



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE FOMENTO DE LA PRODUCCION ANIMAL



MEMORIA DE TITULO

**CONTRIBUCION A LA EVALUACION
NUTRICIONAL MINERAL DEL GANADO BOVINO
PROVENIENTE DE DIFERENTES REGIONES DEL
PAIS, DURANTE LA ESTACION DE OTOÑO, AÑO
1995.**

Alumno: Alberto Ramos Pazos

Profesor Guía: Dra. María Sol Morales S.

SANTIAGO-CHILE

2012

1. RESUMEN

Se establecieron los niveles plasmáticos de calcio (*Ca*), fósforo (*P*), magnesio (*Mg*), cobre (*Cu*) y zinc (*Zn*) y las concentraciones hepáticas de cobre (*Cu*), hierro (*Fe*) y zinc (*Zn*) en 252 bovinos, provenientes de distintas regiones comprendidas entre la región metropolitana (R.M.) y la X región, faenados en el matadero Lo Valledor, en otoño de 1995.

Se extrajeron muestras de sangre desde la vena yugular, de la que después de su procesamiento, se obtuvo el plasma. Las muestras de hígado se obtuvieron en la línea de faenamiento, en el momento de la evisceración de los animales anteriormente desangrados.

En el plasma, por espectrofotometría de absorción atómica, se determinó *Ca*, *Mg*, *Cu* y *Zn* y por fotolorimetría el *P*.

A las muestras de hígado, luego de una digestión húmeda se les determinó *Cu*, *Fe* y *Zn* por lectura en espectrofotómetro de absorción atómica.

Los valores determinados fueron descritos a través de promedio, rango, desviación estándar y coeficiente de variación. Las concentraciones minerales fueron estudiadas por análisis de varianzas y por pruebas de diferencias entre medias de Student-Newman-Keuls (SNK). Posteriormente, las concentraciones obtenidas fueron analizadas a través del método multivariado de conglomerados excluyentes, de acuerdo a su procedencia. Con este modelo se busca formar grupos o conglomerados homogéneos o con perfiles nutricionales minerales similares, a fin de determinar algunas asociaciones entre las condiciones nutricionales minerales y sus respectivas procedencias geográficas.

Las concentraciones plasmáticas promedio de los animales muestreados fueron:

Ca: 9,92 mg/dl; *P*: 7,98 mg/dl; *Mg*: 2,41 mg/dl; *Cu*: 57,0 ug/dl y *Zn*: 62,39 ug/dl y las concentraciones hepáticas promedio de los animales muestreados fueron : *Cu*: 157,29 ug/g de M.S.; *Fe*: 221,4 ug/g de M.S. y *Zn*: 141,97 ug/g de M.S.

Los promedios de las concentraciones plasmáticas de *Ca*, *P* y *Mg* se ajustaron a los rangos normales para la especie, pero fueron los minerales que evidenciaron mayores diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre procedencias. Los promedios de las concentraciones minerales plasmáticas de *Cu* y *Zn* se encontraron bajo los rangos normales.

Las concentraciones hepáticas de los minerales *Cu*, *Fe* y *Zn* se encontraron dentro de los límites normales de la especie.

En el análisis de conglomerados excluyentes, se obtuvo 5 grupos de perfiles minerales distintos, siendo el grupo 1 el que albergó a mayor número de comunas y en su mayoría (7 de 8) de la X región, y en el que se encontraron niveles plasmáticos altos de *Ca*, normales de *P* y *Mg* y bajos en *Cu* y *Zn*.

Existen similitudes entre el grupo 1 y el 5, el cual también se compone mayoritariamente por comunas de la X región. Sólo se diferencian en los niveles algo más elevados de *P* plasmático y *Cu* hepático en el primer grupo.

El grupo 2, cuyo único representante es de la X región, también se asemeja a los anteriores, excepto por los niveles normales de *Cu* plasmático que presenta.

Existen también similitudes entre los grupos 3 y 4, sólo diferenciándose en los niveles de *Fe* hepático, que es menor en el grupo 3. Cabe destacar que ambos grupos se componen por comunas mayoritariamente de las VIII y IX regiones.

En comparación a otros estudios similares realizados anteriormente durante los años 1994 y 1995, destacan en el presente trabajo las bajas concentraciones de *Cu* y *Zn* plasmático, apareciendo como las más bajas reportadas dentro de este grupo de estudios. Por su parte, la concentración promedio de *Fe* hepático, si bien se encuentra dentro del rango normal, se destaca por presentar la segunda concentración más alta dentro del grupo de estudios referidos.

2. ABSTRACT

Plasma levels were established calcium (Ca), phosphorus (P), magnesium (Mg), copper (Cu) and zinc (Zn), and hepatic concentrations of copper (Cu), iron (Fe) and zinc (Zn) 252 cattle from different regions between the Metropolitan Region (RM) and the X region, slaughtered at the abattoir Lo Valledor, in autumn 1995. Blood samples were drawn from the jugular vein, which after processing, plasma was obtained. Liver samples were obtained at the slaughter line at the time of evisceration of animals bled above. In plasma, atomic absorption spectroscopy, we determined Ca, Mg, Cu and Zn and by photolorimetry *P*.

A liver samples after a wet digestion were determined Cu, Fe and Zn by reading atomic absorption spectrophotometer.

The values determined were described by mean, range, standard deviation and coefficient of variation. Mineral concentrations were studied by analysis of variance and tests of differences between means by Student-Newman-Keuls (SNK). Subsequently, the concentrations obtained were analyzed through multivariate cluster method exclusive, according to their origin. This model seeks to form homogeneous groups or clusters or similar mineral nutrient profiles, to identify some associations between the nutritional minerals and their geographical origins.

Mean plasma concentrations of animals sampled were:

Ca: 9.92 mg / dl, P: 7.98 mg / dL, Mg: 2.41 mg / dL, Cu: 57.0 ug / dl and Zn: 62.39 ug / dl and mean hepatic concentrations animals sampled were: Cu: 157.29 ug / g DM; Faith: 221.4 ug / g DM and Zn: 141.97 ug / g M.S.

Mean plasma concentrations of Ca, P and Mg were adjusted to the normal range for the species, but were higher minerals showed statistically significant differences ($p \leq 0.05$) among provenances. Mean plasma mineral concentrations of Cu and Zn were found in normal ranges.

Liver concentrations of minerals Cu, Fe and Zn were within the normal range of the species.

In exclusive cluster analysis, we obtained five different mineral profile groups, with one group that housed the largest number of communes and most (7 of 8) of the X region, and in which plasma levels were found High Ca, P and Mg normal and low Cu and Zn.

There are similarities between group 1 and 5, which also consists mainly of municipalities in the X region. Differ in only somewhat higher levels of plasma and liver Cu P in the first group.

Group 2, which is the sole representative of the X region, also resembles the above, except for normal levels of plasma Cu presented.

There are similarities between Groups 3 and 4, differing only in liver Fe levels, which is lower in group 3. Note that both groups are composed mostly of communes VIII and IX regions.

Compared to other similar studies conducted earlier during the years 1994 and 1995, highlighted in this work the low concentrations of Cu and Zn plasma, appearing as the lowest reported in this group of studies. Meanwhile, the average concentration of liver Fe, but is within the normal range, is known for presenting the second highest concentration in the study group referrals.

3. INTRODUCCION

En nuestro país, existen sistemas de producción bovina intensivos, no obstante, debido a los altos costos de infraestructura, a su complejidad por el estricto manejo nutricional y sanitario y a la gran competitividad en el mercado de la carne, influido por la alta tasa de importación desde los países vecinos, son mayoritarias las explotaciones bovinas manejadas en forma extensiva.

En éstas últimas, el principal o único recurso alimenticio es la pradera, ya sea natural o artificial, la que debería aportar los nutrientes necesarios para cubrir todos los requerimientos nutricionales de los animales. Sin embargo, muchos investigadores han observado que el desarrollo y su productividad, expresadas en ganancia de peso diaria, en algunas ocasiones no cumple con lo esperado, a pesar de tener abundancia de alimentos. Esto se debe a que no siempre una abundante alimentación implica una buena nutrición, por ello es importante considerar el contenido mineral en la dieta ofrecida al ganado, ya que la concentración de micronutrientes puede estar influyendo en forma importante en la productividad.

En las producciones extensivas existe una estrecha dependencia entre el recurso pradera y la productividad animal, haciendo que esta última dependa de la curva de producción de los pastos, la cual durante el año presenta marcadas diferencias estacionales, tanto cuantitativas como cualitativas desde el punto de vista nutricional. Esto determina que existan desbalances, es decir, deficiencias o excesos de uno o más nutrientes, incluyendo en estos a los minerales, situación que podría influir en que los animales aún recibiendo los aportes necesarios de proteína y energía no logran expresar su potencial productivo por las

diferencias en los aportes de algunos minerales, con el consiguiente deterioro en la condición productiva del animal.

Las características propias del suelo, específicamente su contenido mineral, son muy variables en Chile dependiendo de la zona geográfica, el tipo de suelo y el clima en que se encuentra.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la condición nutricional mineral del ganado bovino de doble propósito, manejado bajo sistemas de producción extensiva, correspondiente a las categorías novillos y vaquillas de diferentes razas (Hereford, Overo negro, Overo colorado), proveniente de distintas regiones de importancia ganadera del país, durante la estación de Otoño de 1995

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. - Determinar las concentraciones plasmáticas de *Ca*, *P*, *Mg*, *Cu* y *Zn* y las concentraciones hepáticas de *Cu*, *Zn* y *Fe* de bovinos que provengan directamente de predio.
2. - Comparar los contenidos minerales determinados en plasma e hígado con parámetros considerados normales en la literatura nacional e internacional.
3. - Detectar los niveles deficientes, adecuados o tóxicos de minerales en los animales, de acuerdo a la zona de origen del ganado.

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La materia mineral del organismo comprende un gran número de elementos presentes en cantidades variables en las diferentes partes del cuerpo, de acuerdo con las funciones que realizan. El contenido mineral de los tejidos animales, es la resultante de un complejo sistema de interrelaciones que se establecen entre suelo, planta y animal (Smart y col., 1981).

Estudios realizados en terreno, que incluyen el análisis de suelos, plantas y tejidos de bovinos mantenidos a pastoreo, muestran que la presentación de un importante número de desórdenes del metabolismo mineral puede reflejar las principales características del suelo en el cual la pradera se desarrolló. (Auza, 1987; Reid y Jung, 1991).

Los trastornos nutricionales de origen mineral ocupan un lugar muy importante entre los factores limitantes en la productividad del ganado bovino (McDowell y Conrad, 1977; Wittwer y col., 1988).

En los tejidos animales y vegetales se encuentran unos 45 elementos minerales en cantidades y muy variables. Siete son los elementos que se encuentran en el organismo animal en altas concentraciones y se denominan macrominerales, siendo estos *Ca*, *P*, *Na*, *Cl*, *Mg*, *S* y *K* (Georgievskii y col., 1982). Además existen otros 40 elementos, conocidos como microminerales o elementos trazas, destacando 15 de ellos por cumplir distintas funciones en el organismo y son: *Fe*, *I*, *Zn*, *Cu*, *Mn*, *Co*, *Mo*, *Se*, *Cr*, *Sn*, *Va*, *F*, *Si*, *Ni* y *As* (Georgievskii y col., 1982; Bondi, 1989; Price, 1989).

El rol metabólico de los minerales en el organismo es muy diverso y está íntimamente relacionado con su forma y condición. Entre estos destacan: participación en la formación

del tejido óseo y conectivo, mantención de la homeostasis en los fluidos internos y del equilibrio de las membranas celulares, activación de reacciones enzimáticas, efectos directos e indirectos en la función de glándulas endocrinas y en la actividad de la microflora simbiótica del tracto gastrointestinal (Georgievskii y col., 1982).

Según Little , 1981; Underwood, 1981; Maynard y col.,1988; Bondi, 1989 y Price, 1989, los minerales cumplen 3 actividades biológicas generales en animales:

1. Estructural: El *Ca* y el *P* son los principales componentes estructurales de los huesos y dientes, proporcionando rigidez y dureza. El *Mg*, *F* y *Si*, presentes en huesos y dientes, también colaboran con la estabilidad mecánica del cuerpo. Cabe destacar la participación del *S* en la estructura de varias proteínas.
2. Electrolítica: Pequeñas fracciones de *Ca*, *Mg* y *P*, y la mayor parte del *Na*, *K* y *Cl* se encuentran actuando como electrolitos en líquidos orgánicos y en tejidos blandos. Los electrolitos presentes en fluidos como la sangre y líquido cefalorraquídeo, realizan diferentes funciones, tales como el mantenimiento del equilibrio ácido-base y la presión osmótica; regulan la permeabilidad de la membrana plasmática y ejercen efectos característicos sobre la excitabilidad de los músculos y nervios. Los minerales presentes en la saliva, jugo gástrico e intestinal y líquido ruminal, proporcionan al tracto digestivo el medio adecuado para la acción de las enzimas y el crecimiento de los microorganismos.
3. Son componentes integrales de algunas enzimas y otros compuestos biológicamente importantes, tales como el *Fe* en la hemoglobina; el *Co* en la vitamina B 12 y el *I* en la hormona tiroxina. También los elementos traza pueden actuar como activadores de enzimas.

La composición mineral del animal debe ser estudiada en el contexto de su principal fuente aportadora; es decir, el alimento, y en el caso particular de los rumiantes, las praderas; y la composición mineral de estas debe ser considerada en el contexto de la condición ambiental, suelos y aguas. El suelo, planta y animal están estrechamente conectados por una serie de migraciones minerales (Georgievskii y col., 1982).

La disponibilidad de minerales para la planta varía según la concentración efectiva de minerales en solución en el suelo. Dependiendo si un elemento mineral se encuentra en baja, alta o excesivamente alta concentración en la fase de solución, el vegetal se desarrollará con una deficiencia, suficiencia o toxicidad frente a uno o varios elementos minerales (Volkweiss y Rodríguez, 1978; Smart y col., 1981). Otros autores, sin embargo señalan que el contenido de minerales del material generador del suelo, no siempre está relacionado con la concentración de nutrientes presentes en el forraje, debido principalmente a la complejidad de los procesos que regulan la disponibilidad de los elementos minerales en la solución del suelo (Ruiz, 1988).

Smart y col. (1981), indican que los principales factores condicionantes de la concentración efectiva de los minerales en la solución del suelo son: pH, humedad, materia orgánica, presencia de otros elementos y la actividad microbiana del suelo.

También el efecto estación del año actúa sobre el contenido mineral del suelo; después de la estación lluviosa, el suelo queda lixiviado, empobrecido, especialmente en *Ca* y *K*. En la estación seca, el suelo recupera los elementos minerales que la lluvia filtró, los cuales suben nuevamente a la superficie (Primavesi, 1984).

Las formaciones geológicas jóvenes y alcalinas contienen mayor abundancia de la mayoría de los microelementos, respecto de las más viejas o ácidas y con un tamaño mayor

de partículas o arenosas. Muchas veces las condiciones de mal drenaje incrementan los microelementos extraíbles, como *Mn* y *Co*, produciendo un incremento en su absorción por la planta. A medida que el pH del suelo se alcaliniza, la disponibilidad y absorción del *Fe*, *Mn*, *Zn*, *Cu* y *Co* disminuye, a diferencia de la absorción de *Mo* y *Se* que aumenta (McDowell y col., 1993).

Una vez disponible en la fase de solución del suelo, las raíces de las plantas absorben los iones del suelo mediante mecanismos tales como: convección, difusión e intercepción radicular (Auza, 1987).

El contenido de minerales presentes en los forrajes, depende de la interacción de varios factores, entre los cuales destacan genética del vegetal, estado de madurez, clima, estación del año, tratamientos agrícolas como fertilización o riego, y suelo (Smart y col., 1981; Underwood, 1981; Primavesi, 1984; Auza, 1987).

En relación a la genética del vegetal, se describe que las especies leguminosas son más ricas en *Ca*, *K*, *Mg*, *Fe*, *Cu*, *Zn*, *Co* y *Ni* que las gramíneas, las que presentan mayores concentraciones de *Mn*, *Mo* y *Si* (Underwood, 1981).

Con respecto al estado fenológico, a medida que este avanza, el contenido de la mayoría de los minerales disminuye, debido a un proceso natural de dilución y al traslado de nutrientes a la raíz. Los elementos que más caen son *P* y *K*. La excepción la constituye el *Ca*, que incluso aumenta con la madurez, dando como resultado un incremento perjudicial en la razón entre este mineral y los otros elementos (Primavesi, 1984; Ruiz, 1988; McDowell y col., 1993).

Las condiciones climáticas y estacionales también influyen directamente sobre la concentración mineral del forraje. Se describe que en estaciones lluviosas las continuas

precipitaciones lavan gran porcentaje de los elementos presentes en las hojas del vegetal, perdiéndose especialmente *Ca*, *K* y *Mg*. A diferencia, en climas secos, el forraje tiene mayores tenores de *Ca* en sus hojas. La absorción de *Ca* depende de la temperatura, siendo mayor cuando ésta es elevada (Primavesi, 1984). Se ha descrito que existe una correlación positiva entre el nivel de *P* del vegetal y regímenes crecientes de irrigación, y lo inverso ocurre a medida que la temperatura ambiental se incrementa (Auza, 1987).

La marcada estacionalidad del contenido de *Ca* y *P* de las praderas nacionales es confirmada por el trabajo de Anrique (1985). Analizando praderas de la IX y X regiones, éste autor describe altas concentraciones de *Ca* en la estación seca y altas concentraciones de *P* en la estación húmeda.

Trabajos realizados por Egaña y col. (1987) en vacas de carne alimentadas con pradera natural del secano costero, demostraron que durante la estación de otoño el *P* fue el elemento deficitario más crítico, seguido por *Zn* y *Ca*, en función de los requerimientos dietarios de bovinos.

Reddy y col. (1981) señalan que existen variaciones entre las distintas estaciones del año y también entre años, respecto a la severidad de deficiencias y toxicidades de *Cu* para rumiantes en pastoreo.

- ***FACTORES QUE AFECTAN LA UTILIZACION DIETARIA DE LOS MINERALES EN RUMIANTES***

El término biodisponibilidad intenta incluir en un solo concepto el efecto de una secuencia de eventos metabólicos como, solubilización, absorción, órganos de captación y de liberación, transformación enzimática, secreción y excreción. Siendo cada uno de estos eventos difícil de medir experimentalmente y con la posible excepción de la solubilización y absorción, todos son dependientes de la edad del animal y sujetos a control nutricional y hormonal (Bronner, 1993).

Los minerales se absorben principalmente como iones en intestino delgado y en la porción anterior del intestino grueso. En los rumiantes, una pequeña parte de la absorción se realiza en la pared del rumen (Bondi, 1989).

Las asociaciones químicas y/o físicas entre minerales, como también las asociaciones entre minerales y compuestos orgánicos, pueden determinar mayores o menores (sinergismo y/o antagonismo) biodisponibilidades de los minerales (Bondi, 1989; Little, 1981; Maynard y col., 1981). Las sustancias orgánicas que acompañan a los minerales en la dieta, ejercen gran influencia sobre su biodisponibilidad, ya que establecen fuertes interacciones entre los nutrientes orgánicos (proteínas, lípidos y carbohidratos) y los minerales. El exceso de ciertos iones en el medio básico del intestino, puede determinar la formación de sales insolubles y consecuentemente reducir la absorción de los minerales respectivos, como por ejemplo ocurre con el exceso de fosfato, que puede causar la precipitación de iones de calcio; el exceso de molibdato puede precipitar los iones de cobre.

También existen otros nutrientes de los alimentos, como son los aminoácidos y péptidos, que mejoran la absorción de ciertos minerales al formar quelatos solubles (Bondi, 1989).

Los problemas nutricionales, entre ellos el de los minerales, pueden ser primarios o secundarios. Los problemas primarios pueden ocurrir debido a una falta o exceso absoluto de un nutriente en particular. Las deficiencias secundarias pueden ocurrir, ya sea debido a raciones inapropiadamente procesadas o suplementadas, interacciones entre nutrientes dietarios, concomitancia de enfermedades, interacción con drogas, desórdenes genéticos o inadecuado consumo de alimento debido a hacinamiento o estrés medioambiental, las que pueden desmejorar la absorción o incrementar la excreción de un nutriente (Ferguson, 1991).

La relación entre el contenido de minerales presentes en las plantas y su absorción y utilización por los animales, es muchas veces compleja y depende de numerosos factores, tales como: selectividad en el pastoreo, grado de dependencia del animal sobre la pradera, el origen del consumo dietario de minerales, digestibilidad de la dieta, forma y disponibilidad de los elementos minerales ingeridos (Meléndez, 1989).

Son las interacciones propias del suelo y las que se establecen entre el suelo y la planta, las principales condicionantes de la magnitud del consumo mineral por el animal. A su vez, mediante complejos sistemas homeostáticos, el animal regula la absorción de los minerales consumidos en la dieta (Vicent, 1985).

Adicionalmente al forraje, los animales en pastoreo pueden ingerir minerales a través del consumo de agua y suelo (McDowell y col., 1993); pero normalmente la mayor proporción de minerales proviene del forraje consumido (Underwood, 1981; Georgievskii y col., 1982), por lo que los factores que condicionan el contenido mineral de los vegetales,

también son los que mayoritariamente determinan el consumo mineral del ganado (Underwood, 1981). Sin embargo, son escasas las ocasiones en que el forraje satisface todos los requerimientos minerales, particularmente en el caso de animales de altos niveles productivos (McDowell y col., 1993).

- ***FACTORES CONDICIONANTES DE LOS REQUERIMIENTOS DIETARIOS***
MINERALES

El requerimiento dietario de un mineral específico, corresponde a la cantidad mínima que cubre las necesidades de mantención y producción, y permite una respuesta biológica óptima (Mtimuni y col., 1990; McDowell y col., 1993).

Por múltiples razones, los requerimientos dietarios de minerales son más difíciles de precisar que el de los nutrientes orgánicos, debido a que son numerosos los factores que determinan su biodisponibilidad. Por ejemplo, la interrelación entre minerales (sinergismo y antagonismo), como también su relación con las diferentes fracciones orgánicas, pueden incrementarse o reducir la biodisponibilidad y retención de estos (Maynard y col., 1981).

Las múltiples interrelaciones entre minerales influyen directa o indirectamente sobre la absorción y la retención de cualquier mineral (Maynard y col., 1981).

No es necesario suministrar en la dieta con tanta precisión los requerimientos dietarios de los minerales esenciales, ya que la regulación homeostática del animal tiende a adecuar los consumos marginalmente deficientes o excesivos, modificando la eficiencia de su absorción y excreción (McDowell y col., 1993).

Muchos son los factores que afectan los requerimientos dietarios de los minerales en los rumiantes, destacando los causados por el elemento mineral propiamente tal, como son su forma química y nivel en la dieta, o bien, por factores propios del animal, tales como: edad, raza, tipo y nivel productivo. Este último factor es el que genera mayor variación en los requerimientos (Maynard y col., 1981; Ammerman y Henry, 1987).

