

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**Mención: Protección de alimentos**

***CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL MINERAL DE  
BOVINOS LECHEROS EN ESTABLECIMIENTOS DEL  
DEPARTAMENTO LAS COLONIAS – REGIÓN CENTRO DE  
SANTA FE***

TESIS

PARA OBTENER

EL GRADO DE MAGISTER SCIENTAE EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTA

MÓNICA LILIANA LUNA

Lugar de realización: Facultad de Ciencias Veterinarias (U.N.L)

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**Mención: Protección de alimentos**

***CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL MINERAL DE BOVINOS  
LECHEROS EN ESTABLECIMIENTOS DEL DEPARTAMENTO LAS  
COLONIAS – REGIÓN CENTRO DE SANTA FE***

Como parte de los requisitos para optar  
el grado de Magister Scientae en Ciencias Veterinarias

**Maestrando**

Mónica Liliana Luna  
Bioquímica

**Director**

VIVIANA PATRICIA ROLDÁN  
Dra. en Ciencias Químicas

**Codirector**

GERARDO ALFONSO CONTI  
Mgs. Sci en Producción Animal

**Miembros del Jurado**

Dr. Daniel Alsina  
Mgs en C.V. Eduardo Elizalde  
Mgs.Cs. Oscar Quaino

Lugar de realización: Facultad de Ciencias Veterinarias (U.N.L).

2011

“Muchos pensarán que ésta es una traición a la amistad,  
Cuando es fidelidad a mi condición humana”

ERNESTO SÁBATO

Escritor y científico

1911-2011

Dedicada especialmente a mis padres Margarita y Carlos por el aporte anímico y la  
fortaleza brindada,  
Y a mis hermanas Carolina y Romina por la comprensión, el cariño y por todo el apoyo  
incondicional e invaluable de mi familia.  
Por los que están  
Y por los que se fueron  
Porque forman parte de mí.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a la Directora de la Tesis Dra. Roldán Viviana Patricia, por el invalorable apoyo y dedicación en mi formación científica.

A mis padres por todo el sacrificio y apoyo en mi formación para realizar la maestría.

Agradezco a la Dra Roldán Viviana Patricia por el aporte económico realizado con el Proyecto CAID 2005, UNL.

Agradezco al Director Ing Beldoménico, Horacio R y Campagnoli, Dario del Laboratorio Central de Servicios Analíticos, FIQ, UNL, por permitir el uso del equipo de absorción atómica.

Agradezco a la Facultad de Ciencias Veterinaria y a sus autoridades por permitir la participación en un grupo de investigación.

Agradezco a los docentes de la Cátedra de Fisiología por permitir el uso de sus estufas y mufla para el procesamiento de algunas muestras.

Agradezco a todos los integrantes del grupo de investigación y a los veterinarios encargados de los establecimientos, por su colaboración en la recolección de las muestras.

Agradezco a los docentes de la Cátedra de Forrajes y Edafología de la Facultad de Ciencias Agrarias de UNL y en especial a la Dra June Thomas por sus valiosas recomendaciones y sugerencias para el desarrollo de la Tesis.

A la Cátedra de Idiomas de FCV, por el aporte en la redacción del summary.

Un especial agradecimiento a todos los docentes de la Maestría en Ciencias Veterinarias que por intermedio del dictado de sus materias contribuyeron en mi formación tanto en investigación como en la docencia.

A todos aquellos que me acompañaron en esta oportunidad de una u otra manera y contribuyeron con sus sugerencias y críticas, MUCHAS GRACIAS.

El presente trabajo de investigación dio lugar a las siguientes Publicaciones y presentaciones en Jornadas y Congresos:

*Publicaciones*

- Mineral Content Analysis of Dairy Cattle Milk In The Central Region of Santa Fe. Publicación en Biocell. Editorial Board. Vol 32. N° 2, 2008. ISSN 0327 -9545. Mendoza, Argentina.

- Mineral Profile of milk from Dairy Cattle at different physiological periods. Publicación en Biocell. Editorial Board. Vol 32. N° 2, 2008. ISSN 0327 -9545. Mendoza, Argentina.

- Comportamiento de macrominerales en la leche a lo largo de la lactancia en al región centro de Santa Fe- Argentina. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Volumen IX, N° 1, 2008. Editada por Veterinaria Organización. ISSN 1695-7504. <http://veterinaria.org/revista/redvet>

- Variación de la concentración de hierro y cinc en la leche vacas Holstein-Frieisian a lo largo de la lactancia en dos explotaciones tamberas. Revista Electrónica de Veterinaria. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. Volumen IX, N° 1, 2008. Editada por Veterinaria Organización. ISSN 1695-7504. <http://veterinaria.org/revista/redvet>

*Presentaciones a Jornadas y Congresos*

**XXIV Jornadas Científicas de la Asociación de Biología de Tucumán.** Noviembre 2007, Tafí del Valle- Tucumán. Variación de los minerales de la leche a lo largo de la lactación en la región centro de Santa Fe. Ediciones Magna. Tucumán – Argentina. ISBN 987-9390-75-X.

**XXIV Jornadas Científicas de la Asociación de Biología de Tucumán.** Noviembre 2007, Tafí del Valle- Tucumán. Perfil Mineral sérico en ganado lechero de la región centro de Santa Fe en distintos estados fisiológicos. Ediciones Magna. Tucumán – Argentina. ISBN 987-9390-75-X.

**VIII Jornadas de Divulgación Técnico Científicas 2007** de la Facultad de Ciencias Veterinarias de UNR. Casilda 6 de agosto. ISSN 1667-9326. Análisis del contenido mineral de la leche de bovinos lecheros durante la lactación en la región centro de Santa Fe. URN EDITORA.

**IX Jornadas de Divulgación Técnico Científicas 2008** de la Facultad de Ciencias Veterinarias de UNR. Casilda 6 de agosto. ISSN 1667-9326. Diagnóstico de deficiencias de macrominerales en suero y leche de bovinos lecheros alimentados bajo sistemas pastoriles.

**IX Jornadas de Divulgación Técnico Científicas 2008** de la Facultad de Ciencias Veterinarias de UNR. Casilda 6 de agosto. ISSN 1667-9326. Hierro y cinc en leche a lo largo de la lactación en la región centro de la provincia de Santa Fe.

**XJornadas de Divulgación Técnico Científicas 2009** de la Facultad de Ciencias Veterinarias de UNR. Casilda 16 de septiembre. Expositora.

Perfil metabólico: los minerales en bovinos lecheros en el periparto. (pág 205-206)



## ABREVIATURAS

AA: Absorción Atómica

$\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$ : gramos por día

$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ : miligramos por kilogramos

$\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  (ppm): microgramos por litro ó parte por millón

% MS: porcentaje de materia seca

$\text{v} \cdot \text{v}^{-1}$ : volumen por volumen

rpm: revoluciones por minutos

$\text{p} \cdot \text{v}^{-1}$ : peso por volumen

CC: Condición corporal

pa: proanálisis

$\lambda$ : longitud de onda

FAAS: Espectrofotometria de absorción atómica de llama

FIAS: espectrofotometría de absorción atómica de llama con generación de hidruros e inyección en flujo.

UV-VIS: radiación ultravioleta y visible.

## ÍNDICE GENERAL

	Páginas
Segunda Portada.....	ii
Bibliografía.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Publicaciones y presentaciones en Jornadas y Congresos.....	vii
Abreviaturas.....	ix
Índice General.....	x
Índice de Tablas.....	xiv
Índice de Figuras.....	xvii
Resumen y Palabras claves.....	xix
Summary and key words.....	xx
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo General.....	7
Objetivos Específicos.....	7
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1. Carencias y desequilibrios minerales en el tambo.....	9
2.2. Los minerales en el organismo animal.....	10
2.2.1. Macroelementos.....	10
2.2.1.1. Calcio (Ca).....	11
2.2.1.2. Fósforo (P).....	13
2.2.1.3. Magnesio (Mg).....	14
2.2.1.4. Sodio (Na).....	16
2.2.1.5. Cloro (Cl).....	17
2.2.1.6. Potasio (K).....	18
2.2.1.7. Azufre (S).....	19
2.2.2. Oligoelementos.....	20
2.2.2.1. Cinc (Zn).....	21
2.2.2.2. Cobre (Cu).....	22

2.2.2.3. Hierro (Fe).....	23
2.2.2.4. Selenio (Se).....	25
2.2.2.5. Manganeseo (Mn).....	26
2.2.2.6. Cobalto (Co).....	27
2.2.2.7. Iodo (I).....	28
2.3. Interacciones Minerales producidas según la composición de la dieta...	29
2.4. Exigencias minerales en la nutrición de bovinos lecheros.....	32
2.5. Antecedentes de deficiencias minerales en distintos países.....	33
2.6. Diagnóstico de deficiencias minerales dentro del perfil metabólico.....	39
2.7. Composición mineral de la leche producida por los bovinos.....	42
2.8. Fuente mineral de los alimentos consumidos por los animales en.....	44
2.9. Fuente mineral en el Agua de consumo para los bovinos lecheros.....	48
2.10. Condición Corporal (C.C).....	50
2.11. Cruza Jersey Holando en la Cuenca Lechera Santafesina.....	52
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	54
3.1. Descripción de los Establecimientos.....	55
3.2. Material biológico y de laboratorio.....	57
3.2.1. Animales.....	57
3.2.2. Alimentos consumidos por los animales.....	58
3.2.3. Material de laboratorio.....	60
3.3. Instrumental empleado para el estudio de los minerales.....	60
3.4. Reactivos Químicos.....	61
3.4.1. Método de muestreo: Toma de muestra, separación y conservación de.....	62
3.4.2. Toma de muestra y conservación de la leche de los bovinos.....	64
3.4.3. Toma de muestra y conservación del agua.....	64
3.4.4. Toma de muestra de los alimentos y su conservación.....	65
3.5. Determinación Analítica de minerales en diferentes muestras.....	66
3.5.1. Procesamiento de las muestras.....	66
3.5.1.1. Muestra de Leche.....	67
3.5.1.2. Muestra de los alimentos.....	68

3.5.2. Análisis Instrumental.....	69
3.5.2.1. Determinación de minerales en suero por Absorción Atómica.....	70
3.5.2.2. Determinación de minerales en leche por Absorción Atómica.....	72
3.5.2.3. Determinación de los minerales en los alimentos.....	74
3.5.2.4. Determinación de minerales en agua.....	76
3.5.3. Cálculo de las concentraciones de los minerales en las distintas.....	77
4. RESULTADOS.....	79
4.1. Características de los bovinos lecheros, de los alimentos y de los Campos objeto del estudio.....	80
4.1.1. Muestras de suero.....	80
4.1.1.1. Macrominerales.....	80
4.1.1.1.1. Calcio.....	80
4.1.1.1.2. Magnesio.....	82
4.1.1.1.3. Sodio.....	84
4.1.1.1.4. Potasio.....	86
4.1.1.1.5. Fósforo Inorgánico.....	88
4.1.1.2. Oligoelementos.....	89
4.1.1.2.1. Cobre.....	89
4.1.1.2.2. Hierro.....	91
4.1.1.2.3. Cinc.....	93
4.1.1.3. Determinación de la concentración de selenio en suero.....	95
4.1.2. Muestras de Leche.....	96
4.1.3. Muestras de Alimentos.....	100
4.2. Condición Corporal.....	106
5. DISCUSIÓN.....	109
5.1. Los macrominerales en muestra de suero.....	111
5.2. Los Oligoelementos en muestras de suero.....	117
5.3. Composición de macrominerales y oligoelementos en la Leche.....	120
5.4. Los Minerales en los Alimentos.....	124
5.5. Determinaciones en Muestras de Agua.....	129

6. CONCLUSIÓN.....	131
7. BIBLIOGRAFÍA.....	135
8. ANEXO.....	156
8. Anexo I. Composición mineral del esqueleto de mamíferos y en la leche de vaca.....	157
8. Anexo II. Requerimientos nutricionales.....	157
8. Anexo III. Valores de Referencia de minerales.....	158
8. Anexo III.1. Composición mineral en muestra de suero.....	158
8. Anexo III.2. Composición mineral de la leche de vaca de bovinos.....	159
8. Anexo III.3. Composición mineral de pasturas y aguas de bebida de bovinos.....	160
8. Anexo IV. Algunas de las concentraciones $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (ppm) y absorbancias para la construcción de las curva de calibración se presentan a continuación.....	163
8. Anexo IV.1. Gráficas de curvas de calibración.....	164
8. Anexo V. Resumen de valores promedios de los minerales obtenidos en las distintas muestras para los tres campos.....	166

## ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
TABLA 1	Clasificación de los Oligoelementos según Flachowsky en 2002, citado por Engelhardt and Breves, 2005... 20
TABLA 2	Criterios de clasificación de la Condición Corporal propuestos por Wagner et al., (1988)..... 50
TABLA 3	Campos, ubicación geográfica y características de los animales del ensayo realizado entre los años 2007 y 2008 en el departamento Las Colonias, provincia de Santa Fe..... 56
TABLA 4	Alimentos consumidos por las vacas lecheras en cada estado o período fisiológico en cada uno de los establecimientos del Departamento Las Colonias..... 59
TABLA 5	Interacción zona*período para el calcio..... 82
TABLA 6	Interacción zona* período para el magnesio..... 84
TABLA 7	Interacción zona* período para el sodio..... 86
TABLA 8	Interacción zona* período para el potasio..... 88
TABLA 9	Valores promedios y desvíos estándares de los niveles de fósforo inorgánicos en suero..... 89
TABLA 10	Interacción zona* período para el oligoelemento cobre..... 91
TABLA 11	Interacción zona* período para el oligoelemento hierro..... 93
TABLA 12	Interacción zona* período para el oligoelemento cinc..... 95
TABLA 13	Valores medios ( $\bar{X}$ ) y desvíos estándar (DS) de selenio en el posparto de tres campos de la región centro de Santa Fe, departamento Las Colonias..... 96
TABLA 14	Valores medios y desvíos estándares de macrominerales en muestras de leche para los estados fisiológicos de posparto y lactación en vacas lecheras de los campos de Pilar, Cuenca del Salado y Esperanza..... 98
TABLA 15	Valores medios y desvíos estándares de microminerales en muestras de leche para los estados fisiológicos de posparto y ... 99

