanciadas entre si desciende la fertilidad del ganado vacuno que consume pastos deficientes en cobre, la infertilidad se asocia con retraso o anulación del celo y en algunos casos, con el aborto de pequeños fetos muertos, esto último en ovejas sometidas a una deficiencia experimental de cobre (Underwood, 1981). McDowell **et al.**, 1984) obtuvieron pruebas de que la retención de placenta es una expresión de la deficiencia de selenio en vacas lecheras adultas. Una mezcla de selenito sódico-vitamina E inyectada a las vacas un mes antes del parto evitó pérdidas por nacimiento de terneros prematuros, débiles o muertos en regiones de California y redujo mucho la incidencia de retenciones de placenta en un rebaño de vacas de Escocia. El selenio sólo resultó menos eficaz que la inyección de selenito y vitamina E combinados. La incidencia de la retención placentaria descendió desde un promedio del 51,2% en las vacas sin tratar hasta 8,8% en vacas paridas similares tratadas con una sola inyección de 50 mg de selenito sódico y 680 U.I. de vitamina E antes del parto. Todavía no se dispone de una explicación satisfactoria del mecanismo de acción del selenio y de la vitamina E en el aspecto del ciclo reproductor de las hembras.

### **3.10. IMPORTANCIA DE LA SUPLEMENTACION MINERAL EN LA REPRODUCCION**

El equilibrio mineral es importante en el funcionamiento normal de los procesos reproductivos, mientras que el desequilibrio, total o parcial, compromete la capacidad reproductora. Un estado de subalimentación afecta el crecimiento en general y al desarrollo de los órganos genitales en particular, los cuales al permanecer pequeños

hacen que la maduración folicular sea más lenta y retrasada, esto también trae consigo deficiencias en la producción hormonal siendo insuficientes las secreciones de estrógeno y gonadotropinas (McDowell, 1997). Los desbalances minerales (deficiencias o excesos) en suelos o forrajes han sido considerados como responsables de la baja producción y la causa de problemas reproductivos en los rumiantes. La deficiencia de minerales en la dieta del ganado dará por resultado un pobre comportamiento de los animales durante los períodos de crecimiento, reproducción y lactancia; deficiencias muy severas podrán causar hasta la muerte. Una producción satisfactoria no se logra a menos que se siga un programa apropiado de alimentación mineral. Es lógico considerar que después de controlar enfermedades críticas, proveer cualquier suplemento mineral necesario es generalmente la forma más simple y económica de aumentar la productividad de los rumiantes (Maynard y Loosli, 1988).

Este concepto concuerda con McDowell *et al.*, 1984), quien indica que se debe tener presente que el ganado no consume grandes cantidades de minerales en un tiempo determinado y que la diferencia de costos en el uso de minerales es recompensada con ventaja con un incremento en la eficiencia reproductiva. La deficiente nutrición mineral, por ejemplo, es común en regiones tropicales y es un agravante de las deficiencias reproductivas que no deben pasar desapercibidas. Ningún otro factor es más importante para aumentar la producción ganadera en América Latina al menor costo, como lo es la nutrición mineral. Las ganancias económicas han sido por lo menos de 2:1 en algunos estudios.

## IV. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. MATERIAL

#### 4.1.1. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la Ganadería “K de Oro”, la cual se encuentra ubicada al Este de la ciudad de Santa Cruz a 95 km sobre la Carretera Transcontinental (Bolivia – Brasil), Provincia Chiquitos, Segunda Sección, Cantón El Cerro, con una superficie de 5200 Ha de las cuales 3600 se encuentran con pasturas cultivadas (*Mombaza*, *Tanzania* y *Brachiaria brizanta*). El área de referencia, se caracteriza por tener una temperatura promedio de 26,5 °C y una precipitación pluvial media de 755 mm.

La principal actividad de la propiedad es la cría y recría de ganado vacuno, y como apoyo al desarrollo de la producción cuenta con un área agrícola en cuanto a la siembra de soya, algodón, trigo y sorgo bajo riego.

El manejo de sus potreros se realiza con cerca eléctrica, lo cual hace que haya un máximo aprovechamiento de las pasturas a lo largo del año y así mismo evitar el sobrepastoreo.