Importantes diferencias en el metabolismo mineral pueden ser atribuidas a la raza y a la adaptación. Es frecuente que el ganado introducido a una zona específica presente signos de deficiencia, a diferencia de las razas nativas, que tienen una tasa de crecimiento lenta y madurez tardía, que no muestran esas deficiencias al mismo grado (McDowell y col., 1993). Por otra parte, la edad del animal es importante desde el punto de vista de la absorción de minerales. Es sabido que los animales jóvenes absorben estos elementos en una cantidad y velocidad mayor que los animales más viejos (Meléndez, 1989).

Los niveles de macrominerales en el plasma sanguíneo, especialmente los del *Ca*, *Mg*, *K* y *Cl*, se mantienen dentro de márgenes relativamente estrechos por sus mecanismos de control hormonal, mientras que los microminerales esenciales presentan mayores variaciones en sus concentraciones plasmáticas, ya que no existen mecanismos de control que permitan ajustar las grandes variaciones en la absorción de los microelementos con relación a su concentración en sangre (Bondi, 1989).

Existe abundante evidencia indicadora que el metabolismo de los elementos traza no puede ser considerados individualmente. Además, un amplio rango de factores fisiológicos y nutricionales pueden influir sobre el consumo, transporte y almacenamiento de los minerales en el organismo, con subsecuentes incrementos de la susceptibilidad a estados de deficiencia o toxicidad (Bremner y Beattie, 1995).

- ***EFFECTOS DE LAS INADECUACIONES DIETARIAS MINERALES***

Las deficiencias energéticas y proteicas son las responsables más comunes de una producción animal subóptima. Numerosos investigadores han observado que el ganado también disminuye su condición productiva y sanitaria, a pesar de tener una abundancia de alimentos, siendo los minerales esenciales presentes en suelo y forrajes los que han sido considerados como los responsables de la baja producción y de los problemas reproductivos entre los rumiantes en pastoreo (McDowell y col., 1993).

La ingestión por largo tiempo de raciones deficientes, desequilibradas o con altos contenidos de algunos minerales esenciales, determina cambios en la concentración mineral presente en los tejidos animales, ya sea por debajo o por encima de los límites considerados normales, afectando negativamente las funciones fisiológicas productivas del animal. Los trastornos metabólicos nutricionales provocados, determinan retrasos en el crecimiento, o bien una baja en la utilización de los alimentos y en la productividad animal, así como también trastornos en la fertilidad y sobre el estado sanitario en general. Las inadecuaciones nutricionales minerales oscilan entre la deficiencia mineral grave y la intoxicación, siendo ambos extremos acompañados de una alta mortalidad, pero son las situaciones intermedias las que se presentan con mayor frecuencia.(Bondi, 1989).

Los signos de las inadecuaciones (deficiencias y excesos marginales) son bastante inespecíficos, ya que pueden ser causados por más de un mineral, o estar combinados con efectos causados por otras deficiencias nutricionales, tales como las proteicas, energéticas, o bien, con diversos tipos de parasitismo, presencia de plantas tóxicas, enfermedades infecciosas y otros (Underwood, 1981; McDowell y col., 1993).

Los casos graves de deficiencias o intoxicaciones minerales suelen ser escasos en condiciones prácticas (Bondi, 1989).

Las pérdidas de animales por alteraciones en su crecimiento y reproducción, por enfermedades y debido a las deficiencias minerales y toxicidades, son muy importantes (Reid y Jung, 1991). Estudios basados en el análisis del suelo, vegetación y sangre o tejidos de animales mantenidos a pastoreo, frecuentemente indican alguna asociación entre problemas de salud y propiedades del suelo subyacente de la región, particularmente cuando esta no ha sido cultivada o manejada (Reid y Jung, 1991).

Para determinar el grado de adecuación mineral de rumiantes en pastoreo, existen diferentes diseños experimentales que abarcan diferentes componentes de la cadena trófica mineral; dentro de estos, el análisis de fluidos y tejidos animales ha sido ampliamente utilizado por ser los indicadores más precisos del estado nutricional mineral, además ofrecen ventajas adicionales, relacionadas con la rapidez, facilidad de muestreo y posterior análisis (Ammerman y Henry, 1991; Egaña y col., 1987). Es así como el suero y plasma son buenos indicadores del estado nutricional de *P*, *Ca*, *Cu*, *Zn*, *Mg* y *K*. A diferencia, el tejido hepático es utilizado para determinar el estado nutricional de *Co* y *Cu*, y la densidad ósea es el mejor indicador del valor de *Ca*, *P* y *Mg* (Underwood, 1981).

CALCIO Y FOSFORO

Más del 80% de las cenizas del organismo están formadas por *Ca* y *P*. Ambos minerales se estudian conjuntamente, ya que están estrechamente relacionados, tanto en los alimentos como en el organismo animal (Bondi, 1989). La mayoría de las veces llegan al organismo combinado el uno con el otro y un suministro inadecuado de cualquiera de ellos en la dieta, limita la utilización de ambos (Maynard y col., 1981).

La nutrición adecuada de *Ca* y *P* dependen de tres factores: suficiente aporte de cada elemento, equilibrio correcto entre ellos y la presencia de vitamina D (Maynard y col., 1981).

La mayoría de los animales requiere una relación Ca:P óptima, la que usualmente oscila entre 1:1 y 2:1 (NAS, 1980; Underwood, 1981). A diferencia de los monogástricos, se describe que los rumiantes pueden tolerar un amplio rango de relaciones Ca:P, especialmente cuando el aporte de vitamina D dietario es elevado (Underwood, 1981; Horst, 1986). Sin embargo, Ricketts y col. (1970) reportan que novillos que recibieron una relación dietaria de Ca:P de 8:1, tuvieron una ganancia de peso significativamente menor a la de los novillos que recibieron relaciones de 1:1 ó 4:1, no siendo estas dos últimas diferentes entre sí.

Aproximadamente, el 99% del *Ca* y el 80% del *P* presente en el cuerpo animal, se encuentran en los huesos y dientes, donde cumplen un rol estructural en la formación y mantención del esqueleto. El 1% restante de *Ca*, se encuentra ampliamente distribuido en tejidos blandos y fluidos corporales, participando en múltiples funciones, entre las que destacan: excitabilidad muscular, función rítmica del corazón, integridad y permeabilidad

de membranas, transmisión del impulso nervioso, coagulación sanguínea, secreción de varias hormonas y factores de liberación hormonal, producción láctea y como cofactor en sistemas enzimáticos (NAS, 1980; Underwood, 1981; Ammerman y Goodrich, 1983; NRC, 1988; McDowell y col., 1993). El 20% restante del *P*, se distribuye ampliamente en líquidos orgánicos, tejido nervioso y muscular, siendo su concentración muscular de 2 a 3 gr/kg (Underwood, 1981; Georgievskii y col., 1982; Auza, 1987; Breves y Schröder, 1991; McDowell y col., 1993).

El hueso no es un depósito estático de minerales que sirve únicamente para cumplir una función estructural, sino que se encuentra en estado dinámico. Los huesos son reserva de *Ca* y *P* que pueden movilizarse cuando el aporte de estos minerales es insuficiente para cubrir los requerimientos del organismo. Por tanto, el metabolismo mineral del hueso supone, no solo la agregación de *Ca* y *P* durante el crecimiento, sino el intercambio continuo entre los huesos y la sangre (Maynard y col., 1981; Bondi, 1989). En contraste con el esqueleto, la movilización y el reemplazo del *Ca* y *P* dentario, son muy pequeños. Una vez que se han formado los dientes, prácticamente no son afectados por las necesidades metabólicas para estos minerales o su concentración en la ración (Maynard y col., 1981).

En general, todos los vertebrados son capaces de regular la concentración de *Ca* plasmático con bastante precisión, en contraste con el *P* plasmático, que es controlado con menor precisión (Horst, 1986; Horst y col., 1994).

▪ Calcio

El *Ca* es uno de los elementos que se encuentra más abundantemente en la naturaleza. Este se encuentra como carbonato de calcio (cemento, caliza, mármol), sulfato de calcio (yeso) y otras formas (Georgievskii y col., 1982). Es el elemento mineral más abundante en el organismo animal, y representa el 1-2% del peso corporal total (NAS, 1980).

Wasserman y col. (1984), señalan que la absorción de *Ca* ocurre principalmente en el duodeno y yeyuno, y en menor proporción en el abomaso de rumiantes (Georgievskii y col., 1992).

La absorción del *Ca* desde duodeno es por transporte pasivo y activo, respectivamente y este último es facilitado por la vitamina D, a diferencia de la absorción en el yeyuno, que es por difusión, la que está en relación con la concentración de *Ca* en el lumen intestinal (Horst y col., 1994).

En vacas alimentadas con dietas ricas en *Ca*, su absorción se realiza principalmente por transporte pasivo, deprimiéndose el transporte activo (Horst y col., 1994).

La cantidad de *Ca* absorbido por el animal es dependiente de muchos factores, entre los que destacan: consumo de *Ca*, edad, condición y nivel productivo; forma química y fuente del mineral, como también de las interrelaciones entre los minerales dietarios (NRC, 1988). La absorción de *Ca* es más eficiente en una dieta restringida en *Ca*, o bien cuando los requerimientos del animal son mayores, tales como las etapas de preñez y lactancia (Care y col., 1980; NAS, 1980; Horst, 1986). La eficiencia de absorción del *Ca* varía con distintos factores, por ejemplo es conocido que una reducción del *Ca* dietario o un aumento

en la acidez de la dieta, aumentan la eficiencia de su absorción (Care y col., 1980; Horst, 1986). La edad del animal también tiene una influencia significativa en la capacidad intestinal para adaptarse a faltas de *Ca*. Es así como los animales de mayor edad tienen una menor capacidad de incrementar la eficiencia de absorción en respuesta a bajas de *Ca* en la dieta, comparado con animales más jóvenes (Horst, 1986).

Según NRC (1988) a medida que el ganado crece, la absorción de *Ca* disminuye, desde valores cercanos al 98% en terneros lactantes, a niveles del 22% en adultos.

Conocer la biodisponibilidad del *Ca* contenido en los distintos alimentos para animales de diferentes edades y estados fisiológicos, continúa siendo una gran limitante para definir los requerimientos en forma más precisa (Beede, 1991).

Algunos componentes dietarios, tales como lactosa y el nivel proteico, incrementan la biodisponibilidad del *Ca* dietario. Por el contrario, compuestos como los fitatos, oxalatos, fosfatos y excesos de sulfato, disminuyen su biodisponibilidad ya que reducen la concentración de *Ca* en estado iónico, que es la forma en que se absorbe el *Ca*. Los fitatos son menos efectivos en rumiantes que en monogástricos en reducir la biodisponibilidad del *Ca*, debido a que son metabolizados por los microorganismos ruminales (Care y col., 1980; Horst, 1986; Soares, 1995).

La biodisponibilidad del *Ca* proveniente de fuentes inorgánicas es mayor que la de las fuentes orgánicas (Beede, 1991).

El *Ca* se encuentra en la sangre en 2 formas: una soluble o ionizada, que representa casi 60% del total; la otra se encuentra unida a las proteínas del plasma, especialmente a la albúmina (Maynard y col., 1981). Las células sanguíneas carecen de *Ca* (Bondi, 1989).

La concentración de *Ca* iónico en los fluidos extracelulares es aproximadamente 1000 veces más grande que en el interior de las células; igual ocurre con el *P* inorgánico libre. Esta enorme gradiente de *Ca* requiere de un bombeo celular, es decir, transportar activamente los iones de *Ca* para preservar la baja concentración intracelular. Esta gradiente es ventajosa para la entrada de esos iones al compartimento fluido del hueso (Anderson, 1991).

La concentración normal de *Ca* plasmático en el bovino, oscila entre 9 y 11 mg/dl de plasma (Barton y col., 1981; Underwood, 1981; NRC, 1988). Todos los vertebrados son capaces de regular la concentración de *Ca* en plasma con una exacta precisión (Horst, 1986), lo que logran a través de un complejo mecanismo hormonal. Cuando los niveles de *Ca* sanguíneo disminuyen, aumenta la producción de la hormona paratiroidea (Pth), la que estimula la síntesis de 1,25 dihidrocolecalciferol en el riñón, que es la forma activa de la vitamina D (Horst, 1986; Breves y Schröder, 1991). La vitamina D aumenta los niveles de *Ca* sanguíneo, a través de un incremento en la absorción de *Ca* intestinal, en conjugación con la Pth, que incrementa la movilización de *Ca* óseo. También, la hormona paratiroidea disminuye la excreción de *Ca* en la orina. Por el contrario, cuando los niveles plasmáticos de *Ca* son altos, se estimula la producción de calcitonina por la glándula tiroides, la que inhibe la síntesis de Pth, y así, disminuye la absorción de *Ca* desde el intestino y su remoción desde hueso (Care y col., 1980; Underwood, 1981; Ammerman y Goodrich, 1983).

Del total del *Ca* sanguíneo filtrado por el glomérulo, sobre el 99% es reabsorbido en el túbulo contorneado, por lo que la cantidad eliminada por la orina es pequeña y corresponde a compuestos filtrables no ionizados (Georgievskii y col., 1982).

Se describen variaciones en las concentraciones plasmáticas de *Ca*, las que aumentan gradualmente, a medida que transcurre el tiempo de espera de los animales para su matanza, lo que se atribuye a una alteración de la homeostasis, producto del estrés (Flores y col., 1992).

Los requerimientos dietarios de *Ca*, son condicionados por gran cantidad de factores, entre los que destacan: peso del animal, ganancia de peso, condición reproductiva, cantidad de leche producida y edad. Con respecto a la edad, se describe que el ganado joven requiere mayor cantidad de *Ca* en la dieta, a pesar que absorben el *Ca* más eficientemente que los animales adultos. Este mayor requerimiento, tiene como fin mantener el activo desarrollo óseo y tisular, propio de los animales jóvenes. Individuos adultos requieren menores concentraciones de *Ca* dietario, ya que su desarrollo óseo ha sido completado (Ammerman y Goodrich, 1983).

Los requerimientos dietarios de *Ca* establecidos por NRC (1988), para ganado de carne, oscilan entre 0,17 y 1,53%.

El contenido de *Ca* en los forrajes varía ampliamente, dependiendo de la especie forrajera, parte consumida y su estado de madurez (Underwood, 1981). Los granos de cereales son bajos en su contenido de *Ca*, presentando rangos cercanos a 0,02 a 0,1%; los henos de gramíneas y forrajes maduros tienen un contenido considerado como intermedio, que oscila entre 0,31 y 0,36%, pero inferiores a los presentes en los henos de leguminosas, que contienen cantidades superiores, las cuales fluctúan entre 1,2 a 1,7% (NAS, 1980; Maynard y col., 1981; Grunes y Welch, 1989).

Las leguminosas requieren suelos que contengan altos niveles de *Ca* para su adecuado crecimiento, y aunque también muestran variación en su contenido, según el tipo de suelo, se consideran como una buena fuente de *Ca* (Maynard y col., 1981).

Los factores climáticos también condicionan el tenor de *Ca* en el vegetal. Es así como Primavesi (1984) y Grunes y Welch (1989) reportan que los forrajes de climas secos y temperaturas elevadas, tienen mayor concentración de *Ca* en sus hojas, en relación a las que provienen de climas húmedos y fríos.

En relación a las deficiencias de *Ca*, estas ocurren preferentemente en suelos de regiones húmedas, donde la elevada pluviosidad sobrepasa la capacidad de evapotranspiración del vegetal durante la mayor parte del año, lo que conlleva que las bases han sido depletadas y la acidez del suelo ha aumentado, y donde las praderas consisten principalmente de gramíneas de rápido crecimiento, con pocas especies de leguminosas (Engels, 1981; Primavesi, 1984).

Un consumo inadecuado de *Ca* puede causar debilidad de los huesos (osteomalasia, osteoporosis o raquitismo), reducción en el crecimiento y baja producción de leche, y sus deficiencias severas pueden ocasionar tetania (Georgievskii y col., 1982; McDowell y col., 1993).

La mayoría de las vacas de lechería, comúnmente sufren algún grado de hipocalcemia durante el período periparto. Estudios han mostrado que esta no es el resultado de una inadecuada producción de hormonas calciotrópicas (Pth, vitamina D₃), sino más bien, de un inadecuado número de receptores o disfunción de los receptores en las células blanco de estas hormonas (Horst y col., 1994).

La “fiebre de leche” o hipocalcemia post parto, es un desorden que se presenta en vacas lecheras, al comienzo de la lactancia. Se desencadena en la lactancia temprana, debido a que el animal depende principalmente del *Ca* absorbido desde intestino, ya que su movilización ósea juega un rol menor hasta 1 a 2 semanas post parto, a causa de que la respuesta a algunos estímulos hormonales se hace refractaria en esta época (Horst, 1986; Goff y Horst, 1994). Sin embargo, cuando las vacas son alimentadas con dietas bajas en su aporte de *Ca* (< 20 grs *Ca*/día) durante las últimas semanas de gestación, el hueso si contribuye a la concentración de *Ca* plasmático, por lo tanto, este sería un manejo de “vaca seca” particularmente útil en la prevención de esta patología (Goff y Horst, 1994).

Por el contrario, una ingesta excesiva de *Ca*, tiene una influencia negativa sobre la asimilación de otros minerales tales como *P*, *Mg*, *Fe*, *I*, *Mn*, *Zn* y *Cu*, cuando la ingesta de éstos es marginal, y si la ingesta excesiva es por períodos prolongados, puede producir una hipersecreción de calcitonina y esto llevar a una osteopetrosis y también puede ocasionar la formación de cálculos renales (Maynard y col., 1981; McDowell y col., 1993).

▪ Fósforo

La absorción del *P* dietario, ocurre mayoritariamente en intestino delgado, principalmente en duodeno, a través de dos mecanismos: difusión y transporte activo (Georgievskii y col., 1982; Rosenberger, 1983). El transporte activo de *P* en la pared intestinal es estimulado por la vitamina D y es dependiente de la presencia de *Na*, e independientemente del transporte de *Ca*, siendo fácilmente saturable; por su parte, la absorción pasiva predomina cuando existen altas concentraciones de *P* en el lumen intestinal (Horst, 1986).

Alrededor del 77% del *P* que ingresa al rumen proviene de la secreción salival, siendo este principalmente inorgánico y su concentración es superior alrededor de 5 veces la concentración sérica en el caso de bovinos. Una adecuada disponibilidad de *P* para las bacterias ruminales, asegura una degradación adecuada del alimento, debido a que participa en la digestibilidad de la celulosa. En bacterias G+, los fosfatos forman parte de componentes de membranas. También en el rumen, los fosfatos tienen un efecto tampón que tiende a mantener el pH ruminal (Auza, 1987).

La cantidad de *P* dietario que es absorbido depende de numerosos factores, entre los que destacan: la fuente de *P*, cantidad consumida, relación Ca:P, pH intestinal, edad del animal, y niveles dietarios de *Ca*, *Fe*, *Al*, *Mn*, *K*, *Mg* y grasa (NRC, 1988; Crowe y col., 1990; McDowell, 1992). Coates y Ternouth (1992), señalan que el coeficiente de absorción de *P* en vaquillas es más alto en dietas con bajo tenor, en relación a dietas de mayor contenido de *P*. Esto sugiere que los bovinos pueden adaptarse a dietas bajas en *P*, incrementando su eficiencia de absorción.

Es conocido que frente a bajos aportes dietarios de *P*, su absorción puede ser deprimida por el aporte de niveles dietarios relativamente altos de *Ca*, *Mg*, *Al* o *Fe*, debido a la formación de compuestos insolubles dentro del intestino delgado. Este efecto es menos marcado en rumiantes que en no rumiantes, debido a que el pH en la parte inicial del intestino delgado es menor en rumiantes (Care y col., 1980).

La concentración de *P* en el contenido ruminal es superior a 210 mg/l, lo que provee una adecuada cantidad de *P* para las necesidades de los microorganismos ruminales y así, alcanzar la máxima digestión de la celulosa (Gartner y col., 1982; Witt y Owens, 1983). Para mantener ésta actividad microbiana ruminal, los rumiantes adultos reciclan el *P* endógeno vía saliva hacia el rumen. El gran flujo de saliva, que alcanza de 25 a 190 litros por día en los bovinos, contribuye con 30 a 40 gr de *P* (Care y col., 1980; Witt y Owens, 1983; Horst, 1986).

La sangre contiene 35-45 mg/ml de *P* en forma de ortofosfato, la mayor parte del cual se encuentra en los glóbulos rojos (Bondi, 1989; McDowell y col., 1993). Los niveles de *P* inorgánico plasmático se sitúan entre 4 y 9 mg por 100 ml; a diferencia, otros autores entregan un rango de normalidad entre 4 y 8 mg por 100 ml (Engels, 1981). Gran parte del fosfato plasmático está ionizado, pero una pequeña cantidad se encuentra formando complejos con proteínas, lípidos y carbohidratos (Bondi, 1989).

El *P* se encuentra en altas concentraciones en eritrocitos, por lo que la sangre entera contiene 6 a 8 veces más *P* que el plasma (NRC, 1988; McDowell y col., 1993).

Concentraciones de *P* inorgánico inferiores a 2 ml/100 ml en rumiantes, generalmente indican deficiencia, y a diferencia, altos niveles no pueden ser interpretados con tanta confianza (Gartner y col., 1980).

La regulación del nivel sanguíneo de *P* se realiza conjuntamente con el de *Ca* a través de la acción de las hormonas paratiroidea (Pth) y tirocalcitonina (NAS, 1980). La hipofosfatemia inhibe la secreción de Pth y consecuentemente, minimiza las pérdidas urinarias de *P*.

Además, otros mecanismos renales intrínsecos que no están relacionados a Pth o vitamina D, mejoran la reabsorción tubular del *P*. La secuencia opuesta de eventos ocurre en situaciones de hiperfosfatemia (Breves y Schröder, 1991).

La excreción de *P* urinario es menor en rumiantes que en monogástricos, aun pudiendo ser modificada por la acción de la Pth. La principal ruta de excreción de *P* en rumiantes la constituye el tracto digestivo, del cual aproximadamente un 80% procede de la saliva (Care y col., 1980). El contenido de *P* en la saliva y la tasa de excreción de *P* endógeno fecal están en directa relación con la ingesta de *P* y la concentración de *P* sérico. Los mismos factores que influyen en la absorción del *P* dietario también afectan la excreción neta de *P* endógeno a través de las glándulas salivares (Care y col., 1980). Así pues, el principal componente del requerimiento de mantención de *P* corresponde a la pérdida endógeno fecal, cuya pérdida está influida por el alimento ingerido y la naturaleza de la dieta. También incrementos en la materia seca ingerida y el contenido de forraje tosco en la dieta, resultan en un aumento de la pérdida endógena (Price, 1989). Auza (1987), señala que la excreción de fosfato orgánico se mantiene relativamente constante e independiente de la cantidad ingerida, a diferencia del fosfato inorgánico fecal que varía en forma directa con el ingerido.

Se describen disminuciones estacionales de la fosfatemia, aún con niveles adecuados de *P* en la pradera. También se producen variaciones de la fosfatemia relacionadas con la

edad del animal, incrementándose hasta los 6 meses de vida, para luego disminuir a medida que aumenta la edad. En terneros lactantes, las concentraciones plasmáticas oscilan entre 8 a 10 mg/100 ml (Auza, 1987).