TABLA 16	Valores medios de macrominerales y oligoelementos en muestras de forrajes verdes en los campos A, B y C.....	102
TABLA 17	Valores medios de macrominerales y oligoelementos en muestras de sorgo forrajero en los campos A y B.....	103
TABLA 18	Valores promedios y desvíos estándares obtenidos en las muestras de maíz molido del campo C de la región centro de la Provincia de Santa Fe.....	105
TABLA 19	Valores promedios y desvíos estándares obtenidos en las muestras de rollo de moha del campo B de la región centro de la Provincia de Santa Fe.....	105
TABLA 20	Valores promedios de las muestras de agua en los campos .....	106
TABLA 21	Condiciones corporales (CC) de los bovinos de leche en los estados fisiológicos de gestación de tres establecimientos lecheros del departamento Las Colonias en la provincia de Santa Fe.....	107
TABLA I	Contenido mineral en el esqueleto de los mamíferos y en la leche de vaca.....	157
TABLA II	Requerimiento Mineral en bovinos de leche en distintos períodos fisiológicos expresados en porcentaje de materia seca (% MS). * hace referencia a los niveles con sales aniónicas; de..	157
TABLA III	Indicadores del perfil mineral en bovinos lecheros y.....	158
TABLA IV-A	Promedios generales de valores de Macrominerales en leche según distintos autores a nivel mundial y regional.....	159
TABLA IV-B	Promedios generales de valores de Microminerales en leche según distintos autores a nivel mundial.....	159
TABLA V	Promedios y desvíos estándar, de la composición mineral en muestras de pasto y la frecuencia relativa en el NE de Santa Fe, Mufarrege; 1999.....	160
TABLA VI	Clasificación de los forrajes según su calidad a partir de la concentración de minerales en Venezuela.....	160

TABLA VII	Valores normales de la concentración de minerales y digestibilidad en forrajes.....	161
TABLA VIII	Minerales en el agua de bebida. (VN): valor normal.....	162
TABLA IX	Clasificación de las aguas según su dureza por Jim Linn, 2008.....	163
TABLA X	Clasificación del agua de bebida para consumo de bovinos según Bavera ; 2006.....	163
TABLA XI-A	Valores de absorbancia y concentraciones de Ca, Mg, Fe, Zn y Cu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).....	163
TABLA XI-B	Valores de unidades de emisión y concentración $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ppm) de Na y K.....	164
TABLA XII-A	Volores promedios de las distintas muestras del campo A.....	166
TABLA XII-B	Volores promedios de las distintas muestras del campo B	167
TABLA XII-C	Volores promedios de las distintas muestras del campo C	168



## ÍNDICE DE FIGURAS

		Páginas
FIGURA 1-	Concentraciones medias de Calcio (Ca) sérico de vacas lecheras, en cuatro períodos del ciclo productivo (gestación, parto, posparto, lactación), en tres campos de la región central de Santa Fe.....	81
FIGURA 2-	Análisis estadístico por el programa InfoStat ( $\bar{X} \pm DS$ ) de los datos correspondientes al Magnesio (Mg) sérico de vacas lecheras en 4 períodos del ciclo productivo (gestación, parto, posparto, lactación) en tres Campos de la región central de Santa Fe.....	83
FIGURA 3-	Valores medios y desvío estándar de sodio en muestras de suero de vacas lecheras en los períodos fisiológicos de gestación, parto, posparto y lactación en tres Campos de la región centro de Santa Fe.....	85
FIGURA 4-	Valores medios y desvío estándar de potasio en muestras de suero de vacas lecheras en los períodos fisiológicos de gestación, parto, posparto y lactación en tres Campos de la región centro de Santa Fe.....	87
FIGURA 5-	Concentraciones medias y desvío estándar del oligoelemento Cobre en muestras de suero de vacas lecheras; estudio realizado en 4 períodos del ciclo productivo (gestación, parto, posparto y lactación) en tres campos de la región central de Santa Fe.....	90
FIGURA 6-	Valores medios y desvío estándar de Hierro ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) en muestras de suero de vacas lecheras en 4 períodos del ciclo productivo (gestación, parto, posparto y lactación) de tres Campos de la región centro de Santa Fe, departamento Las Colonias.....	92

FIGURA 7-	Valores medios y desvío estándar del cinc en muestras de suero de vacas lecheras en los períodos fisiológicos de gestación, parto, posparto y lactación en tres Campos de la región centro de Santa Fe.....	94
FIGURA 8-A	Valores promedios de los macrominerales Ca, Mg, P, Na, K (% MS) en pastura de alfalfa de los campos A, B y C.....	100
FIGURA 8-B	Valores promedios de los oligoelementos Zn, Cu, Mo ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) en pastura de alfalfa de los campos A, B y C.....	101
FIGURA 9-A	Valores promedios de los macrominerales Ca, Mg, P, Na, K (% MS) en muestras de silo de maíz de los campos A, B y C.....	104
FIGURA 9-B	Valores promedio de los oligoelementos Zn, Cu y Mo en muestras de silo de maíz en los campos A, B y C.....	104
FIGURA 10	Valores medios de la Condición Cortporal (CC) en el periparto (parto y posparto) de bovinos lecheros de tres establecimientos del departamento Las Colonias, provincia de Santa Fe.....	107
GRÁFICA - I	Curva de calibración concentración versus absorbancias de los macrominerales calcio y magnesio y de oligoelementos cobre, hierro y cinc, expresadas en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ aplicada para calcular la concentración en las distintas muestras.....	165
GRÁFICA- II	Curva de calibración unidades de emisión versus concentración expresada en $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ aplicada para calcular la concentración de potasio en las distintas muestras que se analizaron en la tesis.....	165

## RESUMEN

Los minerales son nutrientes esenciales que representan un 5% del peso vivo en el bovino. Las carencias y desequilibrios de minerales en la nutrición animal afectan la producción, reproducción y la salud. El ganado lechero cumple una destacada función productiva dentro de la economía de la región central de Santa Fe, principal cuenca lechera Argentina. Se pudo observar  $p < 0,05$  para las variables Cu, Zn, Fe, Mg, Ca, Na y K en suero entre los valores de los distintos campos, debido al manejo nutricional distinto y en el caso del campo C a la presencia de animales de la craza Holstein - Jersey que están más adaptados a las elevadas temperaturas y a la humedad de la región. En los tres establecimientos se evidenció hiponatremia durante el período de lactación y no se diagnosticó anemia. A lo largo de los estados fisiológicos en los distintos campos, se observó heterogeneidad en la leche. Las grandes concentraciones de cinc en la composición mineral del pasto, antagoniza ante la presencia de altas concentraciones de hierro y molibdeno de la dieta, caso que se observó en el campo A. Los resultados obtenidos brindan información a los productores y profesionales asesores de tambos.

**Palabras claves:** minerales, Holstein-Friesian, nutrición, producción.

## SUMMARY

Minerals are essential nutrients that represent 5% of live weight in the bovine. Lacks and disorders of minerals in animal nutrition affect the production, reproduction and health. Dairy cattle performs an outstanding productive function in the economy of the central region of Santa Fe, which is the principal milkshed in Argentina. There were significant differences ( $p < 0,05$ ) for the variables Cu, Zn, Faith, Mg, Ca, Na and K in serum among the values of the different fields due to different nutritional management. In the case of field C it was due to the presence of animals of Holstein-Jersey crosses, which are more adapted to the high temperatures and the humidity of the region. In the three fields hiponatremia was evidenced during the period of lactation but anemia wasn't diagnosed. During the physiologic states in the different fields, heterogeneity was observed in the milk. The big concentrations of zinc in the mineral composition of the grass, antagonizes with the presence of high iron concentrations and molybdenum in the diet, which was observed in field A. The results obtained offer information to the producers and professional advisors in dairy farms.

**Key words:** minerals, bovine, nutrient, production

# **1. INTRODUCCIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN

Las carencias y desequilibrios de minerales en la nutrición animal, afectan la producción, reproducción y la salud; alterando procesos metabólicos, la eficiencia de la fertilidad, la funcionalidad de las biomoléculas y los tejidos.

En este cuadro de situación nutricional, los síntomas entre otros, se presentan en los animales jóvenes con retardo en el crecimiento y problemas osteoarticulares. Por otra parte, en los animales adultos predominan principalmente problemas reproductivos.

Es muy importante la intervención de los minerales en el metabolismo ruminal, ya que los microorganismos presentes en este medio requieren de estos nutrientes para lograr su óptimo crecimiento, reproducirse y degradar los alimentos. Gran parte de las disminuciones que se suscitan en la producción de los rumiantes por deficiencia de minerales, se debe a una baja eficiencia en la conversión alimenticia, debido a una menor digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes (Acharya *et al.*, 1968; Blodd *et al.*, 1986; Bavera 1987; Jackson *et al.*, 1988; Gooneratne *et al.*, 1989).

Las enfermedades carenciales no presentan una única causa. Cuando la ingesta de alimentos es insuficiente en la concentración mineral, la deficiencia se clasifica como primaria o simple y como deficiencia secundaria o condicionada cuando ocurre por interacción o interferencia por parte de otros elementos presentes en el alimento que impiden la correcta absorción mineral (Coppo *et al.*, 1992; Underwood and Suttle, 1999).

Los minerales son nutrientes esenciales que representan aproximadamente un 5% del peso vivo en el bovino. Han sido reconocidos más de veintiséis elementos requeridos como esenciales (calcio, fósforo, sodio, azufre, cobre, hierro, selenio, flúor, bario,

romo, bromo, litio; etc.), no todos causan problemas nutricionales que puedan ser resueltos con suplementación (Repetto *et al.*, 2004; Bavera, 2005).

Un elemento mineral se lo considera esencial para el animal cuando:

- ◆ Siempre está presente en concentraciones semejantes en cada individuo sano de la misma especie.
- ◆ En la misma especie sigue el mismo patrón en los diferentes tejidos que lo contienen.
- ◆ Una deficiencia del mismo en la dieta consumida produce en el animal, cambios bioquímicos definidos en los tejidos y síntomas clínicos y/o subclínicos característicos.
- ◆ Los síntomas clínicos y/o subclínicos de deficiencia y cambios bioquímicos en los tejidos pueden prevenirse o eliminarse con la adición del elemento a la dieta (suplementación mineral) y/o por vía parenteral (medicación).

En general, se reconoce que los suelos y pasturas tropicales pueden llegar a ser deficitarios en muchos minerales. Por otro lado, las interrelaciones existentes y el efecto suelo, afectan el aprovechamiento y biodisponibilidad (Ammerman and Miller, 1972; Bremmer *et al.*, 1987).

Por lo tanto, una enfermedad carencial se define como, los estados deficitarios de uno o más componentes minerales de la alimentación, que no llegan a cubrir los requerimientos del animal, siendo consideradas estas carencias, desbalances e interferencias en la nutrición mineral como enfermedades metabólicas (Bavera, 2006).

Los minerales pueden ser clasificados en: macrominerales o macroelementos y microminerales u oligoelementos.

Los macroelementos son los minerales que los animales requieren en cantidades del orden de  $\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$  o como porcentaje de materia seca (MS) consumida en la ración de alimentos; entre ellos se encuentran: el calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloro y

azufre. Estos minerales se distribuyen en mayor proporción en los tejidos de sostén (como los huesos) y contribuyen con el mantenimiento de las propiedades fisicoquímicas del ambiente ruminal (capacidad buffer, presión osmótica y tasa de dilución). Son componentes celulares y activadores enzimáticos; además, son imprescindibles para mantener las funciones vitales y por lo tanto deben ser aportados por la dieta.

Las necesidades de oligoelementos se expresan en  $\text{mg} \cdot \text{día}^{-1}$  ó como ppm (parte por millón) de materia seca, ellos son: el cobre, cinc, hierro, molibdeno, selenio, cobalto, manganeso, yodo, entre otros. Ellos cumplen la función de activadores o cofactores enzimáticos del tipo iones metálicos; forman parte de las hormonas; participan del transporte de oxígeno y además regulan reacciones enzimáticas microbianas a nivel ruminal. Juegan un rol importante en el mantenimiento del desarrollo fetal, función reproductiva y actividad inmunitaria, entre otras (Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 2001). El sistema inmunológico requiere de oligoelementos para funcionar adecuadamente, como el cobre, selenio, zinc y cobalto (Andrews, 2005).

Entre los efectos negativos provocados por las deficiencias minerales está la disminución del apetito y la digestibilidad, y algunas patologías asociadas como anemias, deformaciones de pezuñas, alopecia, decoloración del pelo, bocio, tetania, cojeras, reducción del crecimiento, disminución de la fertilidad. Gran parte de las pérdidas en la producción de los rumiantes que se suscitan por deficiencias minerales, se deben a una baja eficiencia de conversión alimenticia, provocada por la ausencia de minerales a nivel ruminal o por encontrarse en concentraciones inadecuadas.

Una deficiencia mineral a este nivel determina alteraciones en el metabolismo de los microorganismos, lo que provoca una baja en la tasa de crecimiento de los mismos,



siendo la resultante una menor digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes (Corbellini, 1998; Costa, *et al*; 2003; Bavera, 2006).

A partir de los años ochenta y sobre todo en los noventa, el modelo de tambo fue cambiando desde un sistema eminentemente pastoril a otro de tipo semipastoril, con genética importada y aumento del número de vacas en ordeño por hectárea.

La producción de leche en la República Argentina proviene (según los datos del último Censo Nacional Agropecuario realizado en 2002), de un total de 15.520 establecimientos tamberos, con 1.495.551 vacas en producción.

Las provincias con mayor cantidad de tambos en 2002 fueron: Santa Fe (4.020 tambos), Córdoba (3.835 tambos) y Buenos Aires (3.117 tambos bovinos).

Santa Fe es la principal provincia lechera del país, tanto por su volumen de producción como por la importancia que tradicionalmente tuvo la actividad en el desarrollo de algunas ciudades. La provincia cuenta con dos cuencas: Santa Fe centro y Santa Fe sur que aportan el 90 % y el 9 % respectivamente de la producción total de la provincia.