#### 4.1.2. UNIDAD DE MUESTREO

Para llevar a cabo este trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales:

- 2.341 vacas con ternero al pie
- 112 toros designados a monta
- Sal mineralizada al 4,5% de fósforo (tipo I)

- Sal mineralizada al 10% de fósforo(tipo II)
- Material de Escritorio (libreta de campo, bolígrafo).
- Material de computación.

Se realizaron dos tratamientos con dos tipos de sales comerciales, en el primer tratamiento se utilizaron 945 vacas con terneros al pie suplementadas con la sal tipo I y en el segundo tratamiento se manejaron 1396 vacas suplementadas con la sal tipo II, Se evaluaron los porcentajes de preñez en cada tratamiento mediante la palpación rectal de las vacas.

## **4.2. METODOS**

### **4.2.1. METODO DE CAMPO**

**1.-** Previo a la suplementación se realizó el diagnóstico de brucelosis a las vacas, debiendo ser descartadas las positivas a brucelosis y vacunar contra IBR/BVD todas las vacas tanto las que recibieron la suplementación como las que no recibieron.

**2.-** La distribución y (o) suministro de sal a las vacas se realizó de una manera continua y permanente, es decir que se les abasteció diariamente en sus respectivos saleros, ubicados en lugares estratégicos, lo cual permitió que haya un consumo regular de los suplementos minerales.

**3.-** Las vacas del programa fueron palpadas para su diagnóstico de preñez de acuerdo al criterio del veterinario de la estancia que colaboraron con los resultados esperados del incremento del porcentaje de preñez.

#### **4.2.2. METODO ESTADISTICO**

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó la prueba de comparación de proporciones (Chi cuadrado) mediante la cual, se compararon los resultados obtenidos de los dos tipos de sales mineralizadas en el desempeño reproductivo de una ganadería comercial.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Grupo I suplementado con sal mineral al 4,5% P que contaba de 945 vacas, se obtuvieron 614 vacas preñadas y 331 vacas vacías, lo cual corresponde a un 65,0% de preñez. El Grupo II suplementado con sal al 10% P contaba con 1396 vacas en servicio, de las cuales se obtuvo 978 vacas preñadas y 418 vacas vacías, lo cual corresponde a 70,1% de preñez, habiendo una diferencia de 5,1% de preñez superior al Grupo I (Cuadro 1).

### CUADRO 1: PORCENTAJE DE PREÑEZ EN VACAS SUPLEMENTADAS CON DOS TIPOS DE SALES MINERALES

(Noviembre 2004 – Febrero 2005)

Tratamiento	N	Vacas preñadas	Vacas vacías	% de preñez
Grupo I SAL 4,5% P	945	614	331	65,0
Grupo II SAL 10% P	1396	978	418	70,1

(P < 0,05)

Muchos reportes de las regiones tropicales del mundo que datan del inicio del siglo han revelado los efectos benéficos de la suplementación de P sobre la efectividad funcional reproductiva ( McDowell, 1997).

En el ganado, el Fósforo es considerado el elemento mineral más deficiente a nivel mundial. McDowell *et al.*, (1984) indican que el resultado económico más devastador por deficiencia de este elemento es la falla reproductiva. La suplementación con Fósforo puede incrementar drásticamente los niveles de fertilidad en pastoreo en cualquier parte del mundo.

Un trabajo de experimentación realizado en las estancias Elsner en la Provincia Ballivián, Beni, en vacas en producción afirma que ofreciendo una suplementación conteniendo harina de hueso aumentaron sus porcentajes de preñez en un 15,6 % (Galdo *et al.*, 1990).

El porcentaje de preñez encontrado en el presente trabajo, demuestra que en vacas suplementadas con sal mineral al 10% P se obtuvo 70.1% de preñez comparados con los de Bauer *et al.*, (1981) que obtuvo 62.5% de gestación en animales que recibieron solamente sal común (NaCl). Este mayor porcentaje de preñez, es atribuido a que la mayoría de las áreas de pastoreo de zonas tropicales, los suelos y por consiguientes los forrajes son deficientes en fósforo, lo cual interviene en los índices reproductivos.

Estudios realizados en 18 localidades de Latinoamérica han reportado una media de pariciones de 51,3% para los animales que recibieron sal solamente versus 73,3% para aquellos que recibían además suplemento mineral (McDowell, 1997).