El nivel plasmático de *P* es un buen indicador del estado nutricional de *P*, siempre y cuando los factores de estrés y la preparación de la sangre (hemólisis, temperatura y tiempo para la separación del suero) puedan ser controlados (McDowell y col., 1993). Por otra parte, Gartner y col. (1982), señalaron que el *P* inorgánico presente en la sangre, es un indicador más sensitivo de la deficiencia de *P*, que el *P* salival.

El *P* también se encuentra en cantidades importantes en otros componentes del organismo, tales como: fosfoproteínas, nucleoproteínas, fosfolípidos, fosfocreatinina y hexosa-fosfato (Maynard y col., 1981; Littledike y Goff, 1987).

El *P*, además de su importante rol estructural en el desarrollo y mantención del tejido esquelético, participa en la mayoría de las funciones metabólicas, incluyendo utilización y transferencia energética, formación de fosfolípidos, aminoácidos y proteínas. Además, es componente de ácidos nucleicos, por lo tanto, es esencial en el crecimiento y diferenciación celular. También el *P*, junto a otros elementos, participa en la mantención del equilibrio osmótico y balance ácido-base. Es esencial para el funcionamiento de microorganismos ruminales. Además interviene en el control del apetito y en la eficiencia de utilización del alimento (Underwood, 1981; Hurley y Doane, 1989; McDowell, 1992).

Williams y col. (1991), demostraron que las propiedades químicas, físicas y mecánicas del hueso pueden ser usadas para evaluar el estado nutricional del *P* en el ganado. Little y Shaw (1979), citados por Williams y col. (1990), concluyen que la

concentración de *P* en las costillas es útil como herramienta diagnóstica; sin embargo, no es un indicador suficiente, y la historia nutricional del animal debe también ser considerada.

Los requerimientos del NRC (1988) para el ganado de carne señalan que niveles dietarios de *P* que oscilan entre 0,17 a 0,59%, resultan adecuados para novillos y vaquillas en las etapas de crecimiento y engorda respectivamente (McDowell y col.,1993).

Los signos de deficiencia de *P* no son reconocidos fácilmente, excepto en las deficiencias severas por la presencia de huesos frágiles, deformaciones articulares, debilidad general, pérdida de peso, emaciación, rigidez, disminución en la producción de leche, esterilidad, retardo de la pubertad y masticación de maderas, piedras, huesos y otros objetos (McDowell y col., 1993; Georgievskii y col. 1982; Engels, 1981; Auza, 1987). El cuadro clínico de deficiencia de *P* en rumiantes, ha sido descrito como un cuadro confuso en sus síntomas y que posiblemente no puede sólo ser atribuido a una deficiencia de *P*, sino que está asociado comúnmente con niveles bajos de proteína dietaria (Auza, 1987). Por su parte, Jubb y Kennedy (1970), citados por Hoey y col. (1982), señalan que los efectos patológicos de una deficiencia de *P* sólo son específicos en los casos que afectan al esqueleto.

El *P* es el mineral más deficiente en rumiantes en pastoreo (Ammerman y col., 1984; Call y col., 1986; Crowe y col., 1990; Breves y Schröder, 1991), debido a que es frecuente que los suelos deriven de un material madre (roca) pobre en *P*, originando un crecimiento de praderas con predominio de gramíneas, las que poseen bajos tenores de proteína bruta, lo que deriva en una pradera con baja digestibilidad de su materia seca, reduciendo aún más la disponibilidad orgánica de *P* (Auza, 1987).

La concentración de *P* en los suelos es muy variable, registrándose concentraciones que oscilan desde niveles inferiores de 3 a 15 ppm, hasta límites superiores de 70 a 100 ppm. La baja disponibilidad de *P* en los suelos para las praderas, resulta de formaciones insolubles de fosfatos de aluminio, hierro o de fosfato de calcio básico (Auza, 1987).

Los suelos de nuestro país, aún cuando presentan gran heterogeneidad en cuanto a su origen y características físico-químicas, tienen en común su marcada incapacidad de proporcionar el *P* necesario para la producción de forraje. Esta deficiencia es más marcada en la zona sur del país (Tosso, 1985; Ruíz, 1988).

Las condiciones climáticas estacionales pueden modificar las concentraciones de *P* de la pradera (Primavesi, 1984). Auza (1987), describe una relación positiva entre los niveles de *P* en vegetales como alfalfa, trébol y pasto ovillo, y regímenes crecientes de irrigación. Otro factor condicionante del tenor de *P* en el vegetal, es la temperatura ambiente, existiendo tendencia a disminuir la concentración de *P* cuando aumenta la temperatura de 10-11° C a 21-27° C.

También influye en el contenido de *P* del vegetal, factores como la intensidad de la luz, composición botánica de la pradera y otros (Auza, 1987).

En relación al estado vegetativo de la pradera y el contenido de *P*, hay una disminución muy marcada en su contenido con el avance de la madurez, pudiendo llegar a concentraciones inferiores en 50% a los niveles presentes en la pradera tierna (Underwood, 1981; Primavesi, 1984; Ruíz, 1988).

Se producen importantes pérdidas de *P* en el forraje, a través de su ensilado y también con las lluvias durante la henificación, debido a que gran parte del fósforo contenido en la pradera, es soluble en agua (Georgievskii y col., 1982).

Los niveles de *P* deberían alcanzar un mínimo de 0,16% base seca, en el forraje para poder cubrir las necesidades de un bovino adulto (Auza, 1987).

▪ Relaciones entre Ca y P

La nutrición adecuada del *Ca* y *P*, no solo es dependiente de la cantidad presente en la dieta, sino que además de la forma química en la que se encuentran y del estado de la vitamina D del animal (McDowell y col., 1993; Bronner, 1993). La vitamina D₃ facilita la absorción de *Ca* y *P* mediante la estimulación de los mecanismos de síntesis de la proteína transportadora de *Ca* (Maynard y col., 1988).

Los alimentos contienen *Ca* y *P* en cantidades muy variables. Los subproductos animales son relativamente ricos en ambos minerales, especialmente las harinas de baja calidad, ya que contienen gran cantidad de hueso (Bondi, 1989). A diferencia, en las semillas de cereales el contenido de *Ca* es pobre, pero las semillas de oleaginosas, así como las tortas de oleaginosas, contienen mayor cantidad de *Ca*. Sin embargo, con relación a los requerimientos de los animales, todas las semillas y sus derivados deben ser clasificados como fuentes pobres en *Ca* (Maynard y col., 1981; Bondi, 1989; Georgievskii y col., 1982).

Los forrajes, particularmente las leguminosas tienen concentraciones mayores de *Ca* que de *P*; además, el contenido mineral de los forrajes depende del estado vegetativo en que se encuentren (Bondi, 1989; Georgievskii, 1982).

La deficiencia de *Ca* en animales en pastoreo es mucho menos frecuente que la deficiencia de *P*, debido a que la mayoría de las especies forrajeras contienen una mayor concentración de *Ca* que de *P*, tanto en hojas como en tallo. Además, los niveles de *Ca* en el vegetal no decrecen sustancialmente con el avance del estado fenológico, como sí ocurre con el *P*. También los suelos con deficiencias de *Ca* son menos comunes que los deficitarios en *P* (Underwood, 1981). A diferencia, los animales que consumen raciones

ricas en concentrados, pueden presentar más frecuentemente deficiencias en *Ca*, debido a la elevada relación *P/Ca* en los cereales y semillas oleaginosas (Bondi, 1989). Engels (1981) señala que la deficiencia de *P* es predominante, pero no una condición exclusiva de rumiantes a pastoreo, mientras que la deficiencia de *Ca* es más frecuente en animales alimentados intensivamente, especialmente cerdos y gallinas.

Los excesos de *Ca* y *P* pueden causar defectos óseos y reducir el consumo de alimentos y la ganancia de peso. Un elevado nivel de *Ca* o *P* en la dieta, reduce la eficiencia de utilización del otro y también afecta la biodisponibilidad de otros minerales (McDowell y col., 1993). Una ración que contenga 10 partes de *Ca* por una de *P* disminuye la eficiencia de asimilación del *P*. Lo mismo ocurre cuando la relación es inversa (Maynard y col., 1981)

A animales alimentados con dietas deficitarias o con niveles marginales de *Ca* y cantidades exageradas de *P*, se les presenta una anomalía llamada hiperparatiroidismo nutricional secundario. El exceso dietario de *P* disminuye la absorción de *Ca* y descende sus niveles séricos, lo que estimula la producción de paratohormona, la que lleva a una remoción de *Ca* desde los huesos, la cual puede ser extrema (Maynard y col., 1981).

MAGNESIO

El *Mg* es un mineral esencial para todos los animales, especialmente crítico para rumiantes (Fontenot y col., 1989).

Alrededor del 60 - 70% del total de este mineral en el organismo, se localiza en el esqueleto y representa aproximadamente el 0,5 - 0,7% de las cenizas de los huesos (Georgievskii y col., 1982). El restante *Mg*, se encuentra ampliamente distribuido en los líquidos y tejidos blandos del cuerpo (Ammerman y Goodrich, 1983;).

Las funciones del *Mg* son a tres niveles: como cofactor enzimático; componente estructural en la reunión de ribosomas, y a nivel celular como estabilizante de fuerzas en membranas (Fontenot y col., 1989).

Adicionalmente, en los rumiantes el *Mg* también juega un rol indirecto en la digestión ruminal de la celulosa y se ha visto también incrementos en el porcentaje de grasa láctea, al suplementar la ración diaria con óxido de *Mg* (debido a su función alcalinizante) a vacas que son alimentadas con dietas altas en concentrados, que deprimen la grasa láctea (Beede, 1991).

Este elemento mineral cumple diferentes funciones metabólicas, entre las que destacan: mantención de la integridad de los huesos y dientes; participa en la síntesis proteica; es el segundo catión en importancia, después del *K*, en los fluidos intracelulares; activador de muchas enzimas, involucradas en el metabolismo de los carbohidratos y lípidos, también en la transmisión y actividad neuromuscular (Fontenot y col., 1989; McDowell y col., 1993).

Aproximadamente, la tercera parte del *Mg* presente en los huesos está disponible para ser movilizado y trasladado a otros compartimentos del cuerpo cuando su ingesta es inadecuada (Maynard y col., 1981). Sin embargo, la movilización de *Mg* desde el hueso disminuye a medida que aumenta la edad del bovino (McDowell, 1992). También, la movilización de *Mg* se ve influida por la vascularización ósea y la resorción intestinal de *Mg* (Rosenberger, 1983).

La biodisponibilidad del *Mg* es muy variable, siendo en la leche de alrededor de 70% para terneros, pero desciende en los adultos hasta un 35% en los alimentos concentrados y a un 20% en los forrajes (Bondi, 1989).

El *Mg* presente en granos y concentrados, es más biodisponible para los bovinos que el presente en los forrajes (NRC, 1988). Así mismo, el *Mg* presente en los forrajes conservados es más biodisponible que el presente en praderas verdes. En contraste a la mayoría de los minerales, la absorción de *Mg* es más baja desde praderas jóvenes y altamente proteicas, y aumenta con la madurez del forraje (NRC, 1988). Las leguminosas son más altas en su contenido de *Mg* con relación a las gramíneas (Smith y Edwards, 1988).

La absorción de *Mg* en las plantas ocurre tanto por mecanismos pasivos como también por incorporación activa y son influidos por condiciones ambientales y metabólicas (Hannaway y col., 1980). La absorción de *Mg* por los animales y los vegetales es deprimida severamente por altas concentraciones de NH_4 y *K*. También es deprimida por los minerales *Al*, *P* y *Mn* en suelos ácidos ($\text{pH} < 5,5$) y por altas concentraciones de *Ca* y frecuentemente por altas concentraciones de *Mg* (Underwood, 1981).

Los requerimientos de *Mg* varían según la especie, raza, edad, tasa de crecimiento o de producción del animal, y con la disponibilidad biológica del mineral en la dieta (McDowell y col., 1993).

Los rumiantes requieren raciones con alrededor del 0,2% de *Mg* base seca, pero podrían ser capaces de tolerar niveles de *Mg* dietario muy superiores (NAS, 1980).

La absorción en rumiantes es principalmente preintestinal, siendo retículo-rumen el principal sitio de absorción de *Mg* (Greene y col., 1981).

Una parte del *Mg* de las plantas verdes se encuentra en forma ligada a la clorofila, la que se hidroliza en el medio ácido del estómago o rumen, liberando el *Mg*. La absorción en el rumen puede reducirse por los altos niveles de *K*, NH_3 y PO_4 , así como también por algunos ácidos orgánicos que se encuentran en los vegetales. Los altos niveles de NH_3 ruminal, son ocasionados por el exceso de proteína degradable en el rumen, las que son particularmente elevadas en pasturas muy tiernas, o por el consumo de compuestos nitrogenados no proteicos (Bondi, 1989; Price, 1989).

El factor más condicionante en la absorción del *Mg*, es el contenido de *K* en la dieta. Se describe que concentraciones dietarias de *K* superiores a 20 – 24 gr/kg de materia seca, afectarían el nivel de *Mg* en el animal, ya que cuando hay una alta concentración de *K* en el fluido ruminal, además de reducir la absorción de *Mg* y su paso a la sangre, aumenta el flujo inverso de *Mg* desde la sangre hacia el rumen, incrementándose la excreción fecal de *Mg* (Greene y col., 1983 a; Fontenot y col., 1989). Sin embargo, Greene y col. (1983 b) y Rahnema y Fontenot (1990), señalan que altos niveles de *K* no afectarían negativamente la absorción de *Mg* a nivel intestinal.

Las fertilizaciones de praderas con niveles altos de *N* y *K*, generalmente resultan en concentraciones más bajas de *Mg* sérico y alta incidencia hipomagnesemia o tetania de los pastos en los animales en pastoreo, debido a que causaría una disminución en la absorción de *Mg* (Fontenot y col., 1989; Little, 1981).

La concentración mínima requerida en las praderas para el adecuado crecimiento de los bovinos, oscila entre 0,07 y 0,10% de *Mg* (McDowell y col., 1993).

El *Mg* absorbido por el animal tiene un origen exógeno y otro endógeno, y la principal vía de excreción es la digestiva, y en menor grado urinaria, ya que del 95 a 97% del *Mg* filtrado es reabsorbido en los túbulos renales (Georgievskii y col., 1982).

El depósito de *Mg* en el organismo está inversamente asociado a los niveles de *Ca* en la dieta (Georgievskii y col., 1982). También las hormonas que regulan las concentraciones del *Ca* afectan las concentraciones del *Mg* (Fontenot y col., 1989). El umbral renal para la excreción del *Mg* está parcialmente bajo el efecto de la Pth. En vacas que se les inyectó Pth, la excreción urinaria de *Mg* disminuyó, resultando en un incremento de la concentración sérica de *Mg* (Fontenot y col., 1989).

Las concentraciones plasmáticas de *Mg* están directamente relacionadas con su nivel dietario (Georgievskii y col., 1982), y es un buen indicador del status de *Mg* en el organismo; sin embargo, no disminuye hasta que la deficiencia es severa (McDowell y col., 1993). La concentración de *Mg* en el líquido cefalorraquídeo es el indicador más preciso de deficiencia y valores menores a 1,25 – 1,45 mg/dl, indican deficiencias, que serían las responsables de la sintomatología nerviosa (Smith y Edwards, 1988).

Concentraciones plasmáticas de *Mg* de 1,7 a 3,0 mg/dl son consideradas normales; niveles bajo 1,5 mg/dl se consideran sospechosos de hipomagnesemia, y niveles bajo 1,0 mg/dl son diagnosticados como tal (Merck, 1986).

La tetania hipomagnésica de los rumiantes es un desorden metabólico no infeccioso, que ocurre en un amplio rango de condiciones nutricionales y de manejo (Bacon y col., 1990), siendo más susceptibles las vacas lecheras de edad avanzada, debido a la disminución en su habilidad para movilizar *Mg* desde el esqueleto, como también por una menor eficiencia en su absorción intestinal (Engels, 1981).

Los cuadros de hipomagnesemia tienden a presentar una distribución estacional y ocurren principalmente 5 a 10 días después de heladas, o bien, en tiempo lluvioso, cuando la temperatura del aire ha sobrepasado los 14° C o más. En estas condiciones ambientales, los forrajes bajan su concentración de *Mg* y frecuentemente aumentan su concentración de carbohidratos solubles (Mayland y Grunes, 1979). Es así, que los cuadros de hipomagnesemia se producen por una disminución de la absorción de *Mg* por el animal y ocurren principalmente en primavera y sólo en algunos casos, está involucrada una disminución en la ingesta de *Mg* o una redistribución del elemento dentro del cuerpo (Price, 1989; Merck, 1986).

La temperatura y la humedad son los factores climáticos que aparentemente tienen la mayor influencia en la ocurrencia de tetania de los pastos (Robinson y col., 1989). Las praderas frecuentemente contienen bajas concentraciones de *Mg*, cuando se ha desarrollado a bajas temperaturas (Mayland y Grunes, 1979). A su vez, Karlen y col. (1987), señalan que en suelos con alta humedad, aumenta la concentración de cationes monovalentes y

disminuyen la de cationes bivalentes en la solución del suelo, resultando en un aumento de la relación K: (Ca+Mg).

Trabajos realizados por Greene y col. (1989), sugieren que existen diferencias, entre las distintas razas bovinas, en cuanto a su susceptibilidad a la tetania de los pastos, siendo menor en animales Brahman, que en Angus y Hereford. Estas diferencias, probablemente son el resultado de distintos procesos de digestibilidad, metabólicos y producción láctea.

Los signos de tetania de los pastos comprenden entre otros: nerviosismo excesivo, espasmos musculares, disnea, pulso rápido, convulsiones y muerte (Maynard y col., 1981). Para minimizar los riesgos de hipomagnesemia, los aportes de *Mg* dietarios deben ser incrementados, tomando en cuenta la menor absorción de este mineral en pastos tiernos (Price, 1989).

Los signos de toxicosis son: letargia, disturbios en la locomoción, diarrea, menor consumo de alimento, menor performance, y finalmente, muerte (NAS, 1980).

ZINC

El Zinc es conocido desde hace varias décadas como esencial para el normal crecimiento, desarrollo y funcionalidad en todas las especies animales (NAS, 1980), a pesar que como elemento traza se encuentra en bajas concentraciones en el cuerpo (Maynard y col., 1981).

El *Zn* cumple un importante rol en los procesos de crecimiento y desarrollo, tales como: gametogénesis, hematopoyesis y osteogénesis. También participa activamente en el metabolismo de ácidos nucleicos, proteínas y carbohidratos, actuando como integrante de estructura o cofactor en diversos sistemas enzimáticos, entre los que destacan: anhidrasa carbónica, fosfatasa alcalina, carboxipeptidasa, DNA y RNA polimerasas, timidina quinasa y deshidrogenasa láctica y glutámica (Wittwer y col., 1988). Como catión no específico, el *Zn* participa en la activación de las enzimas uricasa y dipeptidasa del jugo intestinal; también actúa como potenciador del efecto hipoglicemiante de la hormona insulina (Georgievskii y col., 1982).

La distribución del *Zn* en el organismo es bastante homogénea, pues no hay tejidos por los que muestre mayor afinidad (Georgievskii y col., 1982; Bondi, 1989). El contenido medio de *Zn* en el organismo es de 30 ppm (Maynard y col., 1981). Aún así, el contenido de *Zn* varía con la edad, aumentando durante el período inicial de la ontogénesis postnatal (Georgievskii y col., 1982). También el *Zn* presenta concentraciones séricas menores en hembras preñadas, con respecto a no preñadas (Apgar, 1992). El estrés produce una baja rápida y pasajera de la concentración plasmática de *Zn* y conjuntamente produce un aumento en la concentración hepática (Bremner y Beattie, 1995). Aunque no se describe

afinidad especial del *Zn* por algún tejido, diferentes autores señalan que las mayores concentraciones de *Zn* en el organismo, se encuentran en huesos, hígado, riñón, piel, pelo y lana, y en especial en órganos sexuales del macho (McDowell, 1992), a diferencia del NAS (1980) que señala que las más altas concentraciones de *Zn* se encuentran en el Tapetum lucidum, de iris y coroides.

Los órganos, cuyas concentraciones de *Zn* se ven más afectadas por los niveles dietarios son: sangre, huesos, hígado, páncreas y las gónadas (Georgievskii y col., 1982).

El *Zn* también juega un rol importante en la mantención de una adecuada respuesta inmunitaria (Sherman, 1992). Los primeros reportes de que deficiencias de *Zn* inducían atrofia del timo y pérdida de la función de los linfocitos “T helper”, fueron publicados por Fraker y col. (1977). Sin embargo, el rol exacto del *Zn* en la respuesta inmune es aún desconocida (Sherman, 1992).

A pesar de la amplia distribución del *Zn* a través del cuerpo, su capacidad de almacenamiento, en una forma que pueda ser rápidamente movilizada y así prevenir deficiencias, es limitada (Georgievskii y col., 1982). Esto se ve demostrado por la disminución de valores de *Zn* plasmático dentro de las 24 hrs. posteriores al cambio a dietas muy deficientes en *Zn* (NAS, 1980). Pero, Fairweather-Tait (1995), describe que el organismo tiene gran capacidad para alterar los procesos de excreción y eficiencia de absorción de *Zn*, en orden a mantener la homeostasis bajo diferentes condiciones dietarias.

La concentración normal de *Zn* plasmático en el bovino, oscila en un rango de 0,8 – 1,2 ug/ml (Underwood, 1981).

La concentración de *Zn* plasmático puede ser usada en bovinos para medir el estado nutricional del mineral, siempre que las condiciones de obtención de las muestras sean

estandarizadas, ya que este elemento mineral es fácilmente afectado por otros factores, además de la dieta(Kincaid y col., 1981); tales como, estado de la lactancia; hora del día en que se toma la muestra y otros. Orr y col. (1990), señalan que el estrés reduciría la concentración plasmática de *Zn*, a causa de la mayor filtración renal del mineral, causado por el arrastre que efectuarían los aminoácidos liberados, producto del catabolismo proteico que ocurre en situaciones de estrés. Por esto resulta necesario además, recurrir a otro tipo de muestra, como son las concentraciones hepáticas de *Zn*, que se consideran buenos indicadores del estado metabólico de *Zn*, sobre todo cuando se presentan excesos o deficiencias de consumo del mineral (Underwood, 1981).

La absorción de *Zn* ocurre principalmente en el abomaso e intestino delgado (Smart y col., 1981). El porcentaje de absorción está condicionado por numerosos factores, siendo el más importante, el contenido de *Zn* en la dieta, que es inversamente proporcional al porcentaje de absorción. Otro factor de importancia, es el estado nutricional del animal; aquellos deficientes en *Zn* absorben mayores porcentajes de *Zn* dietario. La edad también influye en la absorción intestinal del *Zn*; es así como los terneros tienen una mayor absorción que animales mayores (Miller, 1970; Smart y col., 1981; Georgievskii y col., 1982).

Además de los factores mencionados, existen factores dietarios que afectan su absorción. Altos niveles dietarios de *Ca*, *P*, *Cd*, *Cu*, *Mg*, ácido fítico, agentes quelantes (EDTA) y vitamina D, disminuyen su absorción y pueden ser responsables de una deficiencia secundaria de *Zn* (Gupta y col., 1979).