La mayor parte de la producción lechera de Santa Fe, se encuentra en la región centro en los departamentos: Castellanos, Las Colonias, San Cristóbal y San Martín, que concentran más del 75 % de los tambos y de las vacas y junto al este de Córdoba, conforman la Cuenca Lechera Centro (Central) del país. Los departamentos Castellanos y Las Colonias participan además con algo más del 50 % de la producción y dotación de vacas lecheras de la provincia.

Por lo tanto, el ganado lechero cumple con una destacada función productiva dentro de la economía de la Región Centro de Santa Fe, basada principalmente en la exportación de su producción. Castignani *et al.* (2008) sostienen que la provincia de

Santa Fe, ha contribuido durante los últimos diez años con alrededor del 30% de la producción nacional de leche.

En la actualidad, no se dispone de datos regionales actualizados de microminerales en fluidos biológicos de bovinos lecheros. Debido al interés de los productores por conocer el contenido en selenio de sus rodeos; por las patologías que causa su deficiencia, se han desarrollado técnicas analíticas de detección del mineral por AA en la ciudad de Santa Fe, en el laboratorio central de la Facultad de Ingeniería Química de la UNL.

Por lo anteriormente expuesto, se torna relevante caracterizar el perfil mineral en bovinos lecheros en determinados campos representativos de la región centro de Santa Fe, específicamente del departamento Las Colonias y evitar de esta manera el impacto negativo en la salud, la producción y la reproducción que causa un déficit o carencia mineral.

### OBJETIVO GENERAL

La presente tesis tiene como objetivo primordial, la caracterización del perfil mineral en distintas etapas del periodo productivo en bovinos lecheros de tres establecimientos de la región centro de Santa Fe, a fin de ajustar si fuera necesario, la nutrición de los mismos en caso de detectar deficiencia o carencia mineral que afecten la salud, reproducción o la producción láctea.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el perfil mineral de bovinos lecheros en cuatro etapas o periodos fisiológicos a saber: gestación, parto, posparto y lactación; mediante el análisis de minerales en muestras de suero.
- Analizar la composición de nutrientes minerales de la leche en dos etapas de la lactancia: 15 días posparto y lactación avanzada (60 días posparto).
- Detectar posibles interacciones de los minerales de importancia nutricional, con otros componentes presentes en el alimento que puedan ocasionar deficiencias secundarias de minerales esenciales en vacas lecheras.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 *Carencias y desequilibrios minerales en el tambo*

Las enfermedades carenciales afectan a todas las categorías de los animales sin importar el tipo de explotación ganadera. Se las puede reconocer en determinadas zonas geográficas en relación con la composición del suelo y/o agua de bebida, según las condiciones climáticas, la época del año y el estado vegetativo de las plantas. Además, entra en juego el estado fisiológico y sanitario de cada animal en particular.

Las deficiencias de minerales dependen o están influenciadas por la ubicación geográfica; el tipo y la calidad del suelo afectan el contenido mineral del forraje. El tener información sobre las carencias más comunes de la zona, es de gran ayuda para prediagnosticar la situación y de esta manera, poder prevenir o eliminar el problema con la adición o suplementación del elemento en la dieta y/o por vía parenteral, según sea más conveniente (Repetto, 2004).

Los rodeos más afectados son los que están alimentados exclusivamente a base de pasturas y/o forrajes conservados de mala calidad, rollos, silos (Corbellini y Carrillo, 1985). Por otra parte, el incremento en la producción lleva a que los requerimientos nutricionales sean cada vez más altos y el potencial genético suele transformarse en un factor negativo sino va acompañado de una dieta adecuada (Mc Dowell y Conrad, 1984; Corbellini y Carrillo, 1985).

Según el Dr. Carlos Corbellini, las “enfermedades de la producción” de mayor impacto económico son la hipocalcemia ó hipomagnesemia subclínicas, partos distócicos, retención de placenta, metritis, edema de ubre, enfermedad ovárica quística, enfermedades podales, mastitis clínica y distintas manifestaciones de fallas

reproductivas (anestro, mortalidad embrionaria, vacas repetidoras de servicios, etc.) (Corbellini *et al.*, 2007). Estas enfermedades, están relacionadas con desbalances ó errores en la alimentación preparto y posparto inmediato (Holmes *et al.*, 2002).

## 2.2. *Los minerales en el organismo animal*

Los minerales son elementos inorgánicos que pueden estar formando parte de una sal o combinados con otros elementos propios de compuestos orgánicos como el carbono, hidrógeno, oxígeno ó nitrógeno (Underwood, 1983). Ellos están en una proporción del 2 % al 5 % del peso total del animal como compuestos inorgánicos, y tienen funciones esenciales tanto en la estructura de tejidos y biomoléculas, como en el propio metabolismo animal (Spears, 1998; Engelhardt and Breves, 2005).

### 2.2.1 Macroelementos

Los macroelementos calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), cloro (Cl), y azufre (S), se encuentran en una concentración superior a 50 mg por kg de peso vivo en los mamíferos. Estos siete elementos son imprescindibles para mantener las funciones vitales y por lo tanto deben ser aportados continuamente por la dieta. En el organismo, la mayor proporción de los elementos polivalentes: calcio, fósforo y magnesio, se encuentran en los huesos y en los dientes.

Cuanto más intensa sea la mineralización del esqueleto, más duro será el tejido óseo. Los macroelementos monovalentes del organismo: potasio, sodio y cloro, se encuentran esencialmente en los tejidos blandos. Mientras que el potasio se encuentra sobre todo en el líquido intracelular, el sodio y el cloro se encuentran principalmente en el extracelular. Esto explica por qué la concentración en el plasma sanguíneo de estos dos

últimos elementos citados es sensiblemente superior a la del resto de los minerales (Underwood and Suttle, 1999; Engelhardt and Breves, 2005).

#### 2.2.1.1 Calcio (Ca)

El cuerpo de los animales contiene entre 9 a 13 g·kg<sup>-1</sup> de peso vivo de calcio (Ca). La mayor parte del calcio del organismo, un 99%, aparece en la matriz de los huesos y de los dientes formando parte del compuesto hidroxiapatita. El 1% restante, es muy importante e interviene en la contracción muscular, sensibilización nerviosa y coagulación de la sangre. En el plasma, el calcio total se presenta de dos formas: una, libre ionizada y la otra, orgánica asociada a moléculas tales como proteínas, principalmente albúmina (cerca de 45 %) o ácidos orgánicos (cerca del 10 %). Estas dos formas están en equilibrio y su distribución final depende del pH, de la concentración de albúmina o de la relación ácido-base. Cuando existe acidosis, la tendencia es de aumentar la forma ionizada. El calcio es un macromineral que está íntimamente relacionado con el metabolismo animal (González, 2000; Engelhardt and Breves, 2005).

Se sabe que este elemento se une a una molécula inactiva de calmodulina para formar un complejo activo que regula el metabolismo intermedio en el interior de la célula (Contreras *et al.*, 1990; Kincaid, 1993).

La absorción de calcio en el intestino disminuye con la edad. Otros factores que afectan la absorción en intestino son: la relación Ca: P de los alimentos (relación óptima 2:1 en peso), la cantidad de proteína de la dieta, la ingesta excesiva de magnesio, la suplementación excesiva de vitamina D<sub>3</sub>. El firme control endócrino para el calcio hace que sus niveles varíen muy poco comparado con el fósforo y el magnesio. Por lo tanto,

el nivel sanguíneo de calcio es un buen indicador del estado nutricional (Spears, 1999; González, 2000).

Pueden producirse pérdidas endógenas de Ca con la leche, la orina y la bilis. La secreción de calcio con la leche es un proceso activo y se mantienen relativamente constantes los niveles de Ca en la leche (Buchman, 1992). La excreción de calcio a través de los riñones se realiza bajo la influencia de la hormona paratiroidea y normalmente representa tan solo el 2 % o 3 % de la pérdida total. Se desconocen los factores que influyen sobre la secreción de calcio hacia el intestino a través de la bilis (Chao *et al*, 1985; Glauber, 2008).

Entre las funciones principales el Ca, se puede decir que proporciona estabilidad y garantiza la mineralización del esqueleto; transmite el impulso nervioso y los estímulos y participa como cofactor en la coagulación sanguínea (Engelhardt, 2005; Bačić *et al*, 2007). En los animales más viejos se reduce la capacidad de movilizar las reservas de calcio cuando ocurren desequilibrios, por lo tanto son más susceptibles a sufrir hipocalcemia.

Una carencia leve puede disminuir la producción de leche. Una deficiencia grave puede ocasionar cambios óseos similares a los originados en la deficiencia de fósforo y también hipocalcemia, que puede llevar a la muerte. Los niveles reducidos de calcio en sangre provocan tetania y convulsiones en los rumiantes (Overton and Waldron, 2004).

La intoxicación por exceso calcio es rara, debido a que los alimentos con niveles elevados de calcio son poco apetecibles para los animales. Un exceso origina la calcificación de tejidos blandos (Underwood, 1983; Kincaid, 1993; Rosol, 1995; González, 2000; Bavera, 2006).



### 2.2.1.2 Fósforo (P)

El contenido de fósforo (P), en los animales es de 4 a 7 g · kg<sup>-1</sup> del peso vivo. La mayor parte del P se incorpora al hueso denso en forma de cristales de hidroxiapatita con escasa disponibilidad. Se cree que parte de P, junto con el Ca y otros minerales, se adhieren a la superficie del hueso y puede ser liberado rápidamente. Los tejidos blandos son también una reserva de fósforo.

Se absorbe en forma de ortofosfato. La absorción del fósforo es aumentada por la vitamina D<sub>3</sub> que puede cambiar la permeabilidad de las membranas, alterar la configuración de un transportador de fósforo, o estimular la formación de puntos de bombeo. La digestión del fósforo de la dieta es distinta en rumiantes que en no rumiantes. La fitina, que representa una buena proporción del P de los vegetales, es hidrolizada en gran parte en el rumen. Los efectos perjudiciales del fitato sobre la absorción de Ca, Zn y otros elementos minerales son menores en los rumiantes, porque el fitato es degradado. Además, son liberadas cantidades importantes de P procedentes de los microbios en el tracto intestinal debido a la gran actividad de RNAasa y DNAasa en los rumiantes (Kincaid, 1993; Salazar, 2005; Hernández Vieyra, 2008).

Muchos factores influyen sobre los niveles de P inorgánico en plasma: los niveles dietéticos de Ca, P, Mg, vitamina D, la edad, la época de parto, la estación del año, la lactación y la gestación. Pueden influir las variaciones horarias o diurnas.

En general, el plasma refleja el consumo de fósforo con la dieta. Tiende a descender en muestras de sangre al momento del parto y cuando es máxima la producción de leche (Kincaid, 1993, Salazar, 2005).

Las funciones del P son, entre otras: proporcionar estabilidad y garantizar la mineralización del esqueleto, almacenar y transmitir la información genética en forma

de ácidos nucleicos, transportar energía (ATP/ADP) y almacenarla en forma de fosfato de creatina, formar parte de las membranas en forma de fosfolípidos y participar en los sistemas tampón (Kincaid *et al.*, 1981; Engelhardt and Breves, 2005; Bavera, 2006).

La deficiencia de fósforo no tiene efectos inmediatos. A largo plazo, causa retardo en el crecimiento, osteoporosis progresiva, infertilidad y disminución en la producción de leche. La gravedad de la parécia en el parto está relacionada con la magnitud del descenso tanto de Ca como de P inorgánico en el plasma (Contreras *et al.*, 1990; Overton and Waldron, 2004). Las vacas lecheras lactantes son tolerantes ante consumos elevados de fósforo. Los excesos pueden causar disminución en la absorción intestinal de los minerales: magnesio, cinc, cobre y manganeso (Horst, 1986; González, 2000).

#### 2.2.1.3 Magnesio (Mg)

El contenido mineral de magnesio, en los animales es de  $0,3 - 0,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de peso vivo (Engelhardt and Breves, 2005). La saliva contiene  $6 \text{ a } 10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Los niveles en sangre de Mg raramente superan el umbral de  $2,5 \text{ a } 3,3 \text{ mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ , lo que refleja la capacidad de reabsorción en la rama ascendente del riñón.

La absorción del Mg tiene lugar en rumen, omaso, intestino delgado y colon y probablemente sea por dos mecanismos. Uno de los mecanismos es activo y saturable, el cual constituye la principal vía de absorción mientras son bajos los consumos de magnesio.

El segundo mecanismo, pasivo y no saturable es la vía de absorción cuantitativa durante los períodos de consumo elevado o excesivo de Mg. Como la absorción de este

macroelemento depende de energía, las raciones pobres en ella pueden reducir su absorción (Fontenot and Allen, 1989; Kincaid, 1993).

La absorción del magnesio es alterada por K, Ca, grasa, sulfato, fosfato, citrato y la transaconitasa, además por algunos productos de la fermentación incluyendo el NH<sub>3</sub>, ácidos grasos volátiles, ácido láctico, CO<sub>2</sub> y ácidos grasos de cadena larga. Cuando son elevadas las concentraciones de amoníaco en el rumen, la absorción de magnesio disminuye y puede dar lugar a la formación de fosfato amoníaco de magnesio insoluble (Contreras *et al.*, 1990; Campos *et al.*, 2007). La pérdida de magnesio a través del sudor durante la época calurosa representa el 25 % de la pérdida diaria total. En la orina aparece estrechamente correlacionado con el Mg absorbido.

Las funciones del magnesio son: transmitir estímulos e impulsos nerviosos; actuar como cofactor de más de 300 enzimas; participa en la composición química de los huesos y en la actividad neuromuscular (Kincaid, 1993; Engelhardt and Breves, 2005).

Los síntomas de deficiencia de Mg incluyen contracciones musculares y temblor, vértigo, ataxia, nistagmos, debilitación muscular y debilidad, excitabilidad, calcificación de los tejidos blandos, hiperemia, convulsiones, taquicardia, apatía, latidos ventriculares prematuros y taquicardia ventricular y fibrilación, coma y muerte. La ingestión de cantidades excesivas de Mg provoca diarrea, cuya intensidad está íntimamente relacionada con los niveles del mineral presente en la dieta. El mal sabor de la mayoría de las fuentes de magnesio limita la probabilidad de que el vacuno consuma niveles tóxicos (Kincaid, 1993; Andrews, 2005; Engelhardt and Breves, 2005; Bavera 2006).