Comparando los resultados obtenidos por Deaton (Citado por Tejada, 1986) en vacas con alimentación escasa en minerales obtuvo 67% de preñez, mientras que los obtenidos en el presente trabajo de investigación fueron de 70,1% de gestación.

McDowell *et al.*, (1993) realizaron estudios Sudamericanos sobre efectos de la suplementación mineral en el incremento del porcentaje de preñez y obtuvieron un promedio de pariciones de 50,7% para los animales recibiendo solo sal comparado con 75,2% para los que recibían suplemento mineral.

El Grupo I suplementado con sal mineral al 4,5% P contaba con 945 vacas en servicio, a las cuales se les ofertó sal durante 110 días consumiendo un total de 4.200 kg y un consumo por vaca de 4,4 kg en todo el período de prueba, consumiendo asimismo 40,4 g por vaca día.

El consumo de sal mineral por el Grupo II suplementado con sal al 10% P el cual contaba con 1396 vacas en servicio, a las cuales se les ofertó sal durante 95 días consumiendo asimismo un total de 8.820 kg y un consumo de sal de 6,32 kg por vaca en todo el período y un consumo de vaca por día de 66,5 g existiendo una diferencia de consumo total de sal de 4.620 kg más que el Grupo I (Cuadro 2).

### CUADRO 2: CONSUMO DE SAL MINERAL

(Noviembre 2004 – Febrero 2005)

Tratamiento	N	Días de oferta	Consumo total (kg)	Consumo/vaca período (kg)	Consumo/vaca día (g)
<b>Grupo I SAL 4,5% P</b>	945	110	4.200	4,44	40,4
<b>Grupo II SAL 10% P</b>	1396	95	8.820	6,32	66,5

El consumo diario promedio de una mezcla mineral a libre acceso por el ganado en pastoreo es altamente variable. El ganado en pastos nativos consume más suplemento mineral que aquellos en pastos mejorados. Usualmente, cuando los forrajes están creciendo rápidamente, habrá menor consumo mineral que durante períodos del año cuando la planta crece lentamente o deja de crecer. El ganado en baja calidad de pasto o pastos sobrepastoreados consume mayor cantidad de suplementos minerales (McDowell *et al.*, 1984).

En el Grupo I, que recibieron sal 4,5% P el consumo de sal mineral fue menor que en el Grupo II suplementado con sal 10% P ya que esta mezcla contenía un porcentaje más elevado de cloruros (51,74%), lo cual limita el consumo de la mezcla.

Para realizar una evaluación, se tabularon los costos sobre la base de 1000 vientres. El Grupo I suplementado con sal mineral al 4,5% P tuvo un consumo de sal por vaca en todo el período de 4,44 kg haciéndose un consumo total de todo el grupo de 4.440 kg, cuyo costo de sal es de \$us 0,250/kg, lo cual equivale a \$us 1.110 del costo total de sal, obteniéndose así un costo de sal/vaca de \$us 1,11.

En el Grupo II suplementado con sal al 10% P se obtuvo un consumo de sal mineral por vaca en el período de prueba de 6,32 kg equivalente a un consumo total de 6.320 kg de sal, cuyo costo de sal es de \$us 0,547/kg haciéndose un costo total de sal de \$us 3.457, obteniéndose un costo de sal por vaca de \$us 3,46, todo esto sobre la base de 1000 vientres (Cuadro 3).

**CUADRO 3: COSTO DEL USO DE LAS DOS SALES MINERALES SOBRE UNA BASE DE 1000 VIENTRES**  
(Noviembre 2004 – Febrero 2005)

Tratamiento	N	Consumo/ vaca período (kg)	Consumo total del grupo (kg)	Costo sal (\$us/kg)	Costo total sal (\$us)	Costo sal/vaca (\$us)
<b>Grupo I SAL 4,5% P</b>	1000	4,4	4.440	0,250	1.110	1,11
<b>Grupo II SAL 10% P</b>	1000	6,32	6.320	0,547	3.457	3,46

Los forrajes de las pasturas tropicales raramente contienen, en cantidades necesarias, todos los nutrientes esenciales para el buen desempeño reproductivo y productivo del ganado bovino. Por lo tanto, debe ser considerado que ese déficit nutricional se acentúa a medida que los forrajes completan su ciclo de crecimiento (Nogueira, 1996).