Los requerimientos para el ganado varían según la especie, raza, edad, condición productiva y composición de la dieta (Underwood, 1981). Ammerman y Goodrich (1983),

describen los siguientes requerimientos dietarios para rumiantes: 40 ppm para bovinos de leche; 20 a 30 ppm para bovinos en crecimiento-engorda y 35 a 50 ppm para ovinos. Por su parte, Underwood (1981), sugiere 30 ppm como óptimo para un adecuado crecimiento y fertilidad en ovinos y bovinos. Coincidiendo McDowell y col. (1993) con estos valores, entregan concentraciones de 20 a 40 ppm para rumiantes.

El *Zn* endógeno es excretado principalmente a través del tracto intestinal, siendo mínima la excreción por vía urinaria (Georgievskii y col., 1982).

Diferentes factores, entre los que se cuentan el suelo en el cual se desarrolla el vegetal, la especie, estado de madurez, productividad, manejo de la pradera, y clima, pueden desencadenar una deficiencia de *Zn* en rumiantes (McDowell, 1992). Las deficiencias de *Zn* son comunes en suelos calcáreos, debido al pH alcalino del suelo, ya que es sabido que la disponibilidad de *Zn* es máxima cuando el pH del suelo oscila entre 5,5 y 7,0 y disminuye marcadamente por sobre este rango (Gupta y col., 1979).

Georgievskii y col. (1982), señalan que la deficiencia de *Zn* en rumiantes es poco frecuente, debido a los altos contenidos de *Zn* en las praderas. A diferencia, Ammerman y Goodrich (1983); McDowell y col. (1993), indican que deficiencias marginales de *Zn* en los animales son reconocidas como un problema de los rumiantes en pastoreo.

Las especies forrajeras varían ampliamente en su concentración de *Zn*, teniendo las leguminosas concentraciones mayores que las gramíneas. La mayoría de los henos y ensilajes contienen menos de 60 ppm (McDowell, 1992).

En las deficiencias de *Zn*, los síntomas iniciales comprenden una reducción en el consumo de alimento, tasa de crecimiento y eficiencia de conversión del alimento. Los síntomas visibles de una deficiencia severa de *Zn* incluyen piel seca y escamosa,

inflamación de la nariz y boca, endurecimiento de las articulaciones, pérdida y aspereza del pelo. Además, se altera la espermatogénesis, el crecimiento testicular y el desarrollo de los órganos sexuales primarios y secundarios en el macho; en las hembras, se alteran todas las fases de los procesos productivos, tales como el estro, gestación, parto y lactancia (Underwood, 1981; Hurley y Doane, 1989; McDowell y col., 1993). Además, la deficiencia de *Zn* está asociada con muchos tipos de anomalías esqueléticas, tanto en el desarrollo fetal como en el postnatal (Hurley, 1981).

El signo patognomónico de los rumiantes con deficiencia aguda de este mineral es la paraqueratosis, consistente en alteraciones histológicas de la piel, afectando principalmente escroto, cabeza, cuello y piernas (Miller, 1970), con lesiones abiertas en la piel, que hace a los animales más susceptibles a infecciones (Bondi, 1989).

También la deficiencia de *Zn* en algunos animales interfiere con la síntesis hepática de la “proteína transportadora de retinol”, resultando en una falla en la movilización de retinol desde el hígado, produciendo finalmente una disminución de la concentración plasmática de vitamina A (Smart y col., 1981).

Los bovinos tienen alta tolerancia para los consumos excesivos de *Zn*, no presentando ningún efecto tóxico frente a dietas que contienen hasta 500 ppm (Miller, 1970). Incluso, los niveles de tolerancia pueden ser superiores, pero podrían interferir con la utilización y metabolismo de otros minerales, tales como: *Fe*, *Cu*, *Mn*, *Ca* y *P* (Miller, 1970; NAS, 1980).

El antagonismo entre *Zn* y *Cu*, ha sido considerado como el principal ejemplo de antagonismo entre metales con propiedades físicas y químicas similares. La excesiva suplementación dietaria de *Zn*, ha demostrado inhibir la absorción intestinal, acumulación

hepática y transferencia placentaria de *Cu*, además de inducir los signos clínicos y bioquímicos de deficiencia de *Cu*. La situación opuesta, es decir el efecto del *Cu* sobre el metabolismo del *Zn*, está menos documentada (Bremner y Beattie, 1995).

Ingestiones dietarias excesivas de *Zn* causan gran incremento en el contenido de *Zn* de algunos tejidos, particularmente en sangre e hígado, a diferencia de otros en que no se presentan variaciones, especialmente en músculo esquelético (NAS, 1980).

HIERRO

Es un elemento esencial, ya que desempeña un rol central en numerosos procesos metabólicos, debido a que es el constituyente principal del pigmento respiratorio hemoglobina. Más de la mitad del *Fe* presente en el organismo se encuentra formando parte de esta molécula (Maynard y col., 1981).

El *Fe* es constituyente del núcleo hierro-porfirina, conocido como hem, no sólo en la hemoglobina, sino también en las proteínas que forman parte del citocromo C, peroxidasas, catalasas y otras enzimas. Por tanto, el *Fe* es constituyente de los transportadores de oxígeno y de los catalizadores o enzimas oxidantes (Bondi, 1989).

El *Fe* también es necesario para una adecuada función inmunológica, ya que se ha visto, que animales deficientes en *Fe*, presentan menor protección a enfermedades infecciosas, y a la vez que animales alimentados con excesos de *Fe* dietario, también se asocian a un incremento de enfermedades infecciosas (Sherman, 1992). La deficiencia de *Fe* tiene un marcado efecto sobre la inmunidad mediada por células, viéndose una reducción del número de linfocitos T circulantes y una depresión de la actividad de las células denominadas “Natural Killer” (Sherman, 1992).

Del total del *Fe* presente en el organismo; 65% se encuentra en el torrente sanguíneo; 10% en el hígado; 10% en el bazo; 8% en los músculos; 5% en el esqueleto y el 2% restante en otros órganos (Georgievskii y col., 1982).

Las reservas de *Fe* en el organismo, se encuentran mayoritariamente en los compuestos proteicos ferritina y hemosiderina, que se localizan predominantemente en hígado, bazo y riñón, como también en médula ósea y mucosa intestinal (Georgievskii y

col., 1982; Rosenberger, 1983). La ferritina es un compuesto no hem (apoferritina) que contiene hasta un 20% de *Fe* y que se compone de la proteína apoferritina y el complejo de hidróxido de fierro con ácido fosfórico (Bondi, 1989; Georgievskii y col., 1982). La hemosiderina se compone principalmente de hidróxido férrico en un agregado libre de proteína, que puede contener hasta el 35% de *Fe* (Bondi, 1989). El *Fe* se encuentra en el suero sanguíneo unido a una proteína incolora denominada transferrina, glucoproteína que parece ser el transportador del *Fe*; del mismo modo que la hemoglobina actúa como transportador de oxígeno (Bondi, 1989; Georgievskii y col., 1982).

La absorción de *Fe* ocurre principalmente en duodeno y yeyuno a través de transporte activo (McDowell, 1992). Esta absorción está relacionada con las necesidades orgánicas y es mayor en animales jóvenes que en adultos (Underwood, 1981).

La magnitud de la absorción de *Fe* se ve afectada por los quelatos, algunos de los cuales, como ácido ascórbico o cisteína, favorecen su absorción, en tanto que otros la inhiben. La absorción del *Fe* se reduce por la absorción de otros iones bivalentes (*Zn*, *Mg*, *Co*), que se consideran competidores por los puntos de enlace en la mucosa intestinal. Los fitatos y fosfatos interfieren la absorción del *Fe* al formar sales de *Fe* insolubles. El *Cu* antagoniza en forma muy importante la utilización del *Fe*, ya que el *Cu* se encuentra en la enzima ferroxidasa, que facilita la liberación del *Fe* de la ferritina en las células de la mucosa intestinal (Bondi, 1989). Las sales ferrosas se absorben con mayor eficacia que las sales férricas (Thomas, 1970). El tipo de carbohidratos contenidos en la dieta, también pueden influir sobre la absorción del *Fe*.

El *Fe* liberado de la hemoglobina puede utilizarse hasta 9-10 veces para la resíntesis de hemoglobina (Bondi, 1989). Tanto los glóbulos rojos, como la hemoglobina, son

destruidos y reemplazados constantemente, por lo que el *Fe* está sometido a un metabolismo muy activo, caracterizado por un eficiente sistema de reutilización (McDowell, 1992). Sólo pequeñas cantidades de *Fe* que escapan a este ciclo, se excretan por las heces, vía bilis, y la orina (Georgievskii y col., 1982). Por esta razón, y debido al eficiente reciclado del *Fe*, las necesidades de este mineral por los animales domésticos, son relativamente bajas (25-100 mg por kg de materia seca de la dieta), en comparación con su contenido en el organismo (200-300 mg por kg de materia seca). Los requerimientos varían según la edad del animal. Es así que para rumiantes adultos, los requerimientos dietarios se estiman entre 30 y 60 ppm, a diferencia de los terneros, que requieren alrededor de 100 ppm (McDowell y col., 1993; NRC, 1988).

La homeostasis del *Fe* en el organismo es controlada principalmente a través de la regulación de sus mecanismos de absorción, mediante el llamado “bloqueo de la mucosa intestinal”, de manera que del *Fe* ofrecido, sólo se absorbe la cantidad necesaria, eliminándose el resto a través del material fecal (Rosenberger, 1983). Por esto, la mayoría del *Fe* presente en las fecas es *Fe* proveniente del alimento que no fue absorbido, siendo menos de 3% del *Fe* fecal de origen endógeno (McDowell, 1992).

La principal vía de excreción del *Fe* es a través de fecas y orina, además de pequeñas pérdidas a través del sudor, pelo y uñas (McDowell, 1992).

Los concentrados y los forrajes suelen contener *Fe* en cantidades suficientes para cubrir las necesidades dietarias de los animales de interés productivo (Ammerman y Goodrich, 1983; Miller, 1981). Las especies leguminosas son más ricas en *Fe* (200-400 ppm, base seca) que las gramíneas (alrededor de 40 ppm) (Georgievskii y col., 1982). Los granos de cereales contienen entre 30 y 60 ppm y las harinas de semillas oleaginosas, de

100 a 200 ppm (Bondi, 1989). Los alimentos de origen animal, excepto la leche, son buenas fuentes de *Fe* (Ammerman y Goodrich, 1983).

El contenido de *Fe* presente en una misma especie forrajera, es altamente variable, debido a diferencias en condiciones climáticas y tipos de suelos en que se desarrolla la planta (McDowell, 1992), además, el tenor de *Fe* va disminuyendo a medida que avanza el estado fenológico del vegetal (Maynard y col., 1981). Se menciona que suelos ácidos favorecen la disponibilidad y extracción de *Fe* por la planta (McDowell y col., 1993).

El *Fe* presente en los compuestos hem de los alimentos de origen animal, como la harina de pescado, se absorbe mejor que el *Fe* de los alimentos de origen vegetal, que contienen principalmente sales inorgánicas de *Fe* (Bondi, 1989).

Una proporción significativa de la ingesta diaria de este mineral puede provenir de la contaminación del forraje o del ensilaje con tierra.

Frente a bajos consumos de *Fe*, se produce el agotamiento de sus depósitos, apareciendo los síntomas de deficiencia, tales como: pobre crecimiento, letargia, palidez de mucosas, elevada frecuencia respiratoria, baja resistencia a infecciones. Estos signos van acompañados de una progresiva anemia microcítica hipocrómica (McDowell, 1992). Deficiencias de *Fe* en animales a pastoreo no suelen suceder, excepto en instancias de una infestación parasitaria o enfermedades que causen una alteración del metabolismo del Hierro (Price, 1989). Por el contrario, en animales jóvenes son frecuentes las deficiencias de *Fe*, debido a que la leche tiene bajas concentraciones de *Fe* (cerca de 10 ppm) (NRC, 1988).

La suplementación de *Fe* para animales es justificada cuando los forrajes contienen menos de 100 ppm de *Fe*, y/o existe pérdida masiva causada por parásitos o insectos hematófagos (McDowell y col., 1993).

Por otra parte, excesos de *Fe* en la dieta, producen una disminución en la absorción de *P*, *Cu* y en las reservas hepáticas de vitamina A, con una disminución en el consumo de alimento y menor ganancia de peso (Georgievskii y col., 1982; McDowell y col., 1993).

Doyle y Spaulding (1978), señalan que excesos de *Fe* en el cuerpo animal son almacenados en diferentes tejidos, encontrándose las mayores concentraciones en hígado, bazo y médula ósea. Por tanto, las determinaciones de *Fe* hepático, sirven como criterio de evaluación de su adecuación nutricional en el animal (Georgievskii y col., 1982).

El *Fe* realiza funciones muy importantes en el organismo, pero en general, no parece ser necesario añadir *Fe* en la dieta para los animales domésticos, especialmente a los adultos, ya que las raciones prácticas contienen cantidades suficientes de este mineral (Bondi, 1989; Hidioglou, 1979).

COBRE

El *Cu* desempeña importantes funciones en el metabolismo animal, debiendo mantener un rango de concentración en el organismo bastante estrecho para el óptimo estado de salud y productividad del animal (Wittwer y col., 1988).

El *Cu* es esencial para el crecimiento y su deficiencia ocasiona diferentes tipos de trastornos clínicos y patológicos, en todo tipo de animales. La deficiencia de *Cu* en el ganado vacuno y ovino, se considera como uno de los problemas de mayor importancia práctica en muchas partes del mundo, siendo en el bovino, la segunda deficiencia mineral más comúnmente difundida en el mundo, después de la de fósforo (Wiske y col., 1992).

El *Cu* participa en numerosos procesos metabólicos, tales como: respiración celular, formación de huesos, función cardíaca, desarrollo del tejido conectivo, mielinización de la médula espinal, queratinización y pigmentación de los tejidos. El *Cu* es un componente esencial de varias metaloenzimas, entre las cuales están: citocromo oxidasa, lisil oxidasa, superóxido dismutasa, dopamino B-hidroxilasa y tirosinasa. También participa en el sistema inmunológico, donde la deficiencia de *Cu* afecta a los linfocitos T y B, neutrófilos y macrófagos, por lo que su deficiencia reduce la cantidad de células que producen anticuerpos; además, asiste en la maduración del eritrocito en los estados tempranos de su desarrollo (Underwood, 1981; McDowell y col., 1993).

La distribución del *Cu* en el organismo varía según el grado de adecuación nutricional del animal. Las mayores concentraciones de *Cu* en el organismo se encuentran en el hígado, cerebro, riñones, corazón y pelo. Los tejidos animales se pueden dividir en tres grupos,

según su concentración de *Cu*: a) aquellos con altas concentraciones, tales como hígado, cerebro, huesos, piel y pelo; b) concentraciones medias, como músculos, riñones, páncreas y corazón; y c) con bajas concentraciones, como glándulas de secreción interna y órganos sexuales (Georgievskii y col., 1982).

La concentración de *Cu* en músculos esqueléticos, corazón, glándulas endocrinas y riñones es relativamente independiente de los niveles de *Cu* en la dieta. En cambio, en otros órganos, especialmente hígado, bazo, cerebro y huesos, el contenido de *Cu* depende fuertemente de sus concentraciones en la dieta (Georgievskii y col., 1982).

El hígado es el órgano principal de reserva del *Cu* y su concentración sirve como valioso índice del grado de su adecuación en el organismo animal, siendo más fiable indicador que el contenido de *Cu* sanguíneo (Wikse y col., 1992). Los niveles plasmáticos de *Cu* pueden sufrir variaciones frente a estrés crónico o cuadros infecciosos, los que producen un incremento en sus niveles (Underwood, 1981). Orr y col., (1990) describen que el aumento de *Cu* plasmático producto del estrés, podría deberse al aumento de ceruloplasmina plasmática, considerando que aproximadamente el 90% del *Cu* plasmático se encuentra unido a ella.

Bajas en el *Cu* plasmático son usualmente acompañadas por una baja exponencial de las reservas de *Cu* hepático (Mills, 1987). La remoción de *Cu* hepático para mantener los niveles séricos, es menor en bovinos jóvenes en crecimiento, que en los adultos, teniendo ambos reservas adecuadas de *Cu* hepático.

El contenido de *Cu* en los tejidos disminuye con la edad, excepto en la piel y pelo. El *Cu* en pelo, como indicador de adecuación nutricional, es bastante subjetivo, debido a la

alta variación individual y a la influencia de la contaminación medio ambiental (Smart y col., 1981; Wikse y col., 1992).

La concentración normal de *Cu* plasmático en bovinos oscila entre 0,6 y 1,5 ug/ml. El 90% del *Cu* plasmático se encuentra unido a una proteína alfa 2 globulina, la ceruloplasmina y el 10% restante se encuentra unido a albúmina, la cual actúa como verdadero transportador de *Cu*, y una pequeña porción está ligada a aminoácidos (Smart y col., 1981; Georgievskii y col., 1982).

El *Cu* endógeno es excretado principalmente por vía del tracto digestivo, siendo la bilis la ruta de excreción más importante, constituyéndose en una de las principales vías para mantener la homeostasis de este elemento en el cuerpo.

En cuanto al estado nutricional del *Cu* en los animales, este presenta variaciones en las diferentes estaciones del año, las que serían causadas por los cambios en la composición botánica de las praderas, como también por el estado de madurez de las plantas (Wittwer y col., 1988). Es sabido, que a medida que aumenta la madurez del forraje, el contenido de *Cu* disminuye, pero se hace más disponible para el animal, con relación al presente en el forraje fresco y verde.

Las gramíneas tienen una concentración mayor de *Mo* y más baja de *Cu* que las leguminosas, creciendo en iguales condiciones. Además, las partes vegetativas de las plantas contienen más *Cu* que las partes reproductivas.

Los niveles considerados críticos de *Cu* en la solución del suelo, son 6 mg/1000 g de suelo, y se refieren a suelos con un pH cercano al neutro. Los suelos del sur de nuestro país tienen una disponibilidad mayor, por ser más ácidos, ya que a medida que disminuye el pH en el suelo, las plantas disminuyen la absorción de *Mo* y aumentan los niveles de *Cu*, a

pesar que la presencia de materia orgánica, por lo general, disminuye la disponibilidad de *Cu* del suelo, debido a su efecto quelante (Froilich, 1984).

Considerando todos estos factores, Georgievskii y col. (1982) señalan que los pastos deben tener como mínimo 10 ppm de *Cu* para cubrir los requerimientos mínimos del animal. A diferencia, Larson y col. (1981), señalan que forrajes que contienen 8 o más ppm de *Cu*, se consideran adecuados siempre que la concentración de *Cu* sea al menos 4,5 veces mayor que la del *Mo* en la dieta; otros autores consideran que contenidos de 3 a 6 ppm, son marginales y menos de 3 ppm base materia seca, deficientes.

La absorción de *Cu* tiene lugar en el duodeno y yeyuno (NAS, 1980) y es afectada por múltiples factores, donde destaca la edad de los animales, siendo mayor en animales jóvenes. También es importante el estado nutricional de este mineral, ya que animales deficitarios en *Cu* absorben mayor cantidad de *Cu* que los niveles adecuados.

La absorción de *Cu* se reduce marcadamente por contaminación de la pradera con CaCO_3 . Niveles altos de *Mo* y *S* en el alimento consumido, constituyen los factores fundamentales que interfieren en la absorción del *Cu* (Underwood, 1981). Por esto, es importante la relación de los minerales *Cu* y *Mo* en el forraje. La relación *Cu:Mo* adecuada para satisfacer los requerimientos de *Cu* del bovino es de 4,5:1 (Larson y col., 1981). El *S* intensifica la interacción entre *Mo* y *Cu*, ya que forma un complejo llamado “tiomolibdato” en el rumen y estos forman enlaces insolubles con el *Cu* (Cu-tiomolibdato), que no son absorbidos. La formación de estos complejos en rumen causa diarrea, signo clínico que sólo se presenta en rumiantes (Larson y col., 1981).

Por otra parte, la toxicidad del *Cu* se incrementa cuando las concentraciones dietarias del *Mo* y SO_4 son muy bajas. El *Fe* también interfiere en la utilización del *Cu* por

el animal. El mecanismo exacto no está bien descrito, pero puede involucrar la formación de complejos de sulfuro ferroso en el rumen, los que se tornan solubles en el abomaso, donde el sulfuro puede disociarse y formar complejos insolubles con el *Cu* (Gegelbach y col., 1994).

También dietas con altas concentraciones de proteína (20-30%), pueden reducir la disponibilidad del *Cu*, debido a la alta cantidad de aminoácidos azufrados (Larson y col., 1981).

Debe también considerarse la interacción entre *Cu* y *Zn*, ya que se ha visto en la suplementación con excesos de *Zn*, induce una hipocupremia (Bremner y Beattie, 1995). Por otra parte, producto del antagonismo entre *Zn* y *Cu*, la suplementación de la dieta con *Zn* ofrece una herramienta importante en el tratamiento de trastornos en el metabolismo del *Cu* (Jenkins, 1989; Bremner y Beattie, 1995), en los casos que este se acumule a niveles tóxicos, pudiendo reducir su hepatotoxicidad (Bremner y Beattie, 1995).

Las deficiencias de *Cu* en bovino pueden ser de tipo primario o secundario. El primer caso, es causado por una disminución del contenido de *Cu* en la dieta. En las deficiencias secundarias, hay una falla en la absorción o utilización del *Cu*, causada por desbalances o excesos de otros elementos minerales en la ración.

Las deficiencias de *Cu* en bovinos, pueden manifestarse a través de diferentes signos y síntomas, tales como: anemia, desórdenes óseos, ataxia por lesión en sistema nervioso central, crecimiento anormal, despigmentación del pelo, alteración en la performance reproductiva, daño en la respuesta inmune, falla cardíaca, disturbios gastrointestinales y otros (Hidiroglou, 1981; Steacy y col., 1983; Larson y col., 1981).

La deficiencia de *Cu* inhibe el crecimiento óseo y promueve cambios patológicos característicos de la osteoporosis. También los huesos y cartílagos de animales deficientes en *Cu*, muestran defectos y fragilidad, y contienen una mayor cantidad de colágeno soluble, lo que indica una reducción de la cantidad de colágeno cruzado, un proceso que es necesario para la mantención de la resistencia a la tensión (Beattie y Avenell, 1992).

Estudios histológicos y bioquímicos de huesos de animales deficientes en *Cu*, sugieren que la función osteoblástica está inhibida, mientras que la osteoclástica no se afecta, o lo hace en menor grado (Beattie y Avenell, 1992).

La formación de las vainas de mielina, que rodean los nervios, se encuentra limitada en la deficiencia de *Cu*, ya que enzimas como la citocromo oxidasa y la amino oxidasa, que contienen *Cu*, intervienen en la síntesis de los compuestos lipídicos de la mielina, especialmente el colesterol; de ahí que uno de los signos de una deficiencia de *Cu* sean daños degenerativos por desmielinización de la médula espinal (Georgievskii y col., 1982).

La despigmentación del pelo y marcados cambios en el crecimiento y aspecto físico del ganado vacuno, son signos frecuentes de la deficiencia de *Cu*, debido a que causan defectos en la maduración de la queratina. El mecanismo está relacionado con la conversión de la tirosina en el pigmento melanina, que está catabolizada por la tirosinasa, que contiene *Cu* (Georgievskii y col., 1982).