#### 2.2.1.4 Sodio (Na)

La transferencia de Na y agua tiene lugar a través de la pared del rumen desde el interior del rumen como respuesta a la presión osmótica del líquido ruminal. El contenido de sodio es de 1,0 a 1,5 g · kg<sup>-1</sup> del peso vivo en los animales.

Las sales de sodio de los alimentos o de los suplementos minerales se solubilizan y absorben en el intestino delgado por transporte activo, a través de la bomba Na-K-ATPasa. A nivel del colon la absorción es electrogénica. La entrada del sodio en la célula de la mucosa intestinal puede ocurrir a través de un mecanismo de transporte para el Na, o puede difundirse simplemente a través de canales hidrofílicos altamente selectivos. Se excreta principalmente a través de la orina como sal por acción de la aldosterona y en menor proporción a través de las heces y el sudor (Kincaid, 1993; González, 2000; Engelhardt and Breves, 2005). El organismo animal posee mecanismos homeostáticos eficaces que le permiten adaptarse muy bien a un consumo reducido de este elemento (Underwood, 1983).

En situaciones de carencia, el sodio se conserva disminuyendo la cantidad excretada en la leche, heces y orina y en el caso de la saliva puede ser sustituido por el potasio para mantener valores normales en los fluidos (Underwood and Suttle, 1999). Las funciones del Na son: mantener la presión osmótica del líquido extracelular y el equilibrio hídrico; participar del transporte a través de las membranas (bomba de iones); neutralizar aniones de tampón segregados (por ejemplo, carbonatos y fosfatos); participar en la conducción nerviosa, en el transporte activo de nutrientes y en la contracción muscular (Engelhardt and Breves, 2005).

La deficiencia de sodio, puede aparecer en vacas lactantes, que consumen pastos muy desarrollados que fueron abonados con potasio y nitrógeno. La deficiencia de

sodio se puede presentar si se mantienen niveles muy bajos, durante algún tiempo y no se les suministra un suplemento de sal (Underwood, 1983; Jim, 2005). A medida que progresa la deficiencia se produce pérdida de peso, temblores incoordinación, arritmias cardíacas y muerte. El consumo excesivo de sal provoca anorexia grave, anhidremia, pérdida de peso y colapso del ganado (Weisinger, 1982; Bavera y Bocco, 1987; Kincaid, 1993).

#### 2.2.1.5 Cloro (Cl)

El contenido de cloro (Cl), en los animales es de 0,8 a 1,2 g · kg<sup>-1</sup> de peso vivo. El Cl puede ser absorbido a través de la pared del rumen contra un gradiente de concentración de aproximadamente unas 10 veces. La mayor parte de la absorción del cloro tiene lugar en tramos digestivos posteriores al rumen (Kincaid, 1993).

El organismo animal posee mecanismos homeostáticos muy eficaces que le permiten adaptarse muy bien a consumos reducidos de Na y Cl de la dieta. Dichos mecanismos pueden ser efectivos durante amplio período de tiempo, excepto cuando se eliminan cantidades relativamente grandes de sodio y cloro con la leche o sudor, o se incorporan a los fluidos o tejidos orgánicos cuando el crecimiento es rápido. Cuando la dieta es reducida en su contenido, disminuyen las pérdidas de cloro con las heces y orina como parte del mecanismo homeostático (Underwood, 1983; Engelhardt and Breves, 2005).

Las funciones del Cl son; mantener la presión osmótica del líquido extracelular; controlar el equilibrio hídrico; formar parte del ácido clorhídrico en la mucosa gástrica y activar la pepsina en el estómago. El cloro también interviene en la regulación del balance ácido-base y en el intercambio de electrolitos (Underwood, 1983; McDowell, 1992; Engelhardt and Breves, 2005).

Las consecuencias de la deficiencia de Cl incluyen hiponatremia, hipocloremia, hipocalemia, alcalosis y aumento de renina en el plasma. Otros síntomas incluyen menor crecimiento, descenso de la producción de leche, reducción en el consumo animal (de pienso), y deshidratación. El cloro tiene una función específica con la angiotensina, dado a que este mineral activa la enzima que convierte la angiotensina I en angiotensina II, ésta última es vasoconstrictora y es inactivada por la angiotensinasa dependiente de cloro. Por consiguiente este macroelemento puede intervenir en el aumento de la presión sanguínea (Kincaid, 1993; Horta, 1994).

#### 2.2.1.6 Potasio (K)

El contenido de potasio (K), presente en los animales es de 1,5 a 2,0 g · kg<sup>-1</sup> de peso vivo. El 99 % del potasio de los forrajes aparece en la fracción soluble de las células. El intestino delgado es el principal órgano de absorción. La mayor parte del K endógeno se pierde con la orina y la excreción es promovida por la aldosterona.

El potasio es intercambiado por el hidrógeno o reabsorbido en el interior del túbulo renal. Las funciones del potasio son: transportar a través de las membranas por intermedio de bomba de iones, intervenir en la contracción muscular y transmitir el impulso nervioso (Engelhardt and Breves, 2005). El K junto con el Na y el Cl son responsables de mantener la presión osmótica (intracelular), regular el equilibrio ácido-base y de controlar el equilibrio hídrico en el organismo (Pérez Carrera *et al.*, 2007).

La deficiencia marginal de potasio generalmente afecta al desempeño productivo y reproductivo de los animales. La rigidez muscular, los disturbios nerviosos, la pérdida

de la flexibilidad del pelo, acidosis o pérdida de las funciones orgánicas vitales están asociadas a carencias severas del mineral monovalente (McDowell, 1992).

Los elevados consumos de K se asocian con tetania de la hierba y pueden contribuir a la presentación de edema de la ubre (Sánchez *et al.*, 1997; Buffarini *et al.*, 2007-2008). También provoca como efecto un aumento de potasio y sodio en plasma; descenso del volumen del plasma; aumento de la frecuencia de micción; descenso del pH de la sangre y aumento de la frecuencia respiratoria (Kincaid, 1993).

#### 2.2.1.7 Azufre (S).

Los rumiantes pueden utilizar eficazmente el sulfato de la dieta para la síntesis de aminoácidos. La formación de sulfuro en el rumen ejerce efectos adversos sobre la biodisponibilidad de Cu al formarse sulfuro de cobre (II) insoluble.

Los consumos elevados de S aumentan la excreción de Se. Aunque Se y S forman análogos estructurales, no se ha demostrado que el azufre reemplace al selenio en su actividad biológica.

Las funciones del azufre es de componer: aminoácidos sulfurados (metionina y cisteina), vitaminas hidrosolubles como la biotina y tiamina y mucopolisacáridos. También participa en reacciones de desintoxicación (Engelhardt and Breves, 2005).

La deficiencia de S origina en el animal adelgazamiento, falta de apetito y embotamiento; origina también pérdida de lana en las ovejas. Si no es corregida, la deficiencia conducirá a un adelgazamiento extremo y muerte. Los síntomas de las intoxicaciones son anorexia, pérdida de peso, posible enfisema pulmonar y necrosis hepática (Kincaid, 1993; Bavera, 2006; Feer *et al.*, 2007).

### 2.2.2 Oligoelementos

Se consideran oligoelementos, algunos componentes esenciales de la dieta y de los animales que aparecen en concentraciones menores o iguales a  $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de la materia seca y en general por debajo a 20 ppm en los tejidos.

Actualmente se consideran que existen 24 oligoelementos imprescindibles para la vida. Los oligoelementos se clasifican en tres grupos que se presentan en la tabla 1. Los oligoelementos clásicos se distinguen de los ultra-oligoelementos en que casi siempre, deben ser un complemento de la ración para evitar su carencia.

Clasificación de los Oligoelementos	
Clásicos	Los más importantes son: hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), selenio (Se), yodo (I), cobalto (Co). En este grupo se consideran también al molibdeno (Mo), el cromo (Cr) y el flúor (F).
Ultra-oligoelementos	Compuesto por: aluminio (Al), arsénico (As), boro (B), bario (Ba), bromo (Br), cadmio (Cd), cesio (Cs), litio (Li), níquel (Ni), plomo (Pb), rubidio (Rb), silicio (Si), estaño (Sn), y vanadio (V).
Elementos tóxicos	Representados por: arsénico (As), flúor (F), cadmio (Cd), mercurio (Hg), plomo (Pb).

TABLA 1: Clasificación de los Oligoelementos según Flachowsky en 2002, citado por Engelhardt and Breves, 2005.

Existen otros elementos como por ejemplo, plata (Ag), oro (Au), berilio (Be), bismuto (Bi), galio (Ga), germanio (Ge), platino (Pt), antimonio (Sb), escandio (Sc), estroncio (Sr), telurio (Te), titanio (Ti), talio (Tl), uranio (U), wolframio (W), itrio (Y) y circonio (Zr), que también pueden aparecer en el organismo animal a concentraciones más elevadas que los oligoelementos. Sin embargo no existen pruebas de que sean esenciales. Se debe tener en cuenta que en exceso todos los elementos pueden tener efecto tóxico (Engelhardt and Breves, 2005).



### 2.2.2.1 Cinc (Zn)

El contenido de cinc (Zn), en los animales es de  $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de peso vivo. El principal lugar de absorción en los mamíferos es en el intestino delgado y en los rumiantes en particular a nivel del abomaso, mediante el mecanismo de absorción pasivo en la mucosa, donde se une a proteínas. Este oligoelemento se excreta principalmente a través de las heces, muy poco por vía renal y sudor (Engelhardt and Breves, 2005).

El cinc es un oligoelemento esencial que actúa como activador en más de 200 sistemas enzimáticos (alcohol deshidrogenasa, ADN polimerasa, ARN polimerasa, carboxipeptidasa, piruvato deshidrogenasa, anhidrasa carbónica), los mismos, están involucrados en el metabolismo de proteínas, hidratos de carbono, ácidos nucleicos, lípidos, estabiliza las membranas biológicas y previene enfermedades estabilizando las células epiteliales (Baran, 1995).

Las carencias de cinc disminuyen considerablemente la incorporación de diversos aminoácidos a proteínas de la piel. La deficiencia en los estados iniciales de la enfermedad o en forma subclínica puede producir mermas en la producción láctea y en la ganancia de peso diario (Corbellini *et al.*, 1997; Drugueri, 2000). Las carencias reducen la capacidad de defensa de las vacas disminuyendo en número total de linfocitos (Phillips, 1998; Underwood and Suttle, 1999).

Las carencias de cinc pueden alterar la composición de la queratina del canal del pezón, y hacer a las glándulas mamarias más predispuestas a sufrir infecciones. (Kincaid *et al.*, 1984; Bértoli *et al.*, 1998; Minatel *et al.*, 2004; Morales Almaráz *et al.*, 2007). Valores mayores a 1000 ppm en la ración reducen los niveles de producción en los animales.

Los animales más jóvenes son los más susceptibles a las intoxicaciones con este oligoelemento (Miller *et al.*, 1993; Engelhardt and Breves, 2005).

#### 2.2.2.2 Cobre (Cu)

El contenido de cobre (Cu), en los animales es de  $3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de peso vivo. Se absorbe a nivel del intestino delgado, especialmente en el yeyuno; además en el duodeno, ciego y en el colon en menor medida, mediante el mecanismo de absorción de transporte activo (proteínas de unión al cobre), y también por difusión regulada por la metalotioneína. El cobre se excreta sobre todo por materia fecal (Engelhardt and Breves, 2005).

Forma parte de diversas enzimas como la superóxido dismutasa, citocromo oxidasa, tirosinasas, lisil oxidasa. En la enzima superóxido dismutasa (SOD), inactiva el anión superóxido convirtiéndolo en peróxido de hidrógeno en el citosol de los neutrófilos. También es importante en la fosforilación oxidativa y se encuentra presente en determinadas proteínas del plasma como la ceruloplasmina (McDowell, 1992; Andrews, 2005).

Las carencias marginales de cobre de las vacas lecheras pueden dar como resultado una mayor incidencia de infecciones intramamarias y menor respuesta a la inflamación aguda de las mamas. La mayor predisposición de la glándula mamaria a la mastitis, parece obedecer a una deficiente función de los fagocitos en destruir los microorganismos (Phillips, 1998; Baran, 1995; Glauber, 2008).

Son signos de la deficiencia de cobre la anemia, la pérdida de peso y el desmedro inespecífico (Bavera, 2006). Antes de que se detecten signos clínicos de carencia de cobre se reduce el peso de su glándula tímica y aumenta el peso del bazo. Los animales

con el tejido linfoide afectado sufren con frecuencia reducciones en el número de los linfocitos T esplénicos y sanguíneos a medida que se reduce la tasa de cobre de la ración. Aunque la maduración de los linfocitos B no parece verse afectada, el mecanismo de alternancia de anticuerpos regulado por los linfocitos T se ve alterado en las deficiencias de cobre (McDowell, 1992; Phillips, 1998).

Si la deficiencia de cobre es marcada, se podrán observar en los bovinos, decoloración del pelaje, diarrea, fracturas óseas y problemas de fertilidad en las hembras (Castelli, 1999; Rosa y Matitioli, 2002; Minatel *et al.*, 2004; Corbellini *et al.*, 2007).

El envenenamiento crónico por Cu presenta, una primera etapa con valores normales de Cu en sangre y la acumulación gradual en los tejidos principalmente en el hígado sin síntomas clínicos; en una segunda etapa, los niveles en sangre de cobre pueden llegar hasta el doble del valor normal acompañada a un aumento de bilirrubina en plasma y descenso de la función hepática; y una tercera etapa de crisis hemolítica, que culmina con la muerte a los 2-4 días de iniciado los síntomas (Bach and Devant, 2004).