Haciéndose una evaluación económica del uso de las dos sales minerales sobre la base de 1000 vientres, se obtuvo en el Grupo I suplementado con sal mineral con un 4,5% P un 65% de preñez, esperándose 618 terneros destetados cuyo precio por ternero al destete es de \$us 130; obteniéndose así, un ingreso por venta de terneros de \$us 80.340.

En el Grupo II suplementado con sal mineral con 10% P se logró 70,1% de preñez, con lo cual se espera 666 terneros al destete con un precio de \$us 130 por ternero obteniéndose un ingreso por venta de terneros de \$us 86.580, lo cual significa que existe una diferencia de 7,2% más de ingresos por venta de terneros con relación al Grupo I (Cuadro 4).

**CUADRO 4: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL USO DE LAS DOS SALES MINERALES SOBRE LA BASE DE 1000 VIENTRES**  
(Noviembre 2004 – Febrero 2005)

Tratamiento	N	Porcentaje de preñez	Terneros destetados esperados(*)	Precio ternero al destete	Ingreso venta de terneros (\$us)	Diferencia porcentual de Ingreso/venta de terneros
<b>Grupo I SAL 4,5% P</b>	1000	65,0	618	130	80.340	
<b>Grupo II SAL 10% P</b>	1000	70,1	666	130	86.580	<b>7,2</b>

(\*) Datos obtenidos sobre el % de preñez menos un 5% por abortos y mortalidad nacimiento al destete.

En un estudio realizado por Rojas *et al.*, (1994) en una finca del sur-oeste de los llanos de Venezuela, se observó que la tasa de preñez de las novillas incrementó en cerca de 15% en los animales recibiendo minerales comparados con los que recibían solo sal común. En el mismo estudio, se observó que en las vacas la diferencia era de 14% de preñez.

Resultados de estudios realizados por McDowel *et al.*, (1993) sobre suplementación mineral en Bolivia, Brasil y Perú demuestran beneficios en el incremento de porcentajes de preñez. Según los resultados, en los animales no suplementados obtuvieron una media de 54,06% de gestación comparados con 72,48% de preñez en animales que recibieron un suplemento mineral.

El costo total de la sal mineral en el Grupo I suplementado con sal al 4,5% P fue de \$us 1.110 obteniéndose un ingreso por venta de terneros de \$us 80.340. En el Grupo II suplementado con sal mineral al 10% P el costo total de la sal fue de \$us 3.457 existiendo un ingreso previsto por venta de terneros de \$us 86.580. La diferencia del costo total de la sal al 4,5% P fue de \$us 2.347 menos en relación a la sal al 10% P.

La diferencia de ingreso por venta de terneros en el Grupo II suplementado con sal mineral al 10% P fue de \$us 6.240 más que el Grupo I suplementado con sal mineral al 4,5% P, obteniéndose así una diferencia de costo de sal vs ingreso por venta de terneros de \$us 3.893 (Cuadro 5).

**CUADRO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL USO DE LAS DOS SALES  
MINERALES SOBRE LA BASE DE 1000 VIENTRES**

(Noviembre 2004 – Febrero 2005)

<b>Tratamiento</b>	<b>Costo total Sal (\$us)</b>	<b>Ingreso por venta Terneros (\$us)</b>	<b>Diferencia costo sal vs ingreso/ venta terneos (\$us)</b>
<b>Grupo I SAL 4,5% P</b>	1.110,0	80.340	
<b>Grupo II SAL 10% P</b>	3.457	86.580	<b>3.893</b>
<b>DIFERENCIA</b>	<b>2.347,0</b>	<b>6.240</b>	

## VI. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, demuestran que al suplementar sal mineral al 10% P en el período que comprende un mes antes del inicio de la estación de monta hasta el final de este periodo existe una mayor tasa de fertilidad de las vacas y una mayor eficacia reproductiva y económica de la ganadería analizada.
- En base a los resultados obtenidos es posible concluir que existe una mayor tasa de preñez en el Grupo II suplementado con sal mineral al 10% P, debido a que este mineral influye directamente en la tasa de concepción.
- Se ha demostrado que la suplementación mineral ha incrementado la productividad indirectamente al incrementar la salud animal y directamente al incrementar la fertilidad. El manejo mejorado usando suplementos minerales, y pastos mejorados es caro, sin embargo es la única forma de llevar una operación con máximas ganancias y de incrementar la productividad, y mientras uno puede estar aumentando el costo de producción, uno también espera ganancias mayores.