La infertilidad que a veces se observa en animales con deficiencias de *Cu*, puede ser atribuida a una molibdenosis y no sólo a la deficiencia de *Cu* (Wikse y col., 1992).

La diarrea grave que se produce en los rumiantes deficientes en *Cu*, se ha asociado a la atrofia de la mucosa del intestino delgado, que puede determinar un síndrome de mala absorción (Bondi, 1989; Georgievskii y col., 1982). Esta diarrea, según Wikse y col.

(1992), es mucho más severa cuando es producto de una hipocuprosis secundaria a una molibdenosis.

Niveles de *Cu* plasmático bajo 0,5 mg/l se asocian con niveles hepáticos menores a 40 ppm en base seca, e indican deficiencia en ganado ovino y bovino (Wikse y col., 1992).

El diagnóstico de hipocuprosis en bovinos, debe basarse en una combinación de historia, examen clínico de los animales, examen del medio ambiente y respuesta al tratamiento (Wikse y col., 1992). Las deficiencias de *Cu* en rumiantes, aparecen principalmente bajo condiciones de pastoreo y los signos severos de su deficiencia son raros cuando se suministran alimentos concentrados. La mayoría de la información científica señala que las deficiencias de *Cu* están condicionadas a otros factores (McDowell y col., 1993), como son altos niveles dietarios de otros elementos, tales como *Mo*, *S*, *Fe* y presencia de otros factores que disminuyen la absorción y/o utilización del *Cu* por el animal (Gengelbach y col., 1994).

Las intoxicaciones de *Cu* pueden ser agudas o crónicas, siendo los ovinos las especies más susceptibles, seguidas por cerdos y bovinos. Los casos agudos, son usualmente observados posterior a una administración accidental de excesos de *Cu* presentes en antihelmínticos, mezclas minerales o raciones mal formuladas. Muchos factores influyen en la intoxicación crónica, incrementando la absorción o retención de *Cu* en el organismo, como bajos niveles de *Mo* o *S* en la dieta. También la ingesta prolongada de plantas, como el *Trifolium subterraneum*, que conllevan a un desbalance mineral y resultan en una excesiva retención de *Cu*, o de plantas como el *Heliotropum europaeum* o Senecio, que contienen alcaloides hepatotóxicos, que resultan en una excesiva retención de *Cu* en el

hígado. Animales que sobrevivan al episodio agudo de una intoxicación por *Cu*, pueden morir por una subsecuente falla renal (Merck, 1986).

Los signos clínicos en una intoxicación aguda, corresponden a los de una severa gastroenteritis, tales como: náuseas, vómitos, salivación excesiva y fuertes dolores abdominales. Tres días después, si el animal sobrevive al problema gastrointestinal, se desarrolla una hemólisis y hemoglobinuria (Merck, 1986). La intoxicación crónica de *Cu*, produce una necrosis de células hepáticas y signos asociados a una crisis hemolítica (Georgievskii y col., 1982; Groot y Gruys, 1993).

En toxicosis por *Cu*, la concentración hepática de *Cu* puede ser tan elevada como 2000-3000 ppm, particularmente en especies como los ovinos y bovinos (NAS, 1980).

Los bovinos son más tolerantes que los ovinos a los altos niveles dietarios de *Cu*, probablemente debido a su mayor capacidad de eliminar *Cu* por vía biliar (NRC, 1988). Se sugiere como máxima tolerancia de *Cu* en la dieta de bovinos, bajo niveles normales de molibdeno, sulfato, zinc y fierro, alrededor de 100 ppm (NAS, 1980).

Se ha descrito que existen diferencias entre razas de bovinos en la utilización dietaria de *Cu*. Es así como hay estudios que indican que las razas Simmental y Charolais tienen mayores requerimientos que la Angus, y que esta diferencia se podría deber a diferencias en la absorción del *Cu* en el tracto gastrointestinal (Ward y cl., 1995).

6. MATERIAL Y METODOS

Muestras:

Se recolectaron muestras de sangre e hígado de bovinos faenados en la Planta Faenadora de Carnes Lo Valledor (AASA) de la Región Metropolitana, durante la estación de Otoño de 1995.

La muestra estuvo compuesta por novillos y vaquillas de distintas razas, provenientes directamente de predios localizados en las diferentes regiones del país, lo que se corroboró a través de la guía de despacho, dejando constancia del nombre del dueño y del predio, ubicación (Región, Provincia y Comuna), RUT, n° y fecha de la guía de despacho.

Al llegar los animales al matadero, son distribuidos en lotes según su procedencia . El tamaño de estos lotes es variable, fluctuando entre 6 y 50 animales. Para la realización de este estudio las muestras se obtuvieron muestras de la totalidad del lote, cuando su número de animales era igual o inferior a 10 y de los 10 primeros animales que por azar entraron a la manga de faenamiento, cuando el número de animales fue mayor a 10.

Las muestras de tejidos del animal fueron:

a) Sangre: Se obtuvo una muestra de sangre al momento de la yugulación, recogiéndola en un tubo de ensayo desmineralizado de 20 ml con 0,06 ml de heparina, el que fue sellado e identificado con el lote y n° de animal.

b) Hígado: Durante la evisceración, se recolectó un trozo de aprox. 100 g del lóbulo derecho hepático, el que se depositó en bolsas plásticas individuales, señalando lote y n° del animal.

De esta forma, las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Nutrición Animal del Depto. de Fomento de la Producción Animal de la Fac. de Cs. Vet. y Pec. de la Universidad de Chile, donde las muestras de hígado fueron congeladas hasta su procesamiento y las de sangre procesadas para la obtención del plasma.

Métodos :

a) Sangre: Las muestras de sangre fueron procesadas inmediatamente después de su recepción en el laboratorio según método descrito por Fick y col. (1976), de donde se obtuvo el plasma para determinar los minerales Cu, Zn, Ca y Mg a través de Espectrofotometría de Absorción Atómica, y P por Fotocolorimetría, según el método de Fiske y Subbarow , 1925, que se expone en el Diagrama nº 1.

b) Hígado: Las muestras hepáticas se descongelaron a temperatura ambiente, para luego ser sometidas a dos procesos:

- Determinación de materia seca: esta medición se llevó a cabo con el fin de expresar las concentraciones de los distintos minerales en base seca.
- Digestión húmeda, según lo propuesto por A.O.A.C. (1984), lo que permitió proceder a las lecturas de los minerales Cu, Zn y Fe por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica, expuesto en el Diagrama nº 2.

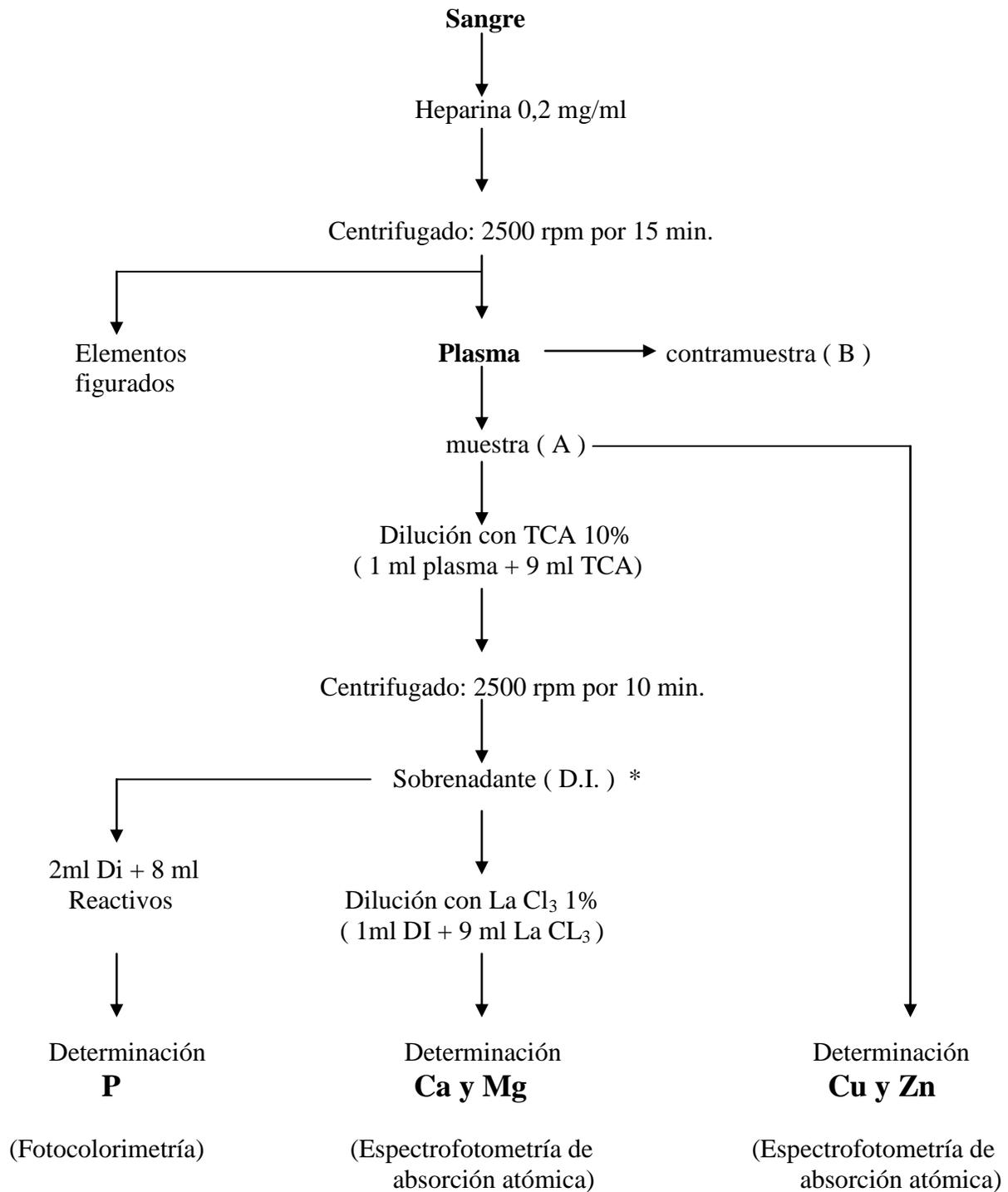
Análisis estadístico :

Una vez obtenidos los rangos de concentraciones plasmáticas y hepáticas, por cada origen se realizó la descripción estadística basada en el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación y se comparó con los rangos de concentraciones plasmáticas y hepáticas de las consideradas normales por la literatura internacional. Para determinar las diferencias estadísticas entre las diferentes comunas, se realizará un ANDEVA y posteriormente se aplicará la prueba de diferencias entre medias de Student-Newman-Keuls (SNK) (Sokal y Rohlf, 1969), empleando el paquete estadístico SAS.

Con el objetivo de analizar los distintos elementos en forma simultánea y formar grupos con perfiles nutricionales minerales similares, para luego determinar si proceden de zonas geográficas cercanas, se utilizó el Análisis Multivariado de Conglomerados Excluyentes, utilizando el paquete computacional SYSTAT (1992).

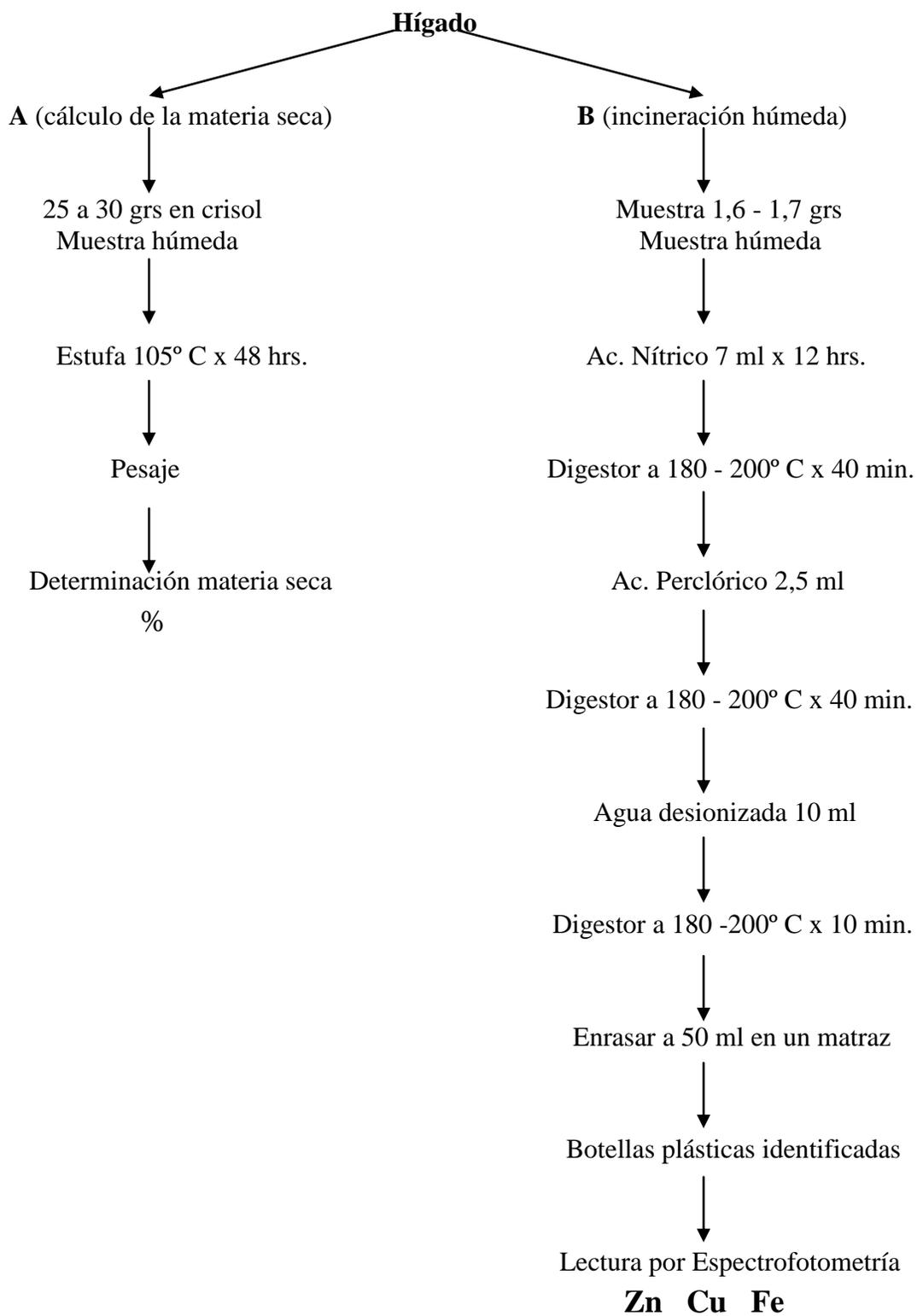
DIAGRAMA N° 1

FLUJO DEL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA DE SANGRE



* D.I. : Dilución intermedia

FLUJO DEL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA DE HÍGADO



7. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente estudio se compararon con concentraciones nacionales y extranjeras consideradas normales, entregadas por diferentes autores. En el Cuadro n° 1 se entrega la lista de los autores considerados para cada elemento mineral y los rangos de normalidad de concentración del mineral informados por cada uno de ellos. En el caso de las concentraciones minerales a nivel hepático fueron considerados valores críticos mínimos, ya que los valores considerados como tóxicos no presentan uniformidad.

Cuadro nº 1 Rangos normales propuestos para minerales plasmáticos y valores críticos mínimos para minerales hepáticos en bovinos

MINERAL	AUTOR*	RANGO**
Ca plasmático	Kaneko; 1980	9 - 12,4
	Barton y col.; 1981	9 - 11
	Underwood; 1981	9 - 11
	NRC; 1988	9 - 11
	Contreras y col.; 1990	9,24
P plasmático	Fick y col.; 1976	4 - 7
	Kaneko; 1980	ad. 4 - 7 jov. 5 - 9
	Engels; 1981	4 - 9
	Underwood; 1981	4 - 6
	McDowell; 1992	6 - 8
Mg plasmático	Underwood; 1981	1,8 - 3,2
	Georgievskii y col.; 1982	1,8 - 3,2
	Vicent, 1985;	3,23
	Merck; 1986	1,7 - 3,0
	Combs; 1987	1,8 - 3,2
Cu plasmático	Fick y col.; 1976	60 - 140
	Underwood; 1981	60 - 150
	McDowell; 1993	60 - 150
Zn plasmático	Fick y col.; 1976	50 - 120
	Georgievskii y col.; 1979	100 - 200
	Underwood; 1981	80 - 120
Fe hepático	Fick y col.; 1976	100 - 376
	McDowell y Conrad; 1976	<180
Cu hepático	Fick y col.; 1976	100 - 300
	McDowell y Conrad; 1976	<75
	Meléndez; 1989	105,6
Zn hepático	McDowell y Conrad; 1976	<84
	De Oliveira; 1977	84 - 132
	Meléndez; 1989	119

* Autores y sus correspondientes rangos descritos como normales

** Rangos propuestos arbitrariamente para este estudio

6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS

Los valores de concentraciones plasmáticas y hepáticas de macro y microminerales del total de la población muestreada se entregan en el Cuadro n° 2.

Es importante mencionar que hubo 99 muestras hepáticas, correspondientes a 10 lotes (Peñaflor, Los Angeles, Sta. Bárbara, Mulchén, Lautaro, Collipulli, Victoria, Angol, Temuco y Toltén), que se perdieron durante parte del proceso y no se pudo efectuar determinaciones hepáticas de esas comunas, quedando un universo de 153 muestras hepáticas.

Cuadro n° 2 Concentraciones plasmáticas y hepáticas promedios de los minerales evaluados para los 252 bovinos analizados durante la estación de otoño de 1995

	Concentraciones plasmáticas					Concentraciones hepáticas		
	Ca	P	Mg	Cu	Zn	Cu	Fe	Zn
	mg/dl	mg/dl	mg/dl	ug/dl	ug/dl	ug/g M.S.	ug/g M.S.	ug/g M.S.
PROMEDIO	9,92	7,98	2,41	57,00	62,39	157,29	221,40	141,97
D.S.	0,53	0,34	0,12	2,79	6,38	38,94	55,51	15,90
C.V. %	5,36	4,23	5,04	4,89	10,23	24,76	25,07	11,20

D.S. : Desviación estándar; **C.V.** : Coeficiente de variación

Los valores plasmáticos y hepáticos de macro y microminerales para cada una de las comunas estudiadas se entregan en los cuadros 4 y 5, respectivamente.

Cuadro nº3 Número de muestras obtenidas, según comuna, provincia y región

COMUNA	PROVINCIA	REGION	nº muestras
Peñaflor	Talagante	Metropolitana	10
Litueche	Card.Caro	VI	6
San Fernando	Colchagua	VI	10
Los Angeles	Bio Bio	VIII	9
Mulchén	Bio Bio	VIII	10
Santa Bárbara	Bio Bio	VIII	10
Angol	Malleco	IX	10
Collipulli	Malleco	IX	10
Victoria	Malleco	IX	10
Lautaro	Cautín	IX	10
Temuco	Cautín	IX	10
Toltén	Cautín	IX	10
Futrono	Valdivia	X	10
La Unión	Valdivia	X	9
Río Bueno	Valdivia	X	10
Entre Lagos	Osorno	X	9
Osorno	Osorno	X	10
Puerto Octay	Osorno	X	9
Purranque	Osorno	X	10
Río Negro	Osorno	X	10
San Juan de la Costa	Osorno	X	10
San Pablo	Osorno	X	10
Llanquihue	Llanquihue	X	10
Mauñín	Llanquihue	X	10
Puerto Varas	Llanquihue	X	10
Coyahique	Coyahique	XI	10
Total			252

Cuadro nº 4 Concentraciones plasmáticas de Calcio, Fósforo, Magnesio, Cobre y Zinc, según procedencia (promedio ± desviación estándar).

COMUNA	Ca mg/dl		P mg/dl		Mg mg/dl		Cu ug/dl		Zn ug/dl	
	X	D.S.	X	D.S.	X	D.S.	X	D.S.	X	D.S.
Litueche	11,4 ^c	0,8	6,7 ^{efgh}	1,5	3,2 ^{abc}	0,8	69,4 ^a	12,3	56,2 ^{bc}	17,2
Peñaflor	7,3 ^{defg}	1,0	11,0 ^a	1,7	2,1 ^{fghi}	0,4	43,5 ^c	4,2	52,1 ^{bc}	8,3
San Fernando	12,9 ^{abc}	1,2	5,3 ^{gh}	1,9	3,5 ^a	0,3	58,0 ^{ab}	6,1	103,6 ^a	21,2
Los Angeles	7,1 ^{efg}	1,7	8,6 ^{bcde}	1,9	2,4 ^{efgh}	0,4	54,5 ^b	9,4	55,6 ^{bc}	37,0
Santa Bárbara	5,6 ^g	1,3	9,9 ^{abc}	1,5	2,0 ^{ghi}	0,4	58,1 ^{ab}	11,2	63,1 ^{bc}	26,5
Mulchén	8,4 ^{de}	2,4	9,9 ^{abc}	1,5	2,2 ^{efghi}	0,3	43,1 ^c	8,9	45,2 ^c	9,9
Lautaro	7,9 ^{def}	1,4	9,0 ^{abcd}	1,2	2,3 ^{efghi}	0,4	56,7 ^{ab}	11,7	53,4 ^{bc}	15,6
Collipulli	6,6 ^{efg}	1,4	10,9 ^a	1,1	2,1 ^{ghi}	0,4	59,7 ^{ab}	10,2	56,8 ^{bc}	12,6
Victoria	7,8 ^{def}	1,6	8,8 ^{abcde}	1,5	2,3 ^{efghi}	0,5	51,1 ^{bc}	8,1	47,9 ^{bc}	11,9
Angol	7,3 ^{defg}	2,2	9,9 ^{abc}	2,0	2,2 ^{efghi}	0,4	58,5 ^{ab}	12,4	61,5 ^{bc}	18,5
Temuco	6,2 ^{fg}	2,0	8,6 ^{bcde}	1,2	2,0 ^{ghi}	0,3	51,3 ^{bc}	8,1	61,2 ^{bc}	12,9
Toltén	5,4 ^g	1,9	10,0 ^{abc}	1,3	2,0 ^{ghi}	0,2	54,8 ^b	12,4	49,1 ^{bc}	18,6
Maulín	11,2 ^c	1,2	9,2 ^{abcd}	1,5	2,7 ^{cde}	0,3	57,6 ^{ab}	7,0	63,8 ^{bc}	23,1
Llanquihue	14,4 ^a	1,2	5,2 ^h	1,2	2,7 ^{cde}	0,3	58,7 ^{ab}	11,1	59,9 ^{bc}	6,7
Puerto Varas	11,6 ^c	1,0	4,8 ^h	1,2	2,2 ^{efghi}	0,4	53,1 ^{bc}	6,7	55,5 ^{bc}	11,5
San Pablo	11,6 ^c	0,6	9,0 ^{abcd}	0,8	1,8 ⁱ	0,4	57,8 ^{ab}	6,7	74,6 ^b	12,8
S. Juan Costa	12,0 ^{bc}	1,6	6,5 ^{fgh}	1,3	2,6 ^{efg}	0,4	59,9 ^{ab}	7,8	55,8 ^{bc}	14,6
Entre Lagos	9,2 ^d	0,8	7,3 ^{defg}	1,3	2,4 ^{efghi}	0,2	57,8 ^{ab}	3,1	61,7 ^{bc}	14,2
Osorno	9,2 ^d	0,4	8,2 ^{cdef}	1,4	2,3 ^{efghi}	0,3	56,9 ^{ab}	4,9	63,9 ^{bc}	22,9
Río Negro	12,1 ^{bc}	1,9	8,6 ^{bcde}	1,8	3,1 ^{bcd}	0,4	58,5 ^{ab}	4,3	66,7 ^{bc}	12,3
Purranque	11,6 ^c	0,8	4,8 ^h	1,7	2,5 ^{efg}	0,2	57,8 ^{ab}	6,6	69,4 ^{bc}	12,8
Puerto Octay	12,2 ^{bc}	1,8	4,6 ^h	2,1	2,7 ^{def}	0,3	60,6 ^{ab}	5,3	68,1 ^{bc}	11,3
Río Bueno	13,9 ^{ab}	1,6	5,8 ^{gh}	1,7	3,3 ^{ab}	0,3	60,7 ^{ab}	9,3	73,5 ^{bc}	15,2
Futrono	12,1 ^{bc}	2,0	7,9 ^{cdef}	1,6	2,0 ^{ghi}	0,3	64,5 ^{ab}	5,0	67,2 ^{bc}	12,4
La Unión	11,6 ^c	0,9	6,4 ^{fgh}	1,7	2,0 ^{ghi}	0,3	56,2 ^{ab}	6,0	62,3 ^{bc}	18,5
Coyahique	11,4 ^c	0,8	10,7 ^{ab}	0,8	1,9 ^{hi}	0,6	63,2 ^{ab}	7,1	74,2 ^b	18,6

a, b, c, d, e, f, g, h, i: Letras distintas en una misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$)

Cuadro nº 5 Concentraciones hepáticas de Cobre, Fierro y Zinc, según procedencia (promedio ± desviación estándar).