### 2.2.2.3 Hierro (Fe)

El contenido de hierro en el organismo animal es de  $80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de peso vivo. El principal lugar de absorción es el intestino delgado sobre todo a nivel del duodeno por unión a receptores específicos en la cara ciliar de la célula de la mucosa que lo transporta al interior del citoplasma, allí el Fe puede ser incorporado a la ferritina o transportarse al torrente sanguíneo. En la superficie serosa de la célula se une a la transferrina del plasma y la ceruloplasminas por oxidación, fija el Fe a la proteína transportadora.

El Fe es almacenado en el organismo en dos compuestos derivados del grupo no hemo, ferritina y hemosiderina. Dos terceras a tres cuartas partes del hierro total almacenado en el hígado es hidrosoluble (Engelhardt and Breves, 2005).

El bazo de los bóvidos presenta concentraciones de Fe superiores respecto a su contenido en otros tejidos. Las concentraciones en el bazo aumentan notablemente con la edad aunque los niveles de hierro en el suero se mantienen bastante constantes entre el primer año de vida y los 8 años de edad (Miller *et al.*, 1993). Este oligoelemento se excreta por medio de la materia fecal y en muy baja proporción en orina y sudor.

El Fe se encuentra presente en todas las células del organismo e interviene en muchas reacciones bioquímicas como componente de enzimas (catalasa, triptofano 5 monoxigenasa, fenil alanina 4-monoxigenasa y aconitasa). Es el transportador de oxígeno (hemoglobina, mioglobina) y de electrones (Wittwer *et al.*, 1987; Baran, 1995; Contreras *et al.*, 1996).

La deficiencia de Fe en ovinos o bovinos que consumen pastos es improbable a menos que exista una pérdida crónica de sangre originada por parásitos o enfermedades. La infestación del ganado vacuno por *Trypanosoma congolense* es caracterizada por un descenso de hemoglobina y hematocrito con hipoferremia, posteriormente hiperferremia seguida de una crisis hemolítica (Ridado *et al* 1995; Minatel *et al.*, 2004).

Las dietas con exceso de Fe pueden reducir el consumo de pienso, las ganancias de peso y la producción de leche; por otra parte puede provocar diarrea en los rumiantes. La toxicidad es regulada principalmente por la absorción debido a la limitada capacidad del organismo para excretar hierro. Esto puede explicar la razón de que se tolere más Fe de alimentos procedentes de fuentes naturales que de los compuestos solubles (Miller *et al.*, 1993).

#### 2.2.2.4 Selenio (Se)

El contenido de selenio (Se), en el organismo de los animales es de  $0,02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de peso vivo. La digestibilidad del selenio en los rumiantes es muy baja, alrededor del 11 % en vacas. Esto se debería a que en el rumen el selenio se reduciría a una forma poco asimilable.

El principal lugar de Absorción es sobre todo en el intestino delgado, ciego y colon. La absorción del selenio inorgánico no es un proceso activo pues el 90 % del selenio absorbido es transportado por una proteína. En el caso del selenio orgánico, el tipo de transporte difiere según del aminoácido que se trate: para la selenometionina es un transporte activo, para la selenocisteína es pasivo, ya que la mayor parte (92 a 99 %) lo hace unida a una proteína.

En la sangre, el 80 % del selenio se encuentra en los glóbulos rojos y el 20 % restante en el plasma unido a las proteínas plasmáticas. En el hígado, en una primera etapa, el selenio se encuentra en la fracción soluble que constituiría el lugar de entrada y el de intercambio metabólico de este mineral. Luego, el selenio unido a las proteínas, es transferido al resto de las células (Ceballo Márquez *et al.*, 2007).

El selenio se excreta sobre todo por vía renal; también en la materia fecal y por medio de la respiración (Miller *et al.*, 1993). Este oligoelemento atraviesa fácilmente la barrera placentaria, especialmente bajo la forma de selenoaminoácidos, distribuidos en los diferentes tejidos, principalmente en el hígado, lo que sugiere el posible papel de almacenamiento para la movilización del selenio en la vida post fetal (Ceballos *et al.*, 1998; Silva *et al.*, 2000; Engelhardt and Breves, 2005).

El Selenio forma parte de enzimas (glutathion peroxidasa, iodotironina); actúa en diversas funciones corporales, como el crecimiento, reproducción, la prevención de

enfermedades y la integridad de los tejidos. Las funciones del Se en el metabolismo están fuertemente relacionadas con la vitamina E ya que ambos protegen las membranas celulares contra la degeneración y muerte de los tejidos, actuando como antioxidantes (McDowell *et al.*, 1993; Ceballos *et al.*, 1999; Underwood and Suttle, 1999).

La deficiencia de Se produce la enfermedad del “músculo blanco” en los terneros, caracterizada por debilidad, rigidez, deterioro de los músculos esquelético y cardíaco de tal manera que los animales afectados tienen dificultades para mantenerse en pie, falla cardíaca, parálisis, destete de bajo peso, inmunidad reducida y anemia (Ceballo-Márquez *et al.*, 2007). La deficiencia afecta la reproducción incluyendo la retención placentaria (Underwood; 1981). La capacidad bactericida está disminuida en los neutrófilos lo que puede incrementar la susceptibilidad de vacas lecheras a las infecciones intramamarias (Cseh *et al.*, 1998; Silva *et al.*, 2000; Minatel *et al.*, 2004).

La intoxicación aguda provoca una postura característica con cabeza baja y orejas caídas, fiebre, diarrea, pulso rápido y débil, respiración difícil y finalmente la muerte. La intoxicación crónica provoca el síndrome llamado enfermedad alcalina, que se caracteriza por la pérdida de pelo, malformación, desprendimiento de pezuña, cojera, descenso de la fertilidad y anemia (Miller *et al.*, 1993).

#### 2.2.2.5 Manganeso (Mn)

La absorción de manganeso es baja en los rumiantes (Miller *et al.*, 1993).

El principal lugar de absorción es sobre todo a nivel de intestino delgado, mediante el mecanismo de absorción a nivel de las mucosas como catión  $Mn^{2+}$  y en el hígado parte es oxidado a ión  $Mn^{3+}$  que se encuentra libre o unido a proteínas en los tejidos. Este oligoelemento se excreta sobre todo por materia fecal, y muy poco por vía renal y

sudor (Engelhardt and Breves, 2005). El contenido de manganeso en el organismo animal es de  $0,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de materia seca.

El Mn es cofactor de enzimas como por ejemplo piruvato carboxilasa, arginasa, superóxido dismutasa mitocondrial, y también es un activador enzimático por ejemplo de la glicosil transferasa (Baran, 1995).

La deficiencia de Mn es menos probable que la de otros minerales debido a su amplia difusión en los piensos. Las alteraciones en el rendimiento de la reproducción, se presenta en las hembras como celos más lentos que precisan más servicios por concepción, también aumenta la tasa de abortos. Terneros nacidos de madres con deficiencia de manganeso muestran peso reducido al nacer, debilidad general y alteraciones nerviosas con posterior desarrollo de una parálisis irreversible con articulaciones aumentadas de tamaño, rigidez, extremidades torcidas, y tibias y húmeros más cortos con menor resistencia a la fractura.

Los excesos dietéticos de Mn reducen el crecimiento y el consumo de pienso en los rumiantes. Excesos relativamente ligeros ( $75\text{-}200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), no influyen sobre los niveles de glucosa, Ca o K en sangre aunque pueden reducir el Mg en el suero. El consumo excesivo de manganeso incrementa los niveles hepáticos de Cu y Mn. Niveles más elevados ( $2000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), aumentarían la excreción fecal de Ca y P (Miller *et al.*, 1993; Underwood and Suttle, 1999).

#### 2.2.2.6 Cobalto (Co)

El principal lugar de absorción es el intestino delgado, mediante el mecanismo de unión a transportadores, dependiendo de factores internos (número de oxidación del

elemento, tipo de enlace) y externos (antagonistas, composición de la ración). El cobalto se excreta por materia fecal (Engelhardt and Breves, 2005).

Este oligoelemento es el componente de la vitamina B<sub>12</sub>, necesaria para el metabolismo de los rumiantes. Esta vitamina es componente esencial de la metilmalonil CoA mutasa que es necesaria para el metabolismo del ácido metilmalónico. El ácido propiónico, sustrato glucogénico de los rumiantes, es metabolizado únicamente mediante la vía del metilmalonato en el hígado.

El tiempo que transcurre hasta que se presentan los síntomas por deficiencia de Co, depende de lo incorporado a través de la dieta así como de las reservas tisulares de vitamina B<sub>12</sub>. Los síntomas de deficiencia son: pérdida del apetito, apatía, reducción del crecimiento o pérdida de peso, descenso de la producción de leche, anemia que se traduce en palidez de la piel y de las mucosas. (Bavera, 2005; Freer *et al.*, 2007).

Los síntomas de intoxicación por Co en rumiantes incluyen pérdidas del apetito, menor consumo de agua, crecimiento más lento o pérdida de peso, lagrimeo, salivación, temblores musculares, incoordinación e incremento del cobalto en el hígado (Miller *et al.*, 1993).

#### 2.2.2.7 Yodo (I)

El contenido de yodo (I) en el organismo de los animales es de 0,4 mg · kg<sup>-1</sup> de peso vivo. El principal lugar de absorción es el estómago, le sigue en orden de importancia la absorción a nivel de intestino delgado, piel, pulmones, mediante un sistema específico de transporte de yodo. El I se excreta a través de las heces, la respiración y el sudor (Engelhardt and Breves, 2005).



El yodo es importante a nivel hormonal como componente de las hormonas tiroideas (McDowell, 1992).

La carencia de yodo puede aparecer hasta un año después que los animales comienzan a alimentarse con una dieta deficiente. La deficiencia clínica se manifiesta a través del bocio acompañado de una severa disminución de la hormona T<sub>4</sub>. La deficiencia durante la gestación puede originar el nacimiento de animales débiles o muertos. Si la deficiencia es grave o prolongada, desciende el rendimiento lechero y la reproducción se presenta con tasas reducida de concepción y retención de placenta (Contreras *et al.*, 1999; Bavera, 2005).

Todos los animales pueden tolerar niveles de yodo bastante superiores a sus necesidades. Los animales más jóvenes son más susceptibles a los excesos de yodo. Los síntomas de intoxicación incluyen salivación excesiva, descarga nasal acuosa, congestión traqueal que provoca tos, lagrimeo excesivo y tasa de crecimiento subnormal. Sin embargo, la recuperación es rápida tras eliminar el exceso de I de la dieta (Miller *et al.*, 1993).

### 2.3. *Interacciones Minerales producidas según la composición de la dieta*

Es importante conocer acerca de las interacciones minerales producidas por la composición de la dieta, ya que dependerá de ella el éxito de la nutrición del animal que se pretende lograr.

Existen numerosas interrelaciones metabólicas y absortivas entre los elementos minerales que sumados a niveles de ingestión deficientes o tóxicas, contribuyen a la variación en el grado de la respuesta fisiológica. Estas interacciones pueden ser antagonistas, sinérgicas y/o sustitutivas.

El sinergismo se da cuando dos o más elementos provocan un aumento de absorción de un mineral y la interacción antagónica ocurre cuando un elemento mineral inhibe la absorción de otro en el aparato digestivo, produciendo efectos en el metabolismo (Godoy *et al.*, 2006). Un elemento puede ser sustituido por otro y pueden afectar a cualquier fase de la asimilación y metabolismo de los minerales (absorción, transporte, utilización celular, reservorio, excreción, etc.).

Los mecanismos de acción de estas interacciones son: la formación de complejos iónicos no absorbibles en el intestino, la competición de iones similares por las mismas vías metabólicas y la inducción de proteínas unidas a metales inespecíficos. Esto hace muy difícil determinar el nivel dietético óptimo para los elementos individuales como nutrientes. Por lo tanto, el aporte por dieta de cualquier elemento no debe considerarse independientemente del nivel de otros nutrientes esenciales.

No debemos olvidar las interacciones mineral-compuesto orgánico de la dieta. Así ocurre entre la vitamina D y el calcio en la síntesis de la proteína ligante de calcio, para aumentar la absorción del mismo. La vitamina D, también interviene en el metabolismo del magnesio, cinc, cadmio y plomo. Existen interacciones entre los fitatos y el fósforo de los cereales. Todas estas interacciones se complican al considerar que las hormonas pueden influir en la utilización de los minerales, tales como la hormona paratiroidea con el calcio y el fósforo, la aldosterona con el sodio y el potasio y calcitonina y estrógenos con el calcio (Ciria Ciria *et al.*, 2005; Bavera, 2006; Morales Almaráz *et al.*, 2007).

Los antagonistas del cinc son la arginina, Ca, K, Cd, Cu, Fe, los glucosinolatos, P, los fitatos y S; los del cobre son : Ag, Ca, Cd, Fe, Hg, Mo, P, Pb, los fitatos, S y Zn. Los elementos que actúan como antagonistas del hierro son: Ca, Cd, Cu, Mn, la lignina, Ni, P, Pb, las proteínas, los fitatos, Zn, el azúcar; los del selenio son: As, Cd, Hg, y S;

los del manganeso son Ca, Fe, Mg, P, los fitatos. Los antagonistas del cobalto son Fe y I; y los del iodo son As, Ca, Co, los glucosinolatos, F y los nitratos (Engelhardt and Breves, 2005).

La absorción del Cu se ve reducida mediante una acción quelante en el rumen, favorecida por el pH neutro del pre-estómago. A nivel sistémico, el Mo cambia la distribución del cobre plasmático, reduce su disponibilidad, disminuye su concentración en el hígado e incrementa su excreción en las heces y orina.

La acción del molibdeno en la absorción del cobre está altamente relacionada con los niveles de azufre. A nivel ruminal se forma el ión sulfuro que puede unirse con el cobre liberado durante la digestión en el rumen y formar sulfuro de cobre, compuesto que no se absorbe y que en presencia de iones molibdatos da lugar a la formación de complejos de tipo: tri o tetramolibdatos.

Los molibdatos producidos en el rumen pueden ser absorbidos en el tracto gastrointestinal y actuar como inhibidores de enzimas dependientes de cobre y que al formar complejos hacen no disponible el Cu plasmático. Similar al antagonismo Cu-Mo, la relación del cobre con el hierro está influenciada por los niveles de azufre. Minerales como el calcio, cinc y cadmio, así como la presencia de parásitos intestinales, pueden interferir en la absorción y/o el metabolismo del cobre.