**VII. ANEXO**

<b>COMPOSICIÓN</b>	<b>REQUERIMIENTO</b>	<b>SAL MINERAL</b>	<b>TIPO</b>
		<b>I</b>	<b>II</b>
Calcio (%)	19	9,5	20
Fósforo (%)	10	4,5	10
Azufre (%)	0,15		0,15
Magnesio (%)	0,12	0,12	0,12
Sodio (%)	30	34,07	30
Cloruros (%)		51,74	
Hierro (mg)	1800	1500	1900
Iodo (mg)	100	80	100
Zinc (mg)	4000		5500
Manganeso (mg)	2000		1800
Cobre (mg)	1900		1800
Selenio (mg)	30		30
Cobalto (mg)	150		130
Fluor máx. (mg)			1000
Csp.		50 kg	20 kg

Fuente: NRC (1996)

### VIII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

**BAUER et al., 1981.** Proc. Trace Metabolism in Man and Animals. Australia.  
p.50.

**CHACHAMOVITZ et al., 2003.** Guía Práctica para la correcta Suplementación  
Pecuaria. Asociación Brasileira de Industrias de Suplementos Minerales. San  
Pablo-Brasil. pp. 10-21.

**CHAVEZ A.J., 1993.** Evaluación de oferta de Fósforo, Cobre y Zinc en Pasturas del  
área de influencia de la Provincia Yacuma, Beni. Tesis de Grado. Facultad de  
Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.  
Santa Cruz de la Sierra - Bolivia.

**CHAVEZ J.E. 2001.** El Cebú en Bolivia. In.- Cuarto Simposio Latinoamericano  
Productividad en Ganado de Corte. Santa Cruz de la Sierra-Bolivia. pp. 45-47.

**GALDO et al., 1990.** Suplementación con harina de hueso mezclada con sal en  
ganado vacuno en las sabanas inundables del Beni. In.- IX Reunión Nacional  
de ABOPA. Octubre 21-24. 1987. pp. 87-92.

**HUBE B.H., 2001.** Enfermedades de la Reproducción en Bovinos. Cuarto Simposio  
Latinoamericano de Productividad en Ganado de Corte. Santa Cruz-Bolivia.  
pp. 24-28.

**MAYNARD L.A. y LOOSLI J.K. 1988.** Nutricional Animal. Cuarta Edición. M  
México D. F. pp. 197-202.

**McDOWELL et al., 1984.** Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Universidad Florida, Gainesville. E.U.A.

**McDOWELL et al., 1993.** Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. Segunda Edición, Departamento de Zootecnia, Universidad de Florida, Gainesville.

**McDOWELL L.R., 1997.** Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. Tercera Edición. Universidad Florida Gainesville. USA. pp. 1-43.

**NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1980.** Mineral tolerantes of domestic animals. National Academy of Sciences. Washington D.C.

**NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1989.** Nutrient Requeriments of Domestic Animals, Nutrient Requeriments of Dairy Cattle. Sixt Ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

**NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1996.** Nutrient Requeriments of Domestic Animals, Nutrient Requeriments of Beef Cattle. 7th Ed. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D.C.

**NOGUEIRA S.C. 1996.** Gado de Corte. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Brasilia D. F.

**ROJAS et al., 1994.** Estado mineral de una finca en el Suroeste de los Llanos de Venezuela. Zootecnia Tropical.

**TEJADA V.E., 1986.** Diagnóstico de Concentraciones de Cobre y Fósforo que inciden en la Reproducción del ganado lechero. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba-Bolivia.

**UNDERWOOD E.J., 1981.** Los Minerales en la Nutrición del ganado. Segunda Edición. Editorial Acribia. Zaragoza-España. pp. 9-19.

**UNDERWOOD. E.J., 1969.** Los Minerales en la Alimentación del ganado. Editorial Acribia. Zaragoza-España. pp. 22-57.