COMUNA	Cu ppm		Fe ppm		Zn ppm	
	X	D.S.	X	D.S.	X	D.S.
Litueche	204,7 ^b	105,0	294,0 ^b	224,3	243,6 ^a	68,3
San Fernando	83,0 ^b	20,7	171,6 ^{bc}	87,1	132,3 ^c	22,7
Mauñín	140,6 ^b	48,7	286,9 ^b	92,4	215,2 ^a	50,6
Llanquihue	139,0 ^b	55,4	238,8 ^b	33,3	113,0 ^c	12,2
Puerto Varas	173,9 ^b	93,2	157,3 ^{bc}	36,7	120,6 ^c	17,3
San Pablo	145,2 ^b	48,8	215,1 ^{bc}	55,6	116,2 ^c	11,5
S. Juan Costa	185,5 ^b	70,8	82,4 ^c	18,8	178,2 ^b	29,2
Entre Lagos	196,0 ^b	106,1	187,5 ^{bc}	78,1	99,0 ^c	28,3
Osorno	157,0 ^b	88,2	275,5 ^b	119,3	115,4 ^c	7,7
Río Negro	133,2 ^b	77,0	235,3 ^b	111,5	126,3 ^c	44,1
Purranque	95,3 ^b	47,0	152,3 ^{bc}	39,6	118,9 ^c	25,5
Puerto Octay	111,6 ^b	53,9	191,6 ^{bc}	54,4	112,9 ^c	20,9
Río Bueno	180,3 ^b	138,3	211,4 ^{bc}	74,7	111,3 ^c	15,0
Futrono	295,6 ^a	167,5	407,4 ^a	159,5	219,6 ^a	33,4
La Unión	104,1 ^b	34,0	203,4 ^{bc}	38,9	130,5 ^c	19,1
Coyahique	171,6 ^b	92,5	231,9 ^b	146,5	118,6 ^c	26,4

a, b, c: Letras distintas en una misma columna, indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$)

CALCIO PLASMÁTICO

El valor promedio para la concentración de Ca plasmático obtenido fue de 9,92 mg/dl (Cuadro 2), valor que se encuentra dentro del rango normal descrito (Cuadro 1). Al comparar las concentraciones minerales plasmáticas obtenidas en este estudio durante los meses de otoño de 1995 con otros resultados de otras estaciones y con una metodología similar, se observa que el Ca plasmático se mantiene en perfiles similares durante gran parte del año, disminuyendo sus niveles en la primavera, pero siempre se mantiene dentro del rango de normalidad. (Ansaldo, 1997; García, 1997; Jorquera, 1997; Guerrero, 1998; Nuñez, 2001). (Anexo 1).

Del total de las comunas muestreadas (Cuadro 4) se observa que sólo el 7,7 % de estas se encuentra dentro del rango normal (Cuadro 1), en tanto que el 38,5 % está bajo lo normal y el 53,8% sobre lo normal.

Las comunas de Litueche, Maullín, Pto. Varas, San Pablo, Sn. Juan de la Costa, Río Negro, Purranque, Pto. Octay, Futrono, La Unión y Coyahique presentaron medias levemente superiores al rango normal, que difieren significativamente ($p \leq 0,05$) de las comunas de Río Bueno y Llanquihue, encontrándose en ésta última el valor más alto de Ca plasmático (14,4 mg/dl) (Cuadro 4). Es destacable que todas las comunas que muestran excesos en las concentraciones plasmáticas de Ca, excepto Litueche, pertenecen a la X región.

Por otra parte, las comunas de Peñaflor, Los Angeles, Sta. Bárbara, Mulchén, Lautaro, Collipulli, Victoria, Angol, Temuco y Toltén fueron las comunas en las cuales se determinaron concentraciones de Ca plasmático bajo lo normal, de acuerdo al cuadro 1, destacándose por diferir significativamente ($p \leq 0,05$) las comunas de Sta. Bárbara y Toltén

con 5,6 y 5,4 mg/dl, respectivamente, por lo que se puede inferir que las deficiencias de Ca plasmático se concentrarían dentro las VII, IX y región metropolitana.

Al analizar el comportamiento de las comunas muestreadas en el presente trabajo en relación a las mismas evaluadas anteriormente en diferentes épocas del año, podemos observar que los valores de Ca plasmático bajo lo normal de Mulchén, coinciden con observaciones previas para esa comuna en verano del año 1995 (Guerrero, 1998) y para los valores observados por sobre la normalidad en San Juan de la Costa, Llanquihue, Purranque San Pablo, Río Bueno y San Fernando, coinciden con lo observado en otras épocas del año (Ansaldo, 1997; García, 1997; Jorquera, 1997; Aranda, 1998; Guerrero, 1998; Nuñez, 2001).

Dado que se considera que los niveles plasmáticos de Ca son regulados estrechamente por el sistema endocrino (Care y col., 1980; Underwood, 1981; Ammerman y Goodrich, 1983) resulta difícil explicar la situación anormal obtenida en este estudio. Siendo los valores bajos más difíciles de explicar, mientras que los valores altos podrían estar dados por el estrés al que son sometidos los animales previos a su faenamiento. Dicho estrés provocaría un aumento de los niveles de glucocorticoides, los que promoverían la liberación de paratohormona, produciéndose un aumento del Ca plasmático circulante, de acuerdo a lo informado por Hahn (1978), citado por Orr y col. (1990). Esto puede ser posible debido a que fueron muestreados animales sólo provenientes del campo de origen, chequeados con la guía de despacho, por lo que se encontraron sometidos a largos viajes. A dicha situación se puede agregar el hecho que los animales se alimentaron en la época de verano-otoño en base a una pradera de baja calidad nutritiva, con un alto contenido de paredes celulares que son ricas en Ca y Mg (Mitmuni y col., 1990; Gutiérrez, 1991).

Sin lugar a dudas, los niveles de Ca plasmático pueden variar debido al manejo particular de cada animal. Así podemos encontrar en el trabajo de García (1997), que animales de la misma comuna, pero de distinto predio de origen, pueden tener variaciones alrededor de un 40% en los resultados de Ca plasmático medido.

FÓSFORO PLASMÁTICO

El promedio obtenido fue de 7,98 mg/dl, encontrándose dentro del rango descrito como normal (Cuadro 1).

Al comparar el valor promedio de P plasmático del presente trabajo, se observa una tendencia a ser la segunda concentración más alta determinada (Ansaldo, 1997; García, 1997; Jorquera, 1997; Aranda, 1998; Guerrero, 1998; Nuñez, 2001), aún cuando todos los promedios referidos por dichos autores están dentro de lo normal, de acuerdo a lo referido en el cuadro 1.

Del total de las comunas muestreadas, sólo el 42,3 % se encontró dentro del rango normal descrito en la literatura, en tanto que el 57,7 % estuvo sobre dicho rango.

Dentro de las comunas que presentaron excesos de P plasmático, Peñaflor y Collipulli difieren en forma significativa ($p \leq 0,05$) del resto, alcanzando las máximas concentraciones, de 11,0 y 10,9 mg/dl, respectivamente (Cuadro 4).

Al analizar los resultados de P plasmático por comuna destaca el hecho que no se encontró ningún valor bajo el rango de normalidad establecido, siendo las localidades de Llanquihue, Pto. Varas, Purranque y Pto. Octay las que presentaron los promedios más bajos (Cuadro 4), pero dentro de los rangos normales y sin diferencias estadísticas significativas entre ellas ($p \geq 0,05$). Esta situación resulta contradictoria con la bibliografía consultada, la cual señala a los suelos del sur de Chile como deficitarios en P (Garrido y Mann, 1981; Anrique, 1985; Tosso, 1985; Ruíz, 1988). Sin embargo, coincide con lo informado previamente por otros autores que han determinado concentraciones plasmáticas de P normales y sobre lo normal, en distintas épocas del año y en las mismas comunas

estudiadas en el presente trabajo (Ansaldo, 1997; García, 1997; Jorquera, 1997; Aranda, 1998; Guerrero, 1998; Nuñez, 2001).

Un factor a tener en cuenta en la interpretación de los resultados obtenidos para el P plasmático es la edad de los animales, de acuerdo a lo señalado por Underwood (1981); en los animales jóvenes se observan mayores niveles de P plasmáticos que en los adultos, esto podría explicar los altos niveles obtenidos en este estudio, ya que los animales muestreados no sobrepasaron los 18 meses de edad, de acuerdo a la clasificación realizada en el matadero.

Se podría sospechar también que este resultado estuviese relacionado con un deficiente manejo de las muestras, ya que por hemólisis pudiera elevarse el contenido de P, puesto que los eritrocitos contienen 6 a 8 veces más P que el plasma (McDowell y col., 1982). Sin embargo, se eliminaron todas las muestras que presentaban algún signo de hemólisis.

Dado el diseño del experimento y sistema de muestreo utilizado, no se puede descartar que los animales hayan sido suplementados con este mineral.

McDowell y col. (1982) en un estudio similar al presente, realizado en Bolivia con bovinos de carne, encontraron sólo pequeños porcentajes de animales que presentaban P sérico en niveles críticos, contrariamente con los deficientes niveles de este mineral encontrados en el suelo y el forraje; concluyendo que las concentraciones plasmáticas de P no serían un reflejo preciso del estado mineral del animal.

MAGNESIO PLASMÁTICO

El promedio de Mg plasmático obtenido fue de 2,41 mg/dl , el que se ajusta a los rangos informados como normales para ganado bovino (Cuadro 1).

Del total de comunas muestreadas, el 92,3 % estuvo dentro del rango descrito como normal, en tanto que el 7,7 % restante estuvo sobre el rango.

Los niveles de Mg plasmático obtenidos presentaron una baja variación (C.V.: 5,04%, Cuadro 2) encontrándose casi todas las comunas muestreadas dentro del rango normal (Cuadro 4), a excepción de las localidades de San Fernando y Río Bueno, las que presentaron niveles levemente superiores (3,5 y 3,3 mg/dl respectivamente) y con diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre ellas y con el resto de las comunas. Estos resultados corroboran lo señalado por McDowell y col. (1993), quienes informan que la concentración de Mg plasmático sólo disminuye en casos de deficiencias severas ya que sus mecanismos homeostáticos son muy eficientes y mantienen las concentraciones plasmáticas de Mg dentro de rangos estables.

Las concentraciones plasmáticas obtenidas en este trabajo demostraron nuevamente la gran adecuación nutricional mineral para Mg, lo que estaría reflejando un alto grado de control desde el organismo. Además, debemos considerar que los animales contemplados para este estudio son animales jóvenes y frente a una deficiencia nutricional de Mg, el organismo sería capaz de movilizarlo desde la masa ósea, haciéndolo disponible, mecanismo que no sería tan eficiente en animales mayores (Underwood, 1981; McDowell, 1992).

En otro estudio a nivel nacional, Contreras y col.,(1990) determinaron una concentración sérica de Mg para vacas lecheras en la X región del país, durante otoño, con

un resultado promedio de $2,16 \pm 0,12$ mg/dl, valor dentro de los rangos normales, pero inferior al promedio de este estudio (2,41 mg/dl). En este caso, debemos recordar que los resultados del estudio actual son de animales jóvenes y no de lechería, que están sometidos al estrés propio del gran drenaje de este elemento por la leche.

Los resultados del presente trabajo son muy similares a los obtenidos por Ansaldo (1997), García (1997), Jorquera (1997), Guerrero (1998) y Nuñez (2001) (Anexo 1), lo que refleja que los niveles plasmáticos de Mg presentarían un comportamiento similar a lo largo del año. En general las comunas, que en común fueron evaluadas por dichos autores y en el presente estudio, presentan concentraciones normales para Mg plasmático, revelando normalidad para el elemento entre las diferentes estaciones del año. Vicent (1985), obtuvo un resultado de $3,23 \pm 0,54$ mg/dl en otoño, concentración que es mas alta a la obtenida en este estudio, pero es importante destacar que él utilizó vacas adultas de carne, lo que explicaría sus resultados, ya que la etapa fisiológica reproductiva hace variar los requerimientos del animal en las distintas épocas del año.

El hecho que se encontraran niveles normales-altos de Mg en los animales estudiados, coincide con los resultados del análisis de praderas realizado por Haardt y col. (1976), quienes encontraron un excedido aporte de Mg en todas las áreas agrícolas estudiadas, de acuerdo a los requerimientos establecidos por NRC (1988) para vacas de lechería.

COBRE PLASMÁTICO Y HEPÁTICO

El promedio de Cu plasmático obtenido fue de 57,0 ug/dl, el que se encuentra bajo los rangos normales establecidos en la Cuadro 1, estando el 19,23 % de las comunas muestreadas dentro del rango normal y el 80,77 % restante bajo lo normal.

La localidad que presentó la menor concentración plasmática fue Mulchén, con 43,1 ug/dl, la que difiere significativamente ($p \leq 0,05$) de la que se obtuvo en Litueche, con 69,4 ug/dl, que corresponde al valor más alto obtenido en este estudio, pero que se encuentra en el extremo inferior del rango normal (Cuadro 4).

La concentración media de Cu plasmático obtenida en el presente trabajo es muy similar a la de 58,02 ug/dl obtenida por Nuñez (2001), en su estudio metodológicamente semejante, realizado en el verano de 1994, pero se observan diferencias con los resultado de Ansaldo (1997), García (1997), Jorquera (1997), Aranda (1998) y Guerrero (1998), los que obtuvieron concentraciones promedio dentro del rango normal.

En relación a las comunas muestreadas sólo hubo coincidencia en los niveles de normalidad del presente trabajo con los reportados por García (1997), para Litueche; Aranda (1998), Guerrero (1998) y Núñez (2001) para Río Bueno; Aranda (1998), García (1997) y Jorquera (1997) para Puerto Octay y Ansaldo (1997), García (1997) y Guerrero (1998) para Coyhaique. Las restantes comunas presentaron valores bajo lo normal y por lo tanto dichos resultados difieren de los estudios realizados por los autores anteriormente señalados.

Los microminerales plasmáticos detectados en el presente estudio fueron claramente los más bajos, al compararlos con los obtenidos en otras épocas del año. En el caso del Cu, la concentración plasmática promedio para el otoño de 1994 (Ansaldo 1997; Aranda, 1998),

difiere notablemente del resultado obtenido en este estudio, en otoño de 1995, correspondiendo este último a niveles subnormales.

Sin embargo, el promedio de Cu hepático obtenido fue de 157,29 ug/g de M.S., valor que se encuentra dentro de lo normal, coincidiendo con los resultados obtenidos en estudios anteriores en distintas estaciones del año (Ansaldó, 1997; García, 1997; Jorquera, 1997; Aranda, 1998; Guerrero, 1998; Nuñez, 2001). A su vez el 100 % de las comunas muestreadas para el mismo mineral, se encuentran dentro de este rango normal, habiéndose observado una situación similar en los trabajos realizados por los autores anteriormente referidos; destacando que la comuna que evidenció la menor concentración hepática fue San Fernando, con 83,0 ppm y la que presentó la mayor concentración fue Futrono, con 295,6 ppm ($p \leq 0,05$), ambos valores aceptados como normales (Cuadro 5).

Las deficiencias de Cu en rumiantes aparecen principalmente bajo condiciones de pastoreo y los signos severos de su deficiencia son raros cuando se suministran alimentos concentrados. La mayoría de la información científica señala que las deficiencias de Cu están condicionadas a otros factores (McDowell y col., 1993), como altos niveles dietarios de otros elementos, tales como Mo, S, Fe y presencia de otros factores que disminuyen la absorción y/o utilización del Cu por el animal (Bondi, 1989; Price, 1989; McDowell y col., 1993; Gengelbach y col., 1994). Según Hidiroglou (1981), una deficiencia severa de éste mineral ocurre con niveles plasmáticos entre 10 – 30 ug/dl.

Considerando que se observa un aumento del Cu plasmático producto del estrés (Smart y col., 1981; Underwood y col., 1981), resulta más difícil aún explicar los bajos valores de Cu plasmático obtenidos, ya que el largo transporte y el proceso de faenamiento

a que son sometidos los animales, pueden constituir un estrés para estos (Matic, 1997; Lizondo, 2000).

En general, las bajas concentraciones de Cu plasmático son usualmente acompañadas con una baja de las reservas de Cu hepático (Mills, 1987). Sin embargo, en el caso de animales jóvenes, como los del presente estudio, se debe considerar que estos poseen una menor capacidad de movilización de Cu desde el hígado, para mantener niveles séricos normales, pudiendo presentar reservas hepáticas normales (Mills, 1987), lo que permitiría interpretar lo resultados obtenidos en este estudio.

ZINC PLASMÁTICO Y HEPÁTICO

El promedio de Zn plasmático obtenido fue de 62,39 ug/dl, valor que se encuentra bajo el rango normal descrito (Cuadro 1), estando sólo el 3,85 % de las comunas muestreadas dentro de lo normal, en tanto que el 96,15 % se encuentra bajo el rango. Sólo la comuna de San Fernando, VI región, presentó valores normales; el resto de las comunas fueron deficitarias ($p \leq 0,05$) (Cuadro 4).

Al comparar el presente resultado con los de estudios similares, se observa una situación parecida a la informada por Jorquera (1997), Guerrero (1998) y Nuñez (2001), habiendo obtenido todos valores promedios que se encuentran bajo el mínimo establecido como normal (Anexo 1), mientras que los resultados informados por García (1997) y Ansaldo (1997), para otoño y primavera de 1994 respectivamente, se encuentran dentro los valores normales, aun cuando corresponden a valores mínimos del rango normal.

Similar situación a la ocurrida con el Cu plasmático, se observa con el Zn plasmático; para el otoño de 1994 (Ansaldo, 1997) se informa la concentración de Zn plasmático más alta, mientras que en el presente trabajo (otoño 1995), se describe la concentración más baja.

Como se indicó anteriormente, en el presente trabajo, se observan valores bajo lo normal para la mayoría de las comunas estudiadas, a diferencia de lo encontrado por otros autores, que encontraron valores normales en la mayoría de las comunas, salvo Río Bueno, Osorno, Río Negro, Puerto Octay y Coyahique, comunas que coinciden con el presente trabajo, en presentar valores bajo lo normal, con la excepción de lo informado puntualmente por Ansaldo (1997) para Coyahique y por Aranda (1998) para Río Bueno

(Ansaldo, 1997; García, 1997; Jorquera, 1997; Aranda, 1998; Guerrero, 1998 y Nuñez, 2001)

Paralelamente, el promedio de Zn hepático fue de 141,97 ppm, valor que se encuentra dentro del rango normal para la especie, estando el 100 % del total de comunas muestreadas dentro de lo normal. Los valores significativamente más altos correspondieron a Litueche (243,6 ppm), Maullín (215,2 ppm) y Futrono (219,6 ppm), con un valor intermedio San Juan de la Costa (178,2 ppm) y las 12 comunas restantes con los valores mas bajos (132,3-99,0 ppm) ($p < 0,05$) (Cuadro 5).

Las concentraciones hepáticas de Zn evidencian un comportamiento más estable entre estaciones del año, según la literatura consultada (Ansaldo, 1997; García, 1997; Jorquera, 1997; Aranda, 1998; Guerrero, 1998 y Nuñez, 2001), observándose una tendencia a presentarse valores más altos en las épocas de otoño (Anexo 2). Asimismo, las comunas evaluadas en este trabajo presentaron características de normalidad para Zn hepático en todas las épocas que han sido evaluadas previamente (Ansaldo, 1997; García, 1997; Jorquera, 1997; Aranda, 1998; Guerrero, 1998 y Nuñez, 2001).

Las concentraciones plasmáticas obtenidas en el presente trabajo, pueden estar dadas por factores muy determinantes como el estrés, que produce una baja rápida y pasajera de la concentración plasmática de Zn y conjuntamente produce un aumento en la concentración hepática (Bremner y Beattie, 1995).

Ammerman y Goodrich (1983); McDowell y col. (1993) indican que deficiencias marginales de Zn en los animales son reconocidas como un problema de los rumiantes en pastoreo, lo que se ajustaría a los resultados obtenidos en el presente trabajo.

A pesar de la amplia distribución del Zn en el organismo, su capacidad de almacenamiento es limitada, asimismo no hay una forma que pueda ser rápidamente movilizada y así prevenir deficiencias (Georgievskii y col., 1982). Esto se ve demostrado por la disminución de valores de Zn plasmático dentro de las 24 horas posteriores al cambio a dietas muy deficientes en Zn (NAS, 1980).

Debido a la baja de Zn plasmático por estrés, resulta necesario además recurrir a otro tipo de muestra, como son los niveles hepáticos de Zn, que se consideran buenos indicadores del estado metabólico de Zn, sobre todo cuando se presentan excesos o deficiencias de consumo mineral (Underwood, 1981).

HIERRO HEPATICO

El promedio obtenido de Fe hepático fue de 221,4 ppm (Cuadro 2), valor que se encuentra dentro de lo normal aceptado por la literatura, estando el 75,0 % del total de las procedencias dentro de lo normal y sólo el 25,0 % bajo lo normal.

La concentración promedio de Fe hepático obtenida en este estudio es muy similar a la reportada por Ansaldo (1997), quien obtuvo un promedio de 227,45 ppm también en otoño (1994), y mayor a las obtenidas por otros autores en otras estaciones del año (García, 1997; Jorquera, 1997; Guerrero, 1998 y Nuñez, 2001) (Anexo 2).