Los altos niveles de calcio producen alcalinización intestinal, provocando la precipitación del cobre. El cinc y el cobre compiten por el sitio de unión con enzimas y metaloproteínas pudiendo llegar a ser antagonistas; de forma indirecta el cinc acumulado en los tejidos no intestinales, ejerce una retroalimentación que inhibe la absorción del cobre. La deficiencia de cobre en el organismo puede alterar el metabolismo del hierro favoreciendo la acumulación hepática de este oligoelemento. La

liberación de Fe almacenado como ferritina y su posterior utilización requiere de la presencia de ceruloplasmina, dependiente de cobre, por lo que puede presentarse cuadros de anemias aún con niveles adecuados de hierro en la dieta (Underwood and Suttle, 1999; Godoy *et al.*, 2006).

#### 2.4. *Exigencias minerales en la nutrición de bovinos lecheros*

Los bovinos tienen requerimientos de minerales necesarios para el mantenimiento, los mismos sirven para compensar las pérdidas endógenas, la exigencia nutricional durante la producción y las distintas etapas fisiológicas tales como: el crecimiento, gestación o la lactación. Estos requerimientos indican la cantidad de mineral que debe ser absorbido, por lo cual la dieta debe aportar una cantidad mayor, el cual debe ser cubierto por la misma. En el caso particular de los microminerales, se debe tener en cuenta el concepto de biodisponibilidad (BioD), que representa la cantidad total de oligoelemento aportado por la dieta que alcanza los tejidos (Bavera, 2006).

El Nutrient Requirements of Dairy Cattle (NRC) ha introducido nuevas recomendaciones en su última edición, que incorporan muchos de los recientes avances en alimentación al contemplar las necesidades de nutrientes por categoría de animal. La descripción por categoría permite profundizar el tema y relacionar los nutrientes entre sí. En la edición 2001 del NRC, aparecen recomendaciones específicas relacionadas con el contenido de minerales y vitaminas en dietas de vacas en transición que difieren de las recomendaciones estrictas para mantenimiento y gestación.

Los cambios realizados en el NRC desde la edición 1989, son de suma importancia; principalmente al descartar el sistema de ecuaciones lineales, logrando un sistema con mayor impacto fisiológico en el metabolismo ruminal y la predicción en el aporte de

nutrientes. Al respecto, Maistegui (2009); sostiene que es imposible realizar cálculos manuales o con tablas impresas, puesto que las ecuaciones calculan el resultado en función de la dieta como un todo y no a partir de la suma de los ingredientes por separados.

Los requerimientos de minerales para la reproducción y la preñez son pequeños comparados con los exigidos para el crecimiento y la producción láctea (Montero, 2006).

El factor limitante en el período de parto es la ingestión de materia seca, razón por la cual debe ser tenido en cuenta al momento de la preparación de la dieta para evitar balances negativos dentro del perfil metabólico.

#### *2.5. Antecedentes de deficiencias minerales en distintos países dedicados a la producción de bovinos*

En un país productor de leche como lo es Nueva Zelanda; la suplementación con complejos aminoácidos de cinc iniciada en el período de vaca seca redujo el conteo de células somáticas casi a la mitad. Otras investigaciones demostraron que el suplemento nutricional con oligoelementos en vacas lecheras reduce la incidencia de mastitis. Un estudio alemán relacionado con la actividad de la deshidrogenasa láctica (indicador de infección mamaria), propone la utilización adicional de Zn a través de la dieta para lograr un efecto positivo en la salud de la ubre (Glauber, 2008).

Una investigación realizada en la Universidad de Illinois-USA relacionado con la incidencia de patologías podales; demostró que con la suplementación con cinc disminuían los casos de pododermatitis de pezuña, grietas de talón, dermatitis interdigital y laminitis (Glauber, 2008).

Morales *et al.* (2007), estudiaron el contenido mineral en forraje, alimentos y suero de ganado lechero, en cuatro localidades del valle de Toluca-México, durante dos épocas del año en sistemas de producción en pequeña escala con la finalidad de identificar desbalances minerales. Estudios realizados en Costa Rica han mostrado que los contenidos de selenio y cobalto en pasturas nativas no satisfacen las necesidades del ganado lechero (Glauber, 2008).

En Colombia, después de analizar diferentes especies forrajeras, se encontraron deficiencias de muchos elementos minerales, especialmente cobre y cinc (Toledo, 1982); condición que se mantiene en forma similar al analizar los niveles de estos minerales en tejido animal (Gómez *et al.*, 1983; Laredo y Ardila, 1984). Estos hallazgos permiten deducir que tanto la dieta base como los suplementos minerales no aportan las cantidades mínimas suficientes para que el animal cubra sus requerimientos nutricionales (Forero, 2004).

En las sabanas venezolanas se han encontrado signos clínicos en bovinos a pastoreo tales como: pica, pelo hirsuto, baja fertilidad y muerte súbita, los cuales sugieren problemas de deficiencia, toxicidad o desbalance mineral. Al norte del estado de Cojedes en Venezuela, se han reportado bajos niveles de proteínas y fósforo en el forraje; así como concentraciones elevadas de hierro; lo que puede condicionar la utilización de otros macro y microminerales, como fósforo, cobre y cinc (Depablos *et al.*, 2007).

El análisis de los metabolitos sanguíneos a través de los perfiles metabólicos ha sido utilizado desde 1978 en el sur de Chile como herramienta de valor diagnóstico para evaluar y corregir el balance metabólico mineral de rebaños lecheros (Wittwer *et al.*, 1987; Contreras *et al.*, 1996). En dicha región se encontró que la deficiencia de selenio,

hipocupremia, hiperfosfatemia e hipomagnesemia eran los desbalances minerales que presentaban una mayor prevalencia en rebaños lecheros en el periodo 1986-2003. (Scandolo *et al.*, 1997, Ceballos *et al.*, 1998).

Con respecto a República Argentina, Roble y Ortiz (1985), reportaron la existencia de hipocalcemia en establecimientos de la provincia de Neuquén. Renolfi *et al.* (1985), informaron que en Santiago del Estero se observaron frecuentes ocurrencias de cuadros clínico relacionados con la deficiencia y o desbalance de calcio, fósforo y magnesio.

En el este de Chaco y Formosa, el estudio realizado por Balbuena *et al.* (1989), demostró que la concentración hepática elevada de hierro estaba en relación con las altas concentraciones del mismo en pasturas, pudiendo contribuir estos altos niveles de hierro a la deficiencia de cobre descripta en la región.

En un relevamiento de 18 campos en la zona noroeste de la provincia de Buenos Aires, Minatel *et al.* (1998), encontraron valores promedio de calcio plasmático, superiores a 8 mg % y bajos niveles de cinc en forrajes, plasma e hígado que podrían ser indicativos de una deficiencia estacional (durante el invierno y el verano), mientras que en el plasma todos los valores medios de hierro eran superiores a 150 µg %. Los mismos autores, detectaron valores de zinc plasmático inferiores a 60 µg % y en los forraje niveles de zinc superiores a 20 g · kg<sup>-1</sup> MS tanto en invierno como en el verano.

Por su parte, Iglesias *et al.* (1998), consideraron que la hipocupremia detectada en el valle bonaerense del Río Colorado es de tipo secundaria y como factores involucrados se debería considerar al molibdeno, hierro, cinc, sulfato y posiblemente un exceso de proteínas de la dieta. Mottioli *et al.*, 1996, concluyeron que la hipocupremia es un problema endémico de la provincia de Buenos Aires.

En el área de influencia de la EEA INTA Pergamino, un trabajo de relevamiento efectuado en 38 tambos y 6359 vacas paridas controladas, arrojó una prevalencia de Hipocalcemia Puerperal (HP). Esta se transforma en la principal causa de mortandad del ganado lechero adulto (Corbellini, 1998<sub>a</sub>).

En Entre Ríos, se consideró la existencia de una deficiencia condicionada de azufre en el animal cuando pastorea sorgo forrajero (Hofer *et al.*, 1985; Pozzolo *et al.*, 1985). Se ha encontrado una deficiencia importante de fósforo inorgánico en el norte entrerriano, mientras que los valores del macromineral en el sur de la provincia estarían ligeramente por debajo de los valores normales (Hofer *et al.*, 1985).

En 1985 Coppo informó el diagnóstico de hipofosfatemias en casi todas las provincias del noreste argentino (NEA), independientemente de la época del año, usualmente con sintomatología difusa.

En una revisión de los análisis entre 1977 y 1992 en el noreste argentino Coppo *et al.* (1992), reportaron carencias de sodio en las provincias de Corrientes, Chaco, Formosa y presuntamente Misiones. Además, encontraron en el este de Chaco y Formosa un considerable porcentaje de muestras de forrajes y sueros bovinos con niveles subnormales de magnesio.

En el mismo estudio del NEA, encontraron que muestras de suero, pasturas, sangre e hígado de bovinos de Chaco y Formosa resultaron deficitarias en cinc. Se presume que el mismo problema puede ocurrir en bovinos de Corrientes, en campos con pasturas de Pangola. En esta región la indisponibilidad orgánica del cobre provocó trastornos en el ganado de las provincias de Corrientes, Chaco, Formosa, norte de Entre Ríos, Misiones, en los bajos submeridionales, Salta, Santiago del Estero y Sur de Santa Fe. En algunas zonas sería carencia primaria agravada por exceso de molibdeno en pastos y azufre en



agua, o bien por exceso de hierro en forrajes. En otros lugares se trataría de una carencia secundaria debida a la molibdenosis, exceso de molibdeno y azufre o exceso de molibdeno en una pastura de melilotus.

En ésta revisión se indicó que la zona más afectada por el déficit de selenio, es el norte de Santa Fe, aunque también existe en el sur de dicha provincia, en la zona entre Chaco y Formosa, en Santiago del Estero y en Entre Ríos.

Por su parte, Ridao *et al.* (1994), en la provincia de Bs As, diagnosticaron hipomagnesemia clínica en el parto, al finalizar el invierno con mortandad. Estos autores llegaron a la conclusión de que el estado y composición de la pastura es lo que lleva a la hipomagnesemia.

En la zona de Balcarce, se encontraron que los valores sanguíneos de cinc y del hierro siempre estuvieron dentro de los límites considerados normales y que las variaciones de los mismos son probablemente más dependientes de la composición química de la dieta que de la edad y el estado fisiológico (Ridao *et al.*, 1995).

En el departamento Maracó, provincia de La Pampa, Pechin *et al.* (1995), encontraron indicios de deficiencias subclínicas de magnesio en invierno y primavera y de deficiencias subclínicas de cinc en primavera y verano; por otra parte detectaron deficiencia de cobre relativa, relacionada con altos niveles de molibdenos en pasto y de sulfatos en agua, aunque se encuentran casos de deficiencias primarias, sobre todo en primavera.

En 1998 Cesh *et al.*, detectaron en la provincia de Bs As hipomagnesemia, por deficiencia primaria debido al bajo aporte de magnesio en la pastura. Ellos encontraron en los animales testeados, hipocuprosis y consideraron al Fe como factor de la misma.

Mufarrege *et al.* (1985), demostraron a través de sus investigaciones, la falta de sodio en la dieta de los vacunos en Chaco y deficiencias de sodio en los vacunos que ingerían tierra en la zona del albardón del Río bermejo en Formosa y en Las Breñas, Chaco.

El Laboratorio de Bioquímica Clínica Veterinaria del grupo de salud animal perteneciente al INTA - Balcarce ha detectado deficiencia de selenio en vacas lecheras de la provincia de Buenos Aires en los partidos Las Flores y 25 de Mayo; también en el departamento Las Colonias, provincia de Santa Fe (INTA- Balcarce en Memoria Técnica 2007-2008).

De la investigación de dos campos agroecológicamente diferentes pertenecientes al partido de General Villegas, Buenos Aires; en el marco del proyecto AESA 3591 “Enfermedades Nutricionales, Carenciales y Tóxicas”, se concluyó que durante la primavera los valores séricos más bajos fueron los de Zn; en el verano, los más bajos fueron el Mg y Se y durante el invierno el más bajo fue el Cu. En base a la concentración de sales totales y sulfatos en el muestreo de primavera, el agua de bebida se clasificó como no apta para consumo animal pero en los muestreos de verano y otoño se catalogó como apta. En otro campo bajo estudio, las concentraciones séricas más bajas de Cu y de Ca se observaron durante la primavera; durante el verano los más bajas fueron en el Se y el K y durante el otoño el Mg. En los datos relevados se destacan los bajos valores de P y Mg en forraje (Buffarini *et al.*, 2007-2008).

En el área de influencia de la Estación Experimental de INTA Manfredi, Fader (2001) detectó carencias de zinc, magnesio, calcio y selenio y consideró que esta última podría ser una de las causales de la baja fertilidad en algunos de los rodeos. No debe

descartarse la posibilidad de que existan deficiencias combinadas y elementos que influyen en cierta época del año.

En la provincia de Santa Fe, la Estación Experimental de INTA Rafaela, ha informado que las carencias minerales en el ganado tienen que ver con el incremento de la producción, que llevan a estados carenciales de calcio y fósforo fundamentalmente. Clínicamente se habrían diagnosticado carencias de calcio en ganados del sur de la provincia de Santa Fe.

En la estación experimental de INTA Reconquista se analizaron 170 muestras de saliva de vacunos y se detectó deficiencia de sodio (Mufarrege, 1985; Bavera, 2005).

Por su parte, Castelli (1999), trabajando con vacas lecheras en el centro-oeste de la provincia de Santa Fe, encontró variabilidad estacional en el contenido de cobre presente en suero, manifestándose la deficiencia hacia el final del verano y principios del otoño; sostiene además que el nivel bajo de cobre en los pastos en verano ocasionaría la hipocupremia.

#### *2.6. Diagnóstico de deficiencias minerales dentro del perfil metabólico*

Dentro de los análisis se encuentran los llamados perfiles metabólicos (PM), que se pueden definir como la determinación de parámetros relacionados con el normal desenvolvimiento del metabolismo animal. Se emplean distintos PM, entre los que se pueden citar los perfiles renales, pancreáticos, tiroideos, adrenales, hepáticos y minerales.

Los análisis de sangre, saliva, orina, heces, tejido hepático y óseo pueden ser utilizados para obtener datos sobre el perfil mineral. Al efectuar estos análisis, se está midiendo el aprovechamiento real del alimento por parte del animal y permite el

diagnóstico de las deficiencias subclínicas (Bavera, 2006). Para lo anterior es fundamental, en primer lugar, analizar el rebaño desde el punto de vista clínico-patológico y completar con el análisis de fluidos orgánicos y alimentos.

En relación con el análisis de fluidos, factores como el estrés antes del muestreo y la hemólisis pueden interferir en el nivel de minerales en la muestra y deben ser controlados a fin de evitar errores (Underwood, 1983).

A partir de muestras de tejido hepático, se pueden obtener valores de concentraciones de Co, Cu, Zn, Mn y Se. El tejido óseo es útil para verificar deficiencias de P y Ca. La sangre, suero y plasma ofrecen valores seguros de Mg, Ca, P, Cu y Zn (Tokarnia *et al.*, 1999).

Alteraciones en la actividad de enzimas en sangre, ocurren durante deficiencias de determinados minerales. Ceballos *et al.* (1998), demostraron que la actividad de la enzima glutatión peroxidasa (GSH-Px), presenta correlación con la concentración de selenio en plasma ( $r=0,97$ ). Alteraciones en la actividad de la ceruloplasmina y la superóxido dismutasa pueden estar relacionadas con deficiencia de cobre (Mc Dowell *et al.*, 1984).

Problemas en la relación animal-planta-suelo son útiles para observar el perfil mineral. El suelo ofrece a las especies forrajeras, los nutrientes necesarios para su desarrollo. Además, las cantidades de elementos minerales en forrajes dependen de factores como: la composición botánica, el estado vegetativo de las plantas, las condiciones climáticas estacionales y el manejo de las pasturas (Underwood, 1983; Mc Dowell *et al.*, 1984).

La intensa actividad agrícola que se ha desarrollado en los últimos años en la región centro de Santa Fe, conjuntamente con la falta de reposición y la exposición continua de las cosechas ha producido un descenso en el nivel de potasio. Los cultivos más exigentes a niveles de K son la papa y la alfalfa (EEA INTA, 1985; Gambaudo, 2006; Pilatti *et al.*, 2006).

En esta misma región ya se puede constatar disminuciones en los niveles de los principales cationes del complejo intercambiable del suelo. Al seguir la evolución de los cationes intercambiables, al cabo de 27 años, se dedujo que existían disminuciones significativas del pH, calcio y potasio; por otra parte, no fue significativa la disminución del contenido de magnesio y sodio (Carrizo y Pilatti, 2008).

Los tenores de micronutrientes y carbono orgánico de los suelos del departamento Las Colonias presentan elevada variabilidad, que está asociada al sistema productivo e intensidad en el uso de los suelos. Niveles variables de deficiencias pueden ocurrir, especialmente de boro y zinc, dependiendo del cultivo y del nivel de producción pretendido; en especial en las situaciones con antecedentes de agricultura continua y ganadería intensiva. Tenores suficientes de cobre, manganeso y de hierro se determinaron en la mayoría de los casos analizados, siendo pocos los casos en que fueron particularmente elevados (Pilatti *et al.*, 2001).

Melgar *et al.*, (2003) afirman que en la región pampeana el 10 % de los lotes agrícolas presentan problemas de acidez con pH menores a 5,8; un 25 % con problemas menos severos con niveles de pH entre 5,8 y 6,2 y un 30 % entre 6,2 y 6,5.

Pilatti y Carrizo (2008), al realizar un análisis en 32 de lotes a nivel de los primeros 30 cm de profundidad en la Región centro de Santa Fe, encontraron que el 30 % de los

lotes presentaban pH inferiores a 5,4; el 40 % de los casos evaluados tenían pH entre 5,4 y 5,7 y sólo el 7 % pH entre 5,9 y 6,1.

La alfalfa, principal especie forrajera de los sistemas ganaderos de la Región Centro de Santa Fe, disminuye su capacidad de producción al ser cultivada en éstos suelos que tienen valores medios de pH inferiores a los requeridos, cuyo valor ideal es  $> 6,2$  (rango 6-6,5). Cultivos como trigo, soja, sorgo y girasol son medianamente tolerantes a un intervalo de pH del orden de 5,5 a 6, los cuales no tendrían su crecimiento afectado por los valores de pH encontrados dentro del departamento Las Colonias provincia de Santa Fe (Rowel, 1992).

### *2.7. Composición mineral de la leche producida por los bovinos*

La leche es un alimento de valor nutritivo inestimable y necesario para la composición de los tejidos de animales jóvenes (Walstra and Jennes, 1987). Indicadores tales como la concentración de lactosa, minerales y proteínas lácteas se consideran poco variables dentro de una raza con un determinado estado fisiológico; pero en la práctica esto no siempre es así y muchas veces se desconocen los valores reales en determinadas regiones debido a la presencia de diferentes tipos de explotaciones lecheras que son heterogéneas en su producción (Hernández y Ponce, 2006).

Entre los años 1992 al 2002 se ha venido produciendo una importante transformación en la producción láctea de la Cuenca Lechera Santafesina, tanto en la cantidad de leche producida como en la calidad de la materia prima entregada a la industria.

A través de una destacada evaluación de la composición de leche cruda en las cuatro estaciones desde 1988 al 1999, en el departamento Castellanos y Las Colonias, se

demonstró que no existían diferencias en la composición de la leche entre departamentos, las diferencias fueron encontradas según las estaciones estudiadas. Dentro de los componentes analizados, se encuentran: materia grasa, proteínas totales y sólidos totales, que resultaron ser similares a los valores alcanzados en las lecherías de países más avanzados, con alguna variación estacional. La leche producida en la Cuenca Santafesina muestra una alta homogeneidad en su composición (Weidmann *et al.*, 2002).

Los minerales representan una pequeña fracción de los sólidos de la leche. Su concentración es de aproximadamente  $7 - 9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , es decir un 0,7 % de la extracto seco de la leche. La distribución y concentración de éstos difiere de acuerdo al elemento, en la mezcla entre las fases en equilibrio. En la fase acuosa se encuentra disueltas junto con lactosa y compuestos nitrogenados solubles, sales minerales, citratos, fosfatos y cloruros de Ca, Mg, Na, K e Fe. En la fase coloidal, están en suspensión micelas de caseína insolubles que contienen un 20 % del Ca y P unidos a su estructura, y sales compuestas de fosfatos de Ca coloidal, citratos y Mg en proporciones fijas, que contribuyen a estabilizar la micela. Los glóbulos de grasa emulsionados contienen un 1 % de fosfolípidos y en sus membranas se fijan Fe, Cu, Zn y Mn. Más de la mitad del Fe y alrededor del 80 % del Cu y Zn se fijan a micelas de caseína y entre el 15 al 30 % del Fe, Zn y Cu se unen a las proteínas solubles. Las  $\alpha$ -lactoalbúminas contienen un átomo de Ca por molécula (Closa *et al.*, 2003). El sodio, potasio y el cloruro están totalmente en solución. La leche, contiene además oligoelementos como el silicio, el aluminio, entre otros. Las variaciones de oligoelementos están asociadas a cambios de alimentación, a la contaminación atmosférica y del material de ordeño (Taverna *et al.*, 2008).

La composición de la leche es diferente a la de la sangre; pero ambas se encuentran en equilibrio en la mama, es decir la concentración en la leche refleja lo que pasa en el suero. En las células secretorias mamarias, los minerales proceden de la sangre (Alais, 1980).

La leche contiene la proporción de acuerdo con las necesidades de los mamíferos de fósforo y calcio, elementos indispensables tanto para la formación del esqueleto como para mecanismos de numerosas funciones vitales. Uno de los comportamientos minerales más estudiados ha sido el del calcio (Alais, 1980; Amiot, 1991).

La concentración y composición de los nutrientes de la leche varía por múltiples factores como ser: el momento de la lactancia, la dieta del animal, la ingesta hídrica, el estrés, las condiciones edáficas y climáticas, la capacidad productiva y el estado de salud (Closa *et al.*, 2003).

#### *2.8. Fuentes Minerales de los alimentos consumidos por los animales en producción*

Debido a que los elementos minerales no pueden ser sintetizados por los animales, en los sistemas pastoriles, los proveedores naturales de minerales son principalmente las pasturas; ya que el agua y el suelo solo proporcionan pequeñas cantidades. A su vez, los pastos lo obtienen de los compuestos asimilables presentes en el suelo donde crecen. El déficit que suele existir en el suelo, puede causar falta de disponibilidad de algún mineral en la pastura (Fader, 2001; Ciria Ciria *et al.*, 2005).

La digestibilidad de una planta afecta la velocidad del pasaje por el tracto digestivo y por ende el consumo por parte del animal, por lo tanto a menor digestibilidad es menor el consumo al encontrarse el tracto digestivo lleno. A su vez, la digestibilidad disminuye a medida que la planta avanza a la madurez, lo que combinado con el método de



pastoreo influye en el contenido, distribución y utilización de los minerales de la planta. Todo esto lleva a que el animal consuma menor cantidad de mineral total a medida que baja la digestibilidad (Bavera, 2006).

Generalmente, las tablas solo aportan valores medios, pero en la práctica hay una enorme variabilidad en el contenido mineral de los alimentos que nos llevan a falsos equilibrios en las raciones y a observar variaciones en el comportamiento productivo y reproductivo de los animales. Esta variabilidad en la composición mineral de los alimentos se debe a diversos factores como las características específicas de las plantas, tipo de suelo, estado de madurez de la planta, partes de la planta y el clima (Ciria Ciria *et al.*, 2005).

Las leguminosas poseen valores de Cu, Zn y Co más elevados que las gramíneas. Elementos como P, K, Na, Cu, Se, Zn y Fe, están en cantidades menores en forrajes maduros (Mc Dowell *et al.*, 1984). El clima limita el potencial productivo de las plantas, y esto puede influenciar en la disponibilidad de minerales en los forrajes. El silaje de maíz se caracteriza por contener un alto porcentaje de energía digestible pero un marcado déficit de proteína y minerales, especialmente Ca, P, Na y Cl (Bavera, 2006). A medida que la pastura se acerque a una mezcla de forrajeras con buena dotación de leguminosas, se llega a una relación calcio: fósforo: manganeso más equilibrada, balanceando las deficiencias que presentan otro tipo de recursos como son los verdeos de invierno y los silos de maíz (Martín Ojea y Piñeyro, 1988).

Los forrajes contienen niveles de calcio que superan las necesidades de los rumiantes. Las leguminosas y sus reservas aportan buenas cantidades de calcio y en algunos verdeos este puede ser deficiente. Las alfalfas contienen de Ca entre 0,6 - 2 % de MS. El ensilado de maíz inmaduro contiene aproximadamente 0,6 % de MS, y 0,3 %

de MS en el ensilado de maíz maduro. Muchos alimentos oleinosos, como la semilla de algodón, son muy pobres en Ca (Kincaid, 1993).

Después del sodio, la deficiencia de fósforo es la más común en los rumiantes alimentados en pastizales. El contenido de P de los vegetales puede ser del 0,3 % de MS en los inicios de la primavera, aunque puede descender al 0,15 % de MS al madurar las plantas.

La mayoría de los forrajes contienen niveles de magnesio superiores a las necesidades de Mg de los rumiantes. Las gramíneas precoces de primavera tienen niveles bajos de Mg y elevados de K que interfieren sobre la absorción de Mg. El maíz, la avena y la cebada tienen niveles de Mg del 0,13 % al 0,19 % de MS, marginalmente adecuados para ganado vacuno (Kincaid, 1993).

Forrajes y cereales contienen normalmente niveles de Na inferiores a las necesidades dietéticas de los rumiantes. La mayoría de los forrajes contienen < 0,1 % y la mayoría de los cereales < 0,05 % de MS de Na. El maíz en grano contiene 0,003 % – 0,03 % de MS, la avena en grano 0,06 % – 0,18 % MS, el ensilado de maíz 0,005 % – 0,02 % de MS, y la alfalfa 0,01 % – 0,05 % de MS.

El contenido de Cl en los alimentos es variable. El maíz en grano contiene 0,03 % – 0,06 % MS, la avena en grano 0,10 % – 0,12 % de MS, el ensilado de maíz 0,10 % – 0,18 % de MS y la alfalfa 0,03 % – 0,64 % de MS (Kincaid, 1993).

El nivel de K en los alimentos es sumamente variable y depende intensamente del manejo de los forrajes, de la estación del año y de los tipos de suelo. Generalmente, los cereales contienen < 0,5 % de MS de K, las malezas 4 % de MS, el ensilado de maíz 0,5%– 3,0 % de MS, las gramíneas 0,2 % – 4,0 % de MS y las leguminosas forrajeras 0,2 % – 5 % de MS (Kincaid, 1993).

Los alimentos con un contenido apreciable de proteínas son buenas fuentes de S. Los forrajes contienen generalmente 0,1 – 0,3 % de MS de S, excepto el ensilado de maíz cuyo contenido suele ser 0,08 % MS, la semilla de algodón entera contiene 0,26 % de MS (NRC, 1978; NRC, 1989; EEA INTA Rafaela).

El contenido de cinc varía ampliamente entre las distintas especies vegetales, existiendo deficiencias en su contenido en zonas donde el suelo es muy pobre en el elemento. El contenido en cebada, maíz y sorgo en grano es de 16 – 21 mg · kg<sup>-1</sup>; en avena, centeno y trigo de 30 – 43 mg · kg<sup>-1</sup> en base a la MS. Li *et al.* (2005), informan valores de cinc obtenidos del NRC de 2001, para el silo de maíz de 27 - 29 mg · kg<sup>-1</sup> de MS y que el cobre de 7,6 mg · kg<sup>-1</sup> de MS (Kincaid, 1993).