Dentro de los microminerales evaluados en hígado, Cu y Zn presentaron valores normales en todas las comunas y sólo en el caso del Fe hepático se observaron anomalías, donde 4 comunas presentaron valores inferiores al rango normal, correspondiendo a las comunas de San Fernando, Purranque, Puerto Varas y San Juan de la Costa, las que previamente han sido informadas como áreas deficientes por Núñez (2001), Guerrero (1998), García (1997) y Aranda (1998). La comuna de Futrono presentó el valor más alto (407 ppm) y San Juan de la Costa el más bajo (82,4 ppm), ambos significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) en comparación con el resto de las comunas evaluadas.

Coincidentes con los resultados del presente trabajo son los reportados por McDowell y col (1982 a), en un trabajo efectuado en Bolivia, donde la concentración de Fe para los bovinos durante la estación seca fue de 239 ± 171 ppm, con 42,6 % de los animales considerados como deficientes, situación que se agravó durante la estación húmeda, cuyo promedio fue de 197 ± 154 ppm, con el 45,8 % de las muestras deficitarias, considerando 180 ppm como el nivel mínimo normal (McDowell y Conrad, 1977). Contradictoriamente,

en el análisis de forraje, todas las muestras presentaron niveles mayores a la concentración mínima normal de 30 ppm (McDowell y Conrad, 1977). Estas experiencias demuestran que además de la concentración férrica en el forraje, debemos considerar otros factores que pueden influir en el estado nutricional del Fe en los animales, como es su estado de salud, ya que cuadros de parasitismo masivo pueden aumentar sustancialmente los requerimientos de Fe (McDowell y col.,1978). Por otro lado, deficiencias de Fe también puede originarse como una deficiencia secundaria, causada por el exceso en el aporte dietario de minerales antagonistas del Fe, como es el caso del P. La adición de P a dietas altas en Fe, reduce su concentración hepática a niveles cercanos a la mitad de los animales no suplementados (Rosa y col.,1982) y muchas de las comunas analizadas en el presente trabajo evidenciaron niveles elevados de P plasmático (Cuadro 4).

7.2. ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS

Mediante el análisis de los resultados utilizando el análisis de conglomerados excluyentes, se obtuvo la formación de 5 grupos con características específicas, los que se informan en el Cuadro nº 6.

Cuadro nº 6 Valores promedio y desviación estándar de las concentraciones minerales plasmáticas y hepáticas para cada uno de los conglomerados obtenidos.

	Ca p mg/dl		P p mg/dl		Mg p mg/dl		Cu p ug/dl		Zn p ug/dl		Cu h ppm		Fe h ppm		Zn h ppm	
	X	D.S.	X	D.S.	X	D.S.	X	D.S.	X	D.S.	X	D.S.	X	D.S.	X	D.S.
GRUPO 1	11,7	1,8	7,4	1,9	2,5	0,5	58,3	2,7	66,3	6,8	162,0	20,6	219,1	33,3	115,0	7,5
GRUPO 2	12,1	0,0	7,9	0,0	2,0	0,0	64,5	0,0	67,2	0,0	295,6	0,0	407,4	0,0	219,6	0,0
GRUPO 3	8,0	1,9	9,1	1,3	2,3	0,2	51,9	6,0	51,3	3,8	185,5	0,0	82,4	0,0	178,2	0,0
GRUPO 4	8,0	2,4	9,2	1,3	2,4	0,4	59,1	5,3	60,4	3,0	172,6	32,0	290,5	3,6	229,4	14,2
GRUPO 5	12,1	0,6	5,3	0,7	2,7	0,6	58,2	1,6	75,9	16,2	98,5	10,7	179,7	19,5	123,6	8,0

En el Cuadro n° 7 se muestra en detalle las comunas que componen los distintos conglomerados obtenidos y su correspondiente valor para cada mineral evaluado.

Cuadro n° 7 Grupo de conglomerados según concentración mineral plasmática y hepática de bovinos provenientes de diferentes comunas.

COMUNA		Cap	Pp	Mgp	Cup	Znp	Feh	Cuh	Znh
GRUPO 1	Río Bueno	13,87	5,76	3,26	60,7	73,50	211,4	180,3	111,3
	San Pablo	11,62	8,95	1,82	57,8	74,64	215,1	145,2	116,2
	Entre Lagos	9,16	7,28	2,41	57,8	61,73	187,5	196,0	99,0
	Osorno	9,23	8,24	2,30	56,9	63,88	275,5	157,0	115,4
	Río Negro	12,14	8,58	3,07	58,5	66,72	235,3	133,2	126,3
	Llanquihue	14,37	5,19	2,75	58,7	59,89	238,8	139,0	113,0
	Puerto Varas	11,62	4,77	2,21	53,1	55,50	157,3	173,9	120,6
	Coyahique	11,42	10,68	1,89	63,2	74,17	231,9	171,6	118,6
GRUPO 2	Futrono	12,07	7,85	1,97	64,5	67,15	407,4	295,6	219,6
GRUPO 3	Peñaflor	7,25	11,00	2,12	43,5	52,06			
	Los Angeles	7,13	8,56	2,43	54,5	55,60			
	Mulchén	8,43	9,89	2,19	43,1	45,17			
	Toltén	5,42	10,03	2,01	54,8	49,07			
	S.J. De la Costa	11,98	6,45	2,57	59,9	55,83	82,4	185,5	178,2
	Victoria	7,77	8,84	2,26	51,1	47,88			
Lautaro	7,88	9,01	2,31	56,7	53,42				
GRUPO 4	Litueche	11,38	6,74	3,15	69,4	56,17	294,0	204,7	243,6
	Santa Bárbara	5,60	9,88	2,02	58,1	63,09			
	Collipulli	6,64	10,94	2,08	59,7	56,75			
	Temuco	6,16	8,60	2,03	51,3	61,23			
	Mauñín	11,21	9,16	2,74	57,6	63,84	286,9	140,6	215,2
	Angol	7,27	9,92	2,22	58,5	61,45			
GRUPO 5	San Fernando	12,93	5,31	3,54	58,0	103,57	171,6	83,0	132,3
	La Unión	11,59	6,42	2,03	56,2	62,28	203,4	104,1	130,5
	Purranque	11,57	4,83	2,52	57,8	69,43	152,3	95,3	118,9
	Pto. Octay	12,17	4,60	2,68	60,6	68,11	191,6	111,6	112,9

Cabe destacar que las mayores diferencias entre grupos o conglomerados están dadas por los valores de los minerales Ca, P y Mg plasmáticos y de Cu y Fe hepáticos, observándose menores diferencias para Cu plasmático y Zn hepático (Cuadro 6).

Al comparar los valores promedio de los diferentes minerales del conglomerado 1 con los referentes normales, se observa que presentó adecuación en los niveles plasmáticos de P y Mg, pero una concentración levemente aumentada de Ca y una baja concentración plasmática de Cu y Zn. En hígado, las determinaciones de Fe y Zn concuerdan con los niveles de normalidad mientras que el Cu está por debajo estos rangos (Cuadro 6). Con relación a las comunas que componen este conglomerado (Cuadro 7) se observan sólo comunas pertenecientes a la X Región, con excepción de Coyhaique.

El conglomerado 2 está conformado solamente por una procedencia (Futrono, X región), que si bien presenta concentraciones minerales plasmáticas de Ca, P, Mg y Zn similares al conglomerado anterior, se diferencia por su mayor concentración de Cu plasmático, aunque esta también corresponde a un valor normal y la mayor diferencia de está dada por las altas concentraciones de los minerales hepáticos, que corresponden a los valores promedios más altos encontrados para Fe y Cu (Cuadros 6 y 7).

Los conglomerados 3 y 4 se caracterizan por perfiles muy similares entre ellos, especialmente en relación a los valores de Ca, P y Mg plasmáticos y Cu y Zn hepáticos (Cuadro 6).

El conglomerado 3 se destaca por presentar los valores más bajos de Cu y Zn plasmáticos y de Fe hepático de todos los grupos obtenidos del análisis. Los valores de Ca, Cu y Zn plasmáticos corresponden a valores bajo lo normal y los de P plasmático están sobre lo normal. Mientras que los valores de Cu y Zn hepático corresponden a valores normales.

Cabe señalar que la mayoría de las muestras de ambos conglomerados (3 y 4) provienen de comunas de la IX región, con excepción de Peñaflor (RM) y Litueche (VI región) (Cuadro 7).

El conglomerado 5 muestra un perfil muy similar al 1, pero éste es el grupo que presenta el valor más bajo de P plasmático y Cu hepático y el segundo nivel más bajo de Zn hepático, mientras que es el que presenta la más alta concentración promedio de Mg plasmático. Junto con el conglomerado 4, son los conglomerados con más alta concentración de Ca plasmático (Cuadro 6). Al igual que el conglomerado 1, este está conformado sólo por comunas de la X Región, con la excepción de San Fernando de la VI Región (Cuadro 7).

Al analizar las concentraciones minerales hepáticas, resulta evidente su menor variabilidad y mayor normalidad en relación a parámetros de la literatura; por el contrario, en el plasma se observa una gran variabilidad y dinamismo en el contenido mineral, lo que consecuentemente establece diferencias entre conglomerados.

8. CONCLUSIONES

Del presente estudio se puede concluir que:

- 1.- Las concentraciones plasmáticas promedio de los macrominerales *Ca*, *P* y *Mg* se ajustaron a los rangos normales referidos por la literatura consultada. En tanto que los promedios de las concentraciones plasmáticas de los microminerales *Cu* y *Zn*, se encontraron francamente por debajo de lo informado como normal por otros autores.
- 2.- Las concentraciones minerales hepáticas promedio de *Cu*, *Fe* y *Zn* de los animales muestreados se encontraron dentro de los rangos normales.
- 3.- Cuando las concentraciones minerales se analizaron por procedencia, se observó una gran variabilidad en los resultados obtenidos, detectándose situaciones de deficiencias y de excesos como las concentraciones plasmáticas de *Ca* en Toltén y Llanquihue, respectivamente
- 4.- El *Mg* plasmático fue el mineral que presentó la menor variabilidad en sus concentraciones.
- 5.- El estudiar el origen de los animales a través de su procedencia, permitió reconocer una zona claramente definida por presentar altas concentraciones de *P* plasmático y bajas concentraciones de *Ca* plasmático, comprendida mayoritariamente por comunas de las VIII y IX regiones; y otra zona en la que se evidenciaron altas concentraciones tanto de *Ca* como de *P* plasmático, constituida por comunas de la X región.
- 6.- En comparación a otros estudios similares realizados anteriormente en las distintas épocas del año, desarrollados durante las cuatro estaciones de 1994 y el verano de 1995, destacan en el presente trabajo, las bajas concentraciones de *Cu* y *Zn* plasmático, apareciendo como las más bajas reportadas dentro de este grupo de estudios. Por su parte,

la concentración promedio de *Fe* hepático, si bien se encuentra dentro del rango normal, se destaca por presentar la segunda concentración más alta dentro del grupo de estudios referidos.

7.- Del análisis de conglomerados se obtuvieron 5 grupos o perfiles nutricionales, los que se caracterizan por incluir predios que están ubicados en zonas geográficamente cercanas y que reflejarían la situación nutricional mineral de dichas áreas.

9. COMENTARIO GENERAL

Los resultados obtenidos en el presente trabajo representan una fotografía del status mineral de bovinos en el otoño de 1995 y junto a los otros resultados del mismo proyecto de investigación se podría continuar el estudio del nivel nutricional mineral de los bovinos chilenos, planteándose objetivos orientados a clarificar las causas de las variaciones obtenidas en el presente proyecto, con el fin de poder controlar los factores que determinan deficiencias productivas por el exceso o déficit de los nutrientes minerales.

También podría resultar de gran utilidad evaluar en próximos estudios los efectos de estos desbalances minerales, estudiados en parámetros productivos como G.D.P., fertilidad, E.C.A. o rentabilidad del proceso productivo; y finalmente, cómo afectan estos desbalances las características de la carne al momento de su tipificación.

Si bien, los resultados obtenidos son del año 1995, se podría mencionar que las condiciones económicas y productivas, como el tipo de manejo empleado en el ganado de carne, no han sufrido variaciones, ya que los insumos nutricionales y fertilizantes empleados, aun se siguen utilizando de la misma forma, por lo que sus valores se podrían considerar vigentes en la actualidad.

10. ANEXOS

Cuadro A-1: Concentraciones plasmáticas de calcio, fósforo, magnesio, cobre y zinc para las épocas de verano 1994 a otoño 1995.

	Ca mg/dl		P mg/dl		Mg mg/dl		Cu ug/dl		Zn ug/dl	
	94	95	94	95	94	95	94	95	94	95
VERANO	11,0	11,97	6,98	7,69	2,18	2,22	58,02	67,17	79,24	75,28
OTOÑO	11,26	9,92	7,65	7,98	2,59	2,41	77,82	57,0	84,42	62,39
INVIERNO	10,38		7,2		2,25		74,04		78,69	
PRIMAVERA	10,69		8,43		2,19		68,84		82,65	

Núñez, 2001 (verano 1994)
 Ansaldo, 1997 (otoño 1994)
 Jorquera, 1997 (invierno 1994)

García, 1997 (primavera 1994)
 Guerrero, 1998 (verano 1995)
 Ramos, 2003 (otoño 1995)

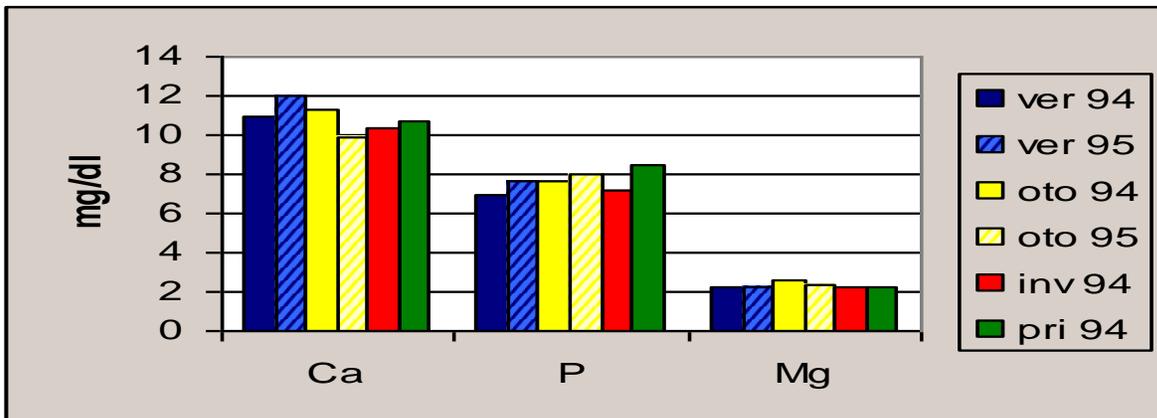
Cuadro A-2: Concentraciones hepáticas de cobre, hierro y zinc para las épocas de verano 1994 a otoño 1995

	Cu ppm		Zn ppm		Fe ppm	
	94	95	94	95	94	95
VERANO	143,53	127,49	139,11	138,56	173,37	166,13
OTOÑO	158,3	157,29	159,7	141,97	227,45	221,4
INVIERNO	155,01		128,57		188,1	
PRIMAVERA	214,21		113,98		168,63	

Núñez, 2001 (verano 1994)
 Ansaldo, 1997 (otoño 1994)
 Jorquera, 1997 (invierno 1994)

García, 1997 (primavera 1994)
 Guerrero, 1998 (verano 1995)
 Ramos, 2003 (otoño 1995)

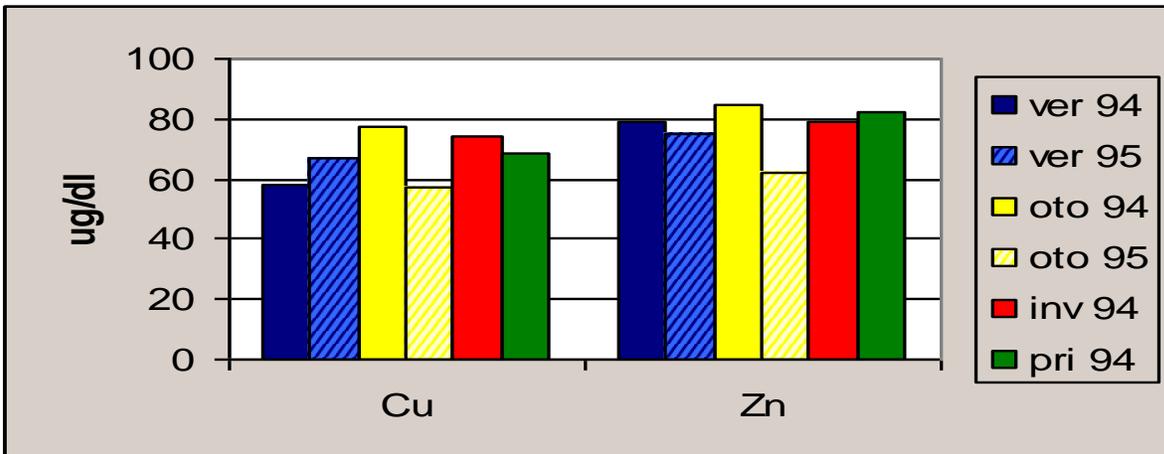
Gráfico nº 1: Perfiles minerales de calcio, fósforo y magnesio plasmáticos para las épocas de verano 1994 a otoño 1995



Núñez, 2001 (verano 1994)
 Ansaldo, 1997 (otoño 1994)
 Jorquera, 1997 (invierno 1994)

García, 1997 (primavera 1994)
 Guerrero, 1998 (verano 1995)
 Ramos, 2003 (otoño 1995)

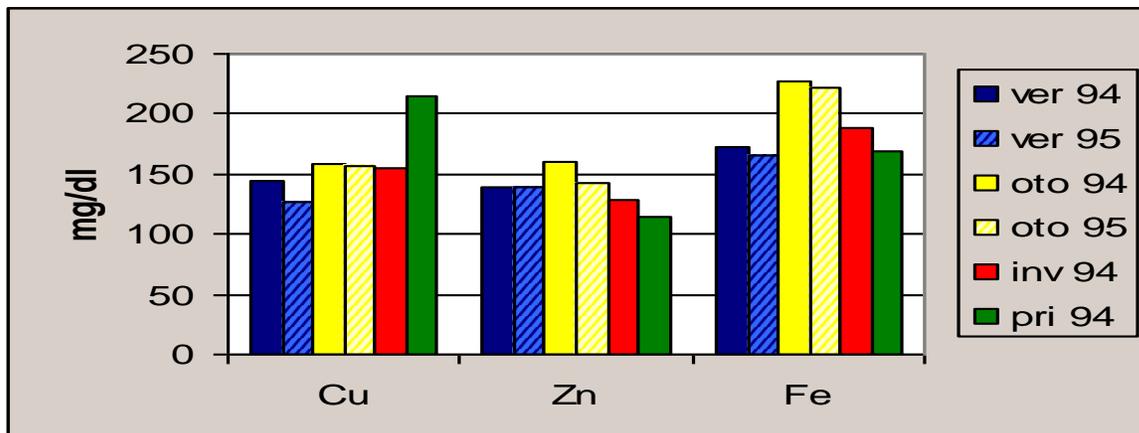
Gráfico nº 2: Perfiles minerales de cobre y zinc plasmáticos para las épocas de verano 1994 a otoño 1995



Núñez, 2001 (verano 1994)
 Ansaldo, 1997 (otoño 1994)
 Jorquera, 1997 (invierno 1994)

García, 1997 (primavera 1994)
 Guerrero, 1998 (verano 1995)
 Ramos, 2003 (otoño 1995)

Gráfico nº 3: Perfiles minerales de cobre, zinc y hierro hepáticos para las épocas de verano 1994 a otoño 1995



Núñez, 2001 (verano 1994)
 Ansaldo, 1997 (otoño 1994)
 Jorquera, 1997 (invierno 1994)

García, 1997 (primavera 1994)
 Guerrero, 1998 (verano 1995)
 Ramos, 2003 (otoño 1995)

11. BIBLIOGRAFIA

- AMMERMAN, C.B.** 1970. Recent development in cobalt and copper in ruminant nutrition: A review. *J. Dairy Sci.* 53: 1097-1103.
- AMMERMAN, C.B.; GOODRICH, R.D.** 1983. Advances in mineral nutrition in ruminants *J. Anim. Sci.* 57 (suppl.2): 519-533.
- AMMERMAN, C.B.; VALDIVIA, R.; ROSA, I.V.; HENRY, P.R.; FEASTER, J.P.; BLUE, W.G.** 1984. Effect of sand or soil as a dietary component on phosphorus utilization by sheep. *J. Anim. Sci.* 59: 1092-1099.
- AMMERMAN, C.B.; HENRY, P.R.** 1987. Reunión sobre determinación de carencias y suplementación mineral de bovinos. *Dialogo XXX. Suplementación Mineral, Campo Grande, MS, Brasil.* p.83-96.
- ANDERSON, J.J.B.** 1991. *Nutritional Biochemistry of Calcium and Phosphorus.* *J. Nutr. Biochem.*, vol. 2.
- ANRIQUE, R.** 1985. Composición de alimentos para ganado en la zona sur. U. Austral de Chile. *Fac. Cs. Agrarias. Inst. de Prod. Animal. Valdivia, Chile.* p.164.
- ANSALDO, C.G.** 1997. Contribución a la evaluación nutricional mineral del ganado bovino de carne, proveniente de áreas agroecológicas de importancia ganadera en el país, durante la estación de otoño. Tesis Med. Vet. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Vet. Y Pec., Stgo., Chile.
- A.O.A.C.. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST.** 1984. *Official Methods of Analysis. Wet Ash Method.* Ed. by A.O.A.C. 14 de.. Inc 1111 North Nineteenth Street Suite 210. Arlington, Virginia 22209 U.S.A. p.164.
- APGAR, J.** 1992. Zinc and Reproduction: an update. *J. Nutr. Biochem.*, vol. 3.
- ARANDA, M.P.** 1998. Contribución a la evaluación del estado nutricional mineral del ganado bovino proveniente de la X región, estación otoño 1994. Tesis Med. Vet. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Vet. Y Pec., Stgo., Chile.
- AUZA, N.J.** 1987. Enfermedades de la producción: Trastornos en la homeostasis del fósforo en bovinos. *Rev. Arg. Prod. Animal*, vol. 7, n° 1: 107-116.

- BACON, J.A.; BELL, M.C.; MILLER, J.K.; RAMSEY, N.; MUELLER, F.J.** 1990. Effect of magnesium administration route on plasma minerals in Holstein calves receiving either adequate or insufficient magnesium in their diets. *J. Dairy Sci.* 73: 470-473.
- BARTON, B.A.; HORST, R.L.; JORGENSEN, N.A.; DeLUCA, H.F.** 1981. Concentration of calcium, phosphorus and 1,25-Dihydroxyvitamin D in plasma of dairy cow during the lactation cycle. *J. Dairy Sci.* 64: 850-852.
- BEATTIE, J.H. and AVENELL, A.** 1992. Trace element nutrition and bone metabolism. *Nutrition Research Reviews.* 5: 167-188.
- BEEDE, D.K.** 1991. Mineral and water nutrition. *Dairy Nutrition Management.* Vet. Cl. North Am.: Food Anim. Pract. Vol. 7. n° 2.
- BONDI, A.A.** 1989. *Nutrición Animal.* Ed. Acribia, S.A.. Apostado 466. 50080. Zaragoza, España. 546 p.
- BREMNER, I. and BEATTIE, J.H.** 1995. Copper and Zinc metabolism in health and disease: Speciation and interactions. *Proceedings of the Nutrition Society.* 54: 489-499.
- BREVES, G.; SCHRÔDER, B.** 1991. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nutrition Research Reviews.* 4: 125-140.
- BRONNER, F.** 1993. Nutrient bioavailability, with special reference to calcium. *J. Nutr.* 123: 797-802.
- CALL, J.W.; BUTCHER, J.E.; SHUPE, J.L.; BLAKE, J.T.; OLSON, A.E.** 1986. Dietary phosphorus for beef cows. *Am. J. Vet. Res.* 47: 475-481.
- CARE, A.D.; BARLET, J.P.; ABDEL-HAFEEZ, H.M.** 1980. Calcium and phosphate homeostasis in ruminants and its relationship to the etiology and prevention of parturient paresis. In *Digestive physiology and metabolism in ruminants.* Ruchebusch and P. Thivemond Avi Publishing Company Inc., Wesport, Connecticut. p.429-446.
- COATES, D.B.; TERNOUTH, J.H.** 1992. Phosphorus kinetics of cattle grazing tropical pastures and implications for the estimation of their phosphorus requirements. *J. Agric. Sci. Camb.* 119: 401-409.
- COMBS, D.K.** 1987. Hair analysis as an indicator of mineral status of livestock. *J. Anim.Sci.* 65: 1753-1758.

- CONTRERAS, P.A.; WITTEWER, F.; BÔHMWALD, H.** 1990. Concentraciones de calcio, fósforo y magnesio en suero sanguíneo de bovinos de leche de 40 predios lecheros de la X región. Arch. Med. Vet., 22: 185-189.
- CROWE, N.A.; NEATHERY, M.W.; MILLER, W.J.; MUSE, L.A.; CROWE, N.A.; VARNADOE, J.L.; BLACKMON, D.M.** 1990. Influence of high dietary aluminium on performance and phosphorus bioavailability in dairy calves. J. Dairy Sci. 73: 808-818.
- DE OLIVEIRA, M.** 1977. Mineral status of beef cattle in the northern part of Mato Grosso, Brazil, as indicated by age, season and sampling technique. Tesis, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, Center for Tropical Agriculture. Animal Science Department. Florida, USA. 236 p.
- DOYLE, J.J.; SPAULDING, J.E.** 1978. Toxic and essential trace elements in meat. A review. J. Anim. Sci. 47: 398-414.
- EGAÑA, J.I.; VICENT, H.E.; SQUELLA, F.; MAINO, M.; BRAVO, R.** 1987. Evaluación nutricional mineral de vacas Hereford alimentadas con praderas naturales del secano costero central de Chile. Av. Cs. Vet. 2: 13-19.
- ENGELS, E.A.** 1981. Mineral status and profiles (blood, bone and milk) of the grazing ruminant with special reference to calcium, phosphorus and magnesium. S. Afr. J. Anim. Sci. 11: 171-182.
- FAIRWEATHER-TAIT, S.J.** 1995. Symposium on micronutrient interactions: Iron-Zinc and Calcium-Iron interactions in relation to Zn and Fe absorption. Proc. Nutr. Soc. 54: 465-473.
- FERGUSON, J.D.** 1991. Nutrition and reproduction in dairy cow. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. 7: 483-505.
- FICK, K.R.; MILLER, S.; FUNK, J.; Mc DOWELL, L.; HOUSER, R.** 1976. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. Universidad de Florida. Instituto de Ciencias Alimentarias y Agropecuarias. Gainesville, Florida, U.S.A. p.82.
- FISKE, E.CH.; SUBBAROW, Y.** 1925. The Colorimetric Determination of Phosphorus in J. Biol. Chem. 66:375.
- FLORES, A.; ROSMINI, M.R.; TOIBERO, J.C.; ALTHAUS, R.** 1992. The influence of waiting times at the slaughterhouse on bovine blood parameters. Fleischwirtschaft, 72 (10): 1414-1415, 1432-1433, compendiado en Vet. Bulletin, 1993, 063-02037.

- FONTENOT, J.P.; ALLEN, V.G.; BUNCE, G.E.; GOFF, J.P.** 1989. Factors influencing magnesium absorption and metabolism in ruminants. *J. Anim. Sci.* 67: 3445-3455.
- FRAKER, P.J.; HAAS, S.M. & LEUCKE, R.W.** 1977. Effect of zinc deficiency on the immune response of the young adult A/J mouse. *J. Nutr.* 107: 1889-1895.
- FRÔILICH, W.** 1984. Deficiencias de micronutrientes en suelos del sur de Chile como factores limitantes de la producción de maíz. *Agro Sur.* 12: 52-58.
- GARCIA, J.A.** 1997. Contribución a la evaluación nutricional mineral de ganado bovino, proveniente de diferentes zonas agroecológicas del país, durante la estación de primavera, 1994. Memoria de título. Fac. de Cs. Vet. Y Pec., Universidad de Chile, Stgo., Chile. 119 p.
- GARRIDO, O.; MANN, E.A.** 1981. Composición química, digestibilidad y valor energético de una pradera permanente en pastoreo a través del año. Tesis Ing. Agron. Fac. de Agronomía, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 59 p.
- GARTNER, R.J.; McLEAN, R.W.; LITTLE, D.A.; WINKS, L.** 1980. Mineral deficiencies limiting production of ruminant grazing tropical pastures in Australia. *Tropical Grasslands.* 14: 266-272.
- GARTNER, R.J.; MURPHY, G.M.; HOEY, W.A.** 1982. Effects of induced subclinical phosphorus deficiency on feed intake and growth of beef heifers. *J. Agric. Sci. Camb.* 98: 23-29.
- GENGELBACH, G.P.; WARD, J.D.; SPEARS, J.W.** 1994. Effect of dietary copper, iron and molybdenum on growth and copper status of beef cows and calves. *J. Anim. Sci.* 72: 2722-2727.
- GEORGIESVKIL, V.I.; ANNENKOV, B.N. and SAMOKHIN, V.T.** 1982. Mineral Nutrition of Animals. Studies in the Agricultural and Food Sciences. First edition in english. 475 p.
- GOFF, J.P.; HORST, R.L.** 1994. Calcium salts for treating hypocalcaemia: carrier effects, acid-base balance, and oral versus rectal administration. *J. Dairy Sci.* 77: 1451-1456.
- GREENE, L.W.; FONTENOT, J.P.; WEBB Jr., K.E.** 1981. Magnesium absorption in steers fed high levels of potassium. *J. Anim. Sci.* 53 (suppl. 1): 401.

- GREENE, L.W.; FONTENOT, J.P.; WEBB Jr., K.E.** 1983 (a). Effect of dietary potassium on absorption of magnesium and other macroelements in sheep fed different levels of magnesium. *J. Anim. Sci.* 56: 1208-1213.
- GREENE, L.W.; FONTENOT, J.P.; WEBB Jr., K.E.** 1983 (b). Effect of potassium level on site of absorption of magnesium and other macroelements in sheep. *J. Anim. Sci.* 56: 1214-1221.
- GREENE, L.W.; BAKER, J.F.; HARDT, P.F.** 1989. Use of animal breeds and breeding to overcome the incidence of grass tetany: A review. *J. Anim. Sci.* 67: 3463-3469.
- GROOT, M.J.; GRUYS, E.** 1993. Yellow discoloration in veal calves: The role of hepatic copper. *The Veterinary Record.* 132 (7): 156-160.
- GRUNES, D.L.; STOUT, P.R. and BROWNELL, J.R.** 1970. Grass tetany of ruminants. *Adv. Agron.* 22: 331.
- GRUNES, D.L.; WELCH, R.M.** 1989. Plant contents of magnesium, calcium and potassium in relation to ruminant nutrition. *J. Anim. Sci.* 67: 3485-3494
- GUERRERO, R.** 1998. Contribución a la evaluación del estado nutricional mineral del ganado bovino, proveniente de las regiones de importancia ganadera en el país, durante la estación de verano, 1995. Memoria de título. Fac. de Cs. Vet. Y Pec. Universidad de Chile. Stgo., Chile.
- GUPTA, P.C.; SINGH, P.; PRADHAN.** 1979. Distribution and interrelationship of zinc in soil-plant-animal system: A review. *Indian J. Dairy Sci.* 32: 111-121.
- GUTIERREZ, J.L.** 1991. Nutrición en rumiantes en pastoreo. Ed. Chiguagua. Universidad Autónoma de Chiguagua. México. 279 p.
- HAARDT, E.; POTOCHACK, J.; LOPEZ, A.; CORNEJO, S.** 1976. Survey model applied to mineral in forages for a country (Chile) with a great versatility of ecological systems proceedings. In: First International Symposium Feed Composition, Animal Nutrient Requirements, and computerization of Diets. Utah State University, Logan, Utah, USA. p. 357-362.
- HANNAWAY, D.B.; BUSH, L.P. and LEGGETT, J.E.** 1980. Plant nutrition: magnesium and hypomagnesaemia in animals. *Kentucky Agric. Exp. Sta. Bull.* 716.
- HARRIS, D.J.; LAMBELL, R.G.; OLIVER, C.J.** 1983. Factors predisposing dairy and beef cows to grass tetany. *Austr. Vet. J.* 60: 8.

- HIDIROGLOU, M.** 1979. Trace element deficiencies and fertility in ruminants: A review. *J. Dairy Sci.* 62: 1195-1206.
- HIDIROGLOU, M.** 1980. Zinc, copper and manganese deficiencies and the ruminant skeleton: A review. *Can. J. Anim. Sci.* 60: 579-590.
- HIDIROGLOU, M.** 1981. Copper deficiency in ruminants. Minister of supply and services Canada, Ottawa, Ont. 18 p.
- HOEY, W.A.; MURPHY, G.M.; GARTNER, R.J.** 1982. Whole body composition of heifers in relation to phosphorus status with a particular reference to the skeleton. *J. Agric. Sci. Camb.* 98: 23-29.
- HORST, R.L.** 1986. Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 69: 604-616.
- HORST, R.L.; GOFF, J.P.; REINHARDT, T.A.** 1994. Symposium: Calcium metabolism and utilization. Calcium and vitamin D metabolism in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 77(7): 1936-1951.
- HURLEY, L.S.** 1981. Teratogenic aspects of manganese, zinc and copper nutrition. *Physiological Rev.* 61: 249-295.
- HURLEY, L.S.; DOANE, R.M.** 1989. Recent developments in the roles of vitamins and mineral in reproduction. *J. Dairy Sci.* 72: 784-804.
- JENKINS, K.J.** 1989. Effect of copper loading of preruminant calves on intracellular distribution of hepatic copper, zinc, iron molybdenum. *J. Dairy Sci.*, 72 (9): 2346-2350
- JORQUERA, I.M.** 1997. Contribución a la evaluación nutricional mineral del ganado bovino de carne, proveniente de áreas agroecológicas de importancia ganadera en el país, estación de invierno. Memoria de título. Fac. de Cs. Vet. Y Pec. Universidad de Chile. Stgo., Chile.
- KANEKO, J.** 1980. Clinical biochemistry of domestic animals. 3^a ed. Department of Clinical Pathology. School of Veterinary Medicine. University of California. Davis California. 832 p.
- KARLEN, D.L.; ELLIS, Jr. D.A. WHITNEY and GRUNES, D.L.** 1987. Influences of soil moisture on soil solution cation concentration in the grass tetany potential of wheat forage. *Agron. J.* 72:73

- KINCAID, R.; HILLERS, J.; CRONRATH, J.** 1981. Calcium and phosphorus supplementation of rations for lactating cows. *J.D.Sci.* 64 : 754-758.
- LARSON, B.L. ; ARTHINGTON, J.; CORAH, L.R.** 1981. Recognizing and treating copper imbalances in cattle. *Food-Animal practice. Veterinary Medicine.* 613-619.
- LITTLE, D.A.** 1981. Utilization of minerals. Nutritional limits to animal production from pastures. Proceedings of an International Symposium St. Lucia, Queensland Australia. 24 al 28 de agosto 1981. Editado por J.B.Hacker Commonwealth Agricultural Bureaux
- LITTLEDIKE, E.T.; GOFF, J.** 1987. Interaction of calcium, phosphorus, magnesium and vitamin D that influence their status in domestic meat animals. *J. Anim. Sci.* 65: 1727-1743.
- LIZONDO, G.R.,** 2000. Efectos de diferentes tiempos de transporte y ayuno sobre las pérdidas de peso y características de la canal en novillos. II Primavera-Verano. Tesis Med. Vet. U.A.Ch., Valdivia, Chile.
- MAYLAND, H.F; GRUNES, D.L.** 1979. Soil-climate-plant relationship in the etiology of grass tetany. In V.V. Rendig and D.L. Grunes (Ed) *Grass Tetany.* Pp 123-167. ASA Spec. Publ. N° 35 Am. Soc. Agron. Madison WI.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G..** 1981. *Nutrición Animal.* De. Mc Graw-Hill. 4a de.. Naucalpan de Juarez, Estado de México, México. 640 p.
- MATIC, M.A.,** 1997. Contusiones en canales bovinas y su relación con el transporte. Tesis Med. Vet. U.A.Ch., Valdivia, Chile.
- Mc DOWELL, L.R.** 1992. *Minerals in animal and human nutrition.* Academic Press INC. Gainesville, Florida. 524 p.
- Mc DOWELL, L y CONRAD, J.** 1977. Trace mineral nutrition in Latinoamérica. *W. Anim. Rev.* N° 24: 24-33.
- Mc DOWELL, L; HOUSER, R.H.; FICK, K.R.** 1978. Hierro, manganeso y zinc en la nutrición de rumiantes. En: Simposio Latinoamericano sobre investigaciones en nutrición mineral de los rumiantes en pastoreo. Belo Horizonte, Brasil. Gainesville, Florida. P.124-133.
- Mc DOWELL, L; KIATOKO, M.; BERTRAND, E.; CHAPMAN, H.L.; PATE, F.M.; MARTIN, F.G.; CONRAD, J.H.** 1982. Evaluating status of beef cattle herds from four soil order regions of Florida. *Trace minerals. J. Anim. Sci.* 55: 38-47.

- Mc DOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; HEMBRY, F.G.; ROJAS, L.X.; VALLE, G.; VELASQUEZ, J.** 1993. *Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales*. 2a ed.. Universidad de Florida, Depto. de Zootecnia. Gainesville, U.S.A. 76 p.
- MELLENDEZ, P.** 1989. *Determinación de metales pesados (Cu, Zn, Mo, Pb, Cd) en hígado de bovinos sanos provenientes de la Región Metropolitana, VI, VII, VIII, IX, X, XI regiones del país*. Tesis Med. Vet.. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Vet. y Pec.. Santiago, Chile. 127 p.
- MILLER, W.J.** 1970. Zinc nutrition of cattle: A review. *J.Dairy Sci.* 53: 1123-1131.
- MILLER, W.** 1981. Mineral and Vitamin nutrition of dairy cattle. *J.D.Sci.* 64 :1196-1206.
- MILLS, C.F.** 1987. Biochemical and physiological indicators of mineral status in animals: copper, cobalt and zinc. *J. Anim. Sci.* 1987. 65: 1702-1711.
- MTIMUNI, J.P. ; CONRAD, J.H. ; Mc DOWELL, L.R.; MARTIN, F.G.** 1990. Effect of season on mineral concentration of soil, plant and animal tissues. *Int. J. Anim. Sci.* (1990) 5: 181-189.
- N.A.S.** 1980. *Mineral tolerance of domestic animals*. Washington D.C. Nat Res Council. Nat. Academic of Sci. Nat Academic Press. 557 p.
- N.R.C.** 1988. *Nutrient requirement of domestic animals. Nutritional requirement of dairy cattle*. Sixth revised edition, 1989. National Academy Press, Washington, D.C. 157 p.
- NUÑEZ, P.R.** 2001. *Contribución a la evaluación de la condición nutricional mineral del ganado bovino en pastoreo proveniente de diferentes regiones del país, en estación de verano 1994*. Tesis Med. Vet.. Universidad de Chile, Fac. de Cs. Vet. y Pec.. Santiago, Chile.
- ODEPA. OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICAS AGRARIAS.** 1992. *Ministerio de Agricultura. Estadísticas Silvoagropecuarias 1987-1992*. Santiago, Chile. 228 p.
- ORR, C.L.; HUTCHESON, D.P.; GRAINGER, R.B.; CUMMINS, J.M.; MOCK, R.E.** 1990. Serum copper, zinc, calcium and phosphorus concentration of calves stressed by bovine respiratory disease and infectious bovine rhinotracheitis. *J. Anim. Sci.* 68: 2893-2900.
- PRICE, J.** 1989. The nutritive value of grass in relation to mineral deficiencies and imbalances in the ruminant. *The Fertilizer Society of London on 14 December 1989*. 25 p.

- PRIMAVESI, A.** 1984. Manejo ecológico del suelo. La agricultura en regiones tropicales. 5ª ed. Editorial Buenos Aires: El Ateneo. 449 p.
- RAHNEMA, S; FONTENOT, J.** 1990. Effect of intravenous infusion of high levels of potassium and sodium on mineral metabolism in sheep. *J. Anim. Sci.* 68: 2833-2838.
- REDDY, G.D.; ALSTON, A.M.; TILLER, K.G.** 1981. Seasonal Changes in the concentrations of copper, molybdenum and sulfur in pasture plants. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 1981. 21: 498-505.
- REID, R.L.; HORVATH, D.J.** 1980. Soil chemistry and mineral problems in farm livestock. A review. *Animal Feed Science and Technology.* 5:95-176.
- REID, R.L.; JUNG, G.A.** 1991. Plant/Soil interactions in nutrition of the grazing animal. Proceeding, grazing livestock nutrition conference. August 2 and 3, 1991.
- RICKETTS, R.E.; CAMPBELL, J.R.; WEINNAN, D.E.; TUMBLESON, M.E.** 1970. Effect of three calcium: phosphorus rations on performance of growing Holstein steers. *J. Dairy Sci.* 53: 898-903.
- ROSA, I.V.; HENRY, P.R.; AMMERMAN, C.B.** 1982. Interrelationship of dietary phosphorus, aluminum and iron on performance and tissue mineral composition in lambs. *J. Anim. Sci.* 55: 1231-1240.
- ROSENBERGER, G.** 1983. Enfermedades de los bovinos. 1ª ed. En español. Editorial Hemisferio Sur S.A. Alemania. p 245-355.
- RUIZ, I.** 1988. Praderas para Chile. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 723 p.
- SHERMAN, A.R.** 1992. Zinc, copper and iron nutriture and immunity. *J. Nutr.* 122: 604-609.
- SMART, M; GUDMUNDSON, J.; CHRISTENSEN, D.** 1981. Trace mineral deficiencies in cattle. *Can. Vet. J.* 22: 372-376.
- SMITH, R.A.; EDWARDS, W.C.** 1988. Hipomagnesemic tetany of ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice.* 4: 365-377.
- SOARES, J.H. Jr.** 1995. Calcium bioavailability. In: *Bioavailability of nutrients for animals: aminoacids, minerals and vitamins.* Academic Press, Inc. p 95-116.
- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J.** 1969. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research.* Freeman W.H. San Francisco. 776 p.

- STEACY, G.M.; JANZEN, E.D.; BLAKLEY, B.R.; CHRISTENSEN, D.A.; NICHOLSON, H.H.** 1983. Responses of bulls to copper supplementation in a record of performance test station. *Can. Vet. J.* 24: 196-198.
- SYSTAT FOR WINDOWS: STATISTICS.** 1992. Versión 5a edición. Evanston, Illinois. Systat Inc.. 750 p.
- THE MERCK VETERINARY MANUAL.** A handbook of diagnosis, therapy and disease prevention and control for the veterinarian. 1986. Sixth edition. Merck & Co., Inc. Rahway, N.J., U.S.A. 1667 p.
- THOMAS, J.W.** 1970. Metabolism of iron and manganese. *J. Dairy Sci.* 53: 1107-1123.
- THOMAS, F.; POTTER, B.** 1976. The site of magnesium absorption from the ruminant stomach. *Brit. J. Nutr.* 36: 37-45.
- TOSSO, J.** 1985. Suelos volcánicos de Chile. 1ª ed. INIA. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. 723 p.
- UNDERWOOD, E.J..** 1981. *The Mineral Nutrition of Livestock.* 2a de. C.A.B. England. 180 p.
- VICENT, E..** 1985. Evaluación nutricional mineral de hembras de bovinos de carne, alimentadas con praderas del área de secano costero central de Chile. Tesis Med. Vet.. Universidad de Chile. Fac. de Cs. Vet. y Pec.. Santiago, Chile. 103 p.
- VOLKWEISS, S. y RODRIGUEZ, N.** 1978. Propiedades de los suelos que influyen las diferencias minerales o toxicidades en los animales y las plantas. In: Simposio Latinoamericano sobre Investigaciones en Nutrición Mineral de los rumiantes en pastoreo. Gainesville, Florida. p 22-27.
- WARD, J.D.; SPEARS, J.W.; GENGBACH, G.P.** 1995. Differences in copper status and copper metabolism among Angus, Simmental and Charolais cattle. *J. Anim. Sci.* 73: 571-577.
- WASSERMAN, R.C.; FULLER, S.; SHIMURA, F.** 1984. Calcium absorption and the molecular effects of vitamin D. In: Basic and clinical aspects. R. Kumar, Boston, MA. p 223-258.
- WILLIAMS, S.; LAWRENCE, L.; Mc DOWELL, L.; WARNICK, A.; WILKINSON, N.** 1990. Dietary phosphorus concentrations related to breaking load and chemical bone properties in heifers. *J. of D. Sci.* 73 (4): 1100-1106.

WILLIAMS, S.; LAWRENCE, L.; Mc DOWELL, L.; WARNICK, A.; WILKINSON, N.; FERGUSON, P.W. 1991. Criteria to evaluate bone mineralization in cattle: II Noninvasive techniques. *J. Anim. Sci.* 69: 1243-1254.

WILLIAMS, S.; LAWRENCE, L.; Mc DOWELL, L.; WARNICK, A.; WILKINSON, N. 1992. Influence of dietary phosphorus level on growth and reproduction of growing beef heifers. In: *J. Anim. Sci.* 7: 137-142.

WITTWER, F.; CONTRERAS, P.; BOHMWALD, H.; ANRIQUE, R; FUCHSLOCHER, R. 1988. Concentraciones de Zinc y Cobre en forrajes y suero sanguíneo de 40 predios lecheros de la X^a región, Chile. *Arch. Med. Vet.* 20 (2): 118-125.

WISKE, S.E.; HERD, D.; FIELD, R.; HOLLAND, P. 1992. Diagnosis of copper deficiency in cattle. *Timely Topics in Nutrition. JAVMA.* 200: 1625-1629.

WITT, K.E.; OWENS, F.N. 1983. Phosphorus: ruminal availability and effects on digestion. *J. Anim. Sci.* 56: 930-9