Las plantas leguminosas suelen ser más ricas en hierro que las gramíneas cultivadas en las mismas zonas. El contenido normal de los forrajes de leguminosas es en la MS de 200 mg · kg<sup>-1</sup>– 400 mg · kg<sup>-1</sup>, aunque se han señalado valores de hasta 700 mg · kg<sup>-1</sup>– 800 mg · kg<sup>-1</sup> correspondientes a alfalfas no contaminadas. El nivel de Fe en pastos y forrajes pueden ser muy afectados por la contaminación con tierra y polvo. Los granos de cereales contienen 30 mg · kg<sup>-1</sup>– 60 mg · kg<sup>-1</sup> y las harinas de semillas oleaginosas 100 mg · kg<sup>-1</sup>– 200 mg · kg<sup>-1</sup> por MS (Kincaid, 1993; Vidart, 1996; Corbellini *et al.*, 2007; Freer *et al.*, 2007).

La concentración de selenio en los pastos tendría escasa correlación con la calidad del forraje, pero alta con el contenido de cenizas y de hierro. El contenido de selenio en las pasturas de primavera es generalmente bajo (Quiroga, 2000; Bavera, 2006).

Rojas *et al.*(1994), reportaron niveles críticos de las concentraciones de macrominerales y microminerales en forrajes durante la temporada lluviosa de < 0,25 %

de MS para el P; < 0,30 % de MS en el Ca; < 0,20 % de MS de Mg; 0,08 % de MS en el Na; < 0,80 % de MS para el K; < 50 ppm en el Fe; < 30 ppm en Zn; < 8 ppm de Cu; < 40 ppm en Mn; > 6 ppm para el Mo y menos de 0,20 ppm para el caso del Se.

Los valores de referencia de EEA INTA Balcarce para el forraje (a base de pasturas de alfalfa) fue de Ca 0,40 % de MS; P 0,24 % MS; Mg 2 % MS; K 2,5 % MS; Na 1 % MS; Cl 1,20 % MS; Cu 5 ppm; Zn 30 ppm; Fe 1000 ppm y Mo 2 ppm (Buffarini *et al.*, 2007-2008).

### 2.9. Fuente mineral en el Agua de consumo para los bovinos lecheros

El agua es el nutriente más requerido por los animales. En promedio, las vacas lecheras en lactación estarían tomando 95 litros de agua por día. Los períodos más altos de ingesta de agua son inmediatamente posterior al ordeño y durante el consumo de alimento (Jim Linn, 2008).

El agua que un animal bebe depende de diversos factores, como la tasa metabólica, el calor producido durante el metabolismo, la raza, el sexo, el estado fisiológico, la variación individual del animal, el porcentaje de materia seca de la ración, el tipo de alimento, la disponibilidad, la temperatura y sales del agua de bebida, de la dieta, y factores ambientales como la temperatura, el viento y la humedad (Pérez-Carrera *et al.*, 2007).

Cuando los niveles de TDS (sólidos totales disueltos) en el agua están por debajo de los  $3,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , no se observan efectos o son pequeños en las vacas. Entre las  $3,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  y las  $5,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de TDS, los efectos en la producción de leche y en la función animal son variables; no obstante, cuando son los TDS elevados en el agua, es más probable que disminuyan la producción de leche durante los meses de verano. Los TDS

dan una pauta que sugiere que las aguas que contienen  $> 7,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  son inaceptables para cualquier ganado.

Como es difícil medir los TDS en la práctica de muestras tomadas en el campo, se utiliza la conductividad eléctrica del agua, como una medida de los sólidos totales disueltos. La conductividad eléctrica refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. En el sistema internacional la conductividad eléctrica se mide en unidades Siemens por metro ( $\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$ ) y la unidad estándar de EE.UU es el micromhos por centímetro ( $\mu\text{mhos} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), su símbolo es k o s. La conductividad es una variable que se controla en muchos sectores, desde la industria química a la agricultura.

Al medir la conductividad o los TDS, es posible obtener con muy buena aproximación, el valor de la dureza del agua. Esta variable está determinada por la concentración de carbonato de calcio, que constituye el 90 % aproximadamente de los sólidos disueltos en el agua.

La composición mineral del agua de bebida influye no sólo sobre la ingesta de agua, sino también del alimento, condicionando así los niveles productivos alcanzados (Pérez-Carrera, A *et al.*, 2007).

El agua no es considerada habitualmente como fuente de mineral, aunque para el caso de bovinos aporta hasta un 20 % de Ca, 11 % de Mg, 35 % de Na y 28 % de S requerido en la dieta. En muchos casos, el aporte de minerales del agua adquiere importancia productiva en la dieta y debería considerarse a la hora de formular las raciones (Bavera *et al.*, 2001; Jim Linn, 2008).

En la zona central de Argentina, las pasturas son deficientes en sodio y el agua de bebida es la principal fuente de obtención de este mineral.

### 2.10. Condición Corporal (C.C)

La C.C es producto del manejo y la nutrición e influye en forma importante sobre la reproducción, tal como lo expresan distintos autores (Román-Ponce, 1992; Arreguín *et al.*, 1997; Galina, 1997). El efecto de la nutrición sobre la reproducción depende en gran parte de cambios en el régimen alimenticio de las vacas en el momento del parto y los cambios se expresan directamente en la condición corporal de las mismas. Es importante su evaluación en momentos estratégicos como el servicio, secado, parto y posparto (González Stagnaro, 1995).

En la tabla 2 se muestran los criterios propuestos por Wagner *et al.* (1988), para medir CC:

Criterios para medir CC	Calificación de 1 a 5
Vaca severamente flaca y físicamente débil; todas las costillas y la estructura ósea son obviamente visibles.	1
Moderada; sólo se pueden ver las últimas 2 o 3 costillas, existe poca grasa en punta de pecho y en la inserción de la cola	2,5
Muy obesa. Gran acumulación de grasa en las cavidades de la inserción de la cola y en la ubre.	5

TABLA 2: Criterios de clasificación de la C.C propuestos por Wagner *et al.*, (1988).

En general, la condición corporal mínima requerida al parto es de 3,0 (escala 1 - 5), con criterios que van de 2,5 - 3,0 y 3,5 (Weaver, 1992). El efecto de la C.C al parto sobre el intervalo entre partos es mayor cuando la condición corporal es muy pobre, menor cuando la condición mejora y siendo muy marginal cuando la C.C de la vaca es excelente (Selk *et al.*, 1988).

Otros autores (Parker, 2001; Keown, 2002); mencionan que la CC deseable durante el período seco tardío y al parto debe ser de 3,5 con rangos de 3,0 - 4,0. Al inicio de la lactancia el deseable es de 2,0 con rangos de 1,5 - 2,0 y a mitad de la lactación de 2,5 con límites de 2,0 - 2,5; mientras que la pérdida de CC deberá ser de 0,5 - 1 punto durante los primeros 60 días de lactación. Una CC entre 2,5 y 3,5 es la indicada para una buena eficiencia reproductora en ganado lechero.

Se ha encontrado relación entre la calificación corporal con la producción de leche y fertilidad en vacas en pastoreo alimentadas con cantidades limitadas de concentrado. En vacas Holstein la mayor parte de la grasa corporal (50 – 70 %) se acumula en los tejidos subcutáneos y muscular asimismo la grasa intra- abdominal constituye del 23 % al 30 % de la grasa total corporal del animal. Un punto de cambio en la C.C equivale de 25 - 60 kg de deficiencia en el peso vivo (Otto *et al.*, 1991).

La utilización de reservas corporales jugaría un rol primordial durante el parto y las 5 primeras semanas de lactancia debido a una disminución en el consumo voluntario y a un aumento marcado en la demanda de aminoácidos establecidos por el desarrollo fetal y el inicio de la lactancia (Tamminga *et al.*, 1997).

Los desórdenes metabólicos más comunes están relacionados por un lado a la nutrición mineral, donde el Ca, P, K, Cl, S y Na; juegan los roles más importantes en el balance mineral y por el otro al desequilibrio energético de las dietas que puede conducir a una condición corporal inadecuada (vacas muy flacas ó con exceso de gordura) al momento del parto (Grohn *et al.*, 1990; Fandiño *et al.*, 2006).

La condición corporal es la forma más rápida y menos complicada de evaluar las reservas de los tejidos y un buen estado nutricional, razón por la cuál se seleccionaron animales que tenían una CC acorde al estado fisiológico bajo estudio y sanos (buen

estado clínico), que nos permitiría decir que no habría compromiso de los otros perfiles metabólicos y la investigación estaría centrada en los minerales.

#### 2.11. *Cruza Jersey-Holando en la Cuenca Lechera Santafesina*

La cruce Jersey-Holando ha sido evaluada internacionalmente (Barton *et al.*, 1968; Hind, 1978); la misma ha sido incorporada a la cuenca lechera santafesina porque están más adaptados a las altas temperaturas y a la elevada humedad de la región en la estación investigada. Sin embargo, no siempre es posible extrapolar los resultados obtenidos en condiciones de manejo diferentes (Leiva *et al.*, 2005).

Cuando la temperatura del aire excede los 27 °C, aún con presencia de baja humedad relativa, la temperatura efectiva está por encima de la zona termoneutral de la vaca lechera en producción (Buffington *et al.*, 1981). En estas condiciones el proceso de homeostasis se afecta negativamente por estrés calórico, conduciendo a una serie de cambios fisiológicos y de comportamiento para poder mantener el balance térmico y las funciones orgánicas. La disminución en el consumo de alimento, la reducción en la tasa metabólica, el incremento en la tasa respiratoria, el aumento en el consumo de agua, los cambios en las concentraciones hormonales, la elevada pérdida de agua por evaporación y los cambios en los requerimientos de mantenimiento son algunas de las respuestas al estrés por calor (Fuquay, 1981).

Cuando el estrés por calor se asocia con alta humedad tiene influencia aún más negativa, no sólo en la producción de leche durante todas las etapas de la lactancia, sino también durante el período seco.

La raza Jersey es más tolerante al estrés térmico que la Holando (Holstein Frisian). El límite superior de la zona de termoneutralidad para la producción de leche es 5 °C



más alto que para las vacas Jersey. Debido a que en la cuenca lechera central Argentina los sistemas de producción son fundamentalmente pastoriles, el factor climático debe ser considerado (Leiva *et al.*, 2005).

Los productores se mostraron interesados por conocer la composición mineral en los rodeos de cruce Holstein-Frisian y debido a la falta de antecedentes regionales, se considero un campo en la presente investigación.

La incorporación de ésta cruce por los tamberos se debe a que se adaptan mejor al clima de la zona y mejora el contenido graso de la leche. Los campos estudiados son a pastoreo, por ser el sistema de producción que predomina en la región.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción de los Establecimientos

En el presente trabajo de investigación, se recolectaron 180 muestras de suero de bovinos lecheros y 90 muestras de leche; es importante destacar que el 33,33 % de las muestras de suero y de leche pertenecen a animales de cruce Holstein-Jersey.

El 96,67 % de los animales estudiados, fueron vacas con una o dos pariciones y el 3,33 % restante eran vaquillonas de primera parición. Las vacas Holstein Friesian pesaban  $550 \pm 25$  kg y las vaquillonas de la misma raza  $500 \pm 25$  kg de peso vivo. Los animales de la cruce Holstein- Jersey pesaron  $480 \pm 25$  kg.

Las producciones de leche promedios correspondiente a los animales en ordeño fueron 19 L / vaca por día; 18 L / vaca por día y 17,5 L/ vaca por día en los rodeos de los campos A, B y C respectivamente. El promedio de litros producidos entre los tres establecimientos fue de  $18,17 \pm 0,76$ .

Además, es importante destacar que la investigación se desarrolló en tres tambos relacionados con actividades educativas, dos de ellos pertenecían a Escuelas Agrotécnicas y otro de propiedad de un docente de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Litoral que pone a disposición de los alumnos al momento de realizar la práctica en la guardia de grandes animales; todos ellos en estrecha vinculación con la Cátedras de Producción Animal de la facultad antes citada. Los campos pertenecían al departamento Las Colonias, ubicados en la región central de la provincia de Santa Fe; principal Cuenca Lechera Argentina caracterizada por la destacada producción agrícola - ganadera.

Se aclara, que a cada establecimiento se lo ha denominado como se detalla a continuación:

Campo A: la Escuela de Agricultura, Ganadería y Granja. F.C.V y F.C.A. U.N.L.

Campo B: a la Escuela Agrotécnica N° 299 "Carlos Sylvestre Begnis".

Campo C: al Establecimiento Agropecuario "Mundo Nuevo".

A continuación, en la tabla 3 se detalla que se trabajó con 15 vacas lecheras (razas Holstein Friesian y de la craza Holstein-Jersey) en cada uno de los cuatro períodos fisiológicos, de los tres campos mencionados anteriormente.

<b>Departamento Las Colonias</b>	<b>Ubicación Geográfica</b>	<b>Caracterización de los animales</b>
<b>Campo A</b>	Norte de la localidad de Esperanza; a 35 km de Santa Fe. Latitud: 31° 23' 42,37'' S Longitud: 60°54'50,44'' O	Raza: Holstein Friesian Categoría: vacas y vaquillonas. Edad: 3- 4 años N° de animales: 15
<b>Campo B</b>	Cantón de Zárate - Sa Pereira, departamento Las Colonias Latitud: 31° 33' 34,36'' S Longitud: 61° 20'26,52'' O	Raza: Holstein Friesian Categoría: vacas y vaquillonas. Edad: 3- 4 años N° de animales: 15
<b>Campo C</b>	Esperanza, provincia de Santa Fe. Latitud: 31° 25' 45.13'' S Longitud: 60° 58' 44.13'' O	Cruza: Holstein- Jersey Categoría: vacas y vaquillonas. Edad: 3- 4años N° de animales: 15

TABLA 3: Campos, ubicación geográfica y características de los animales del ensayo realizado entre los años 2007 y 2008 en el departamento Las Colonias, provincia de Santa Fe.

Los animales estudiados no fueron suplementados con minerales completo, como tampoco con sales iónicas, dentro de su dieta balanceada.

### *3.2. Material biológico y de laboratorio.*

#### *3.2.1. Animales*

Quince animales, en distintos estados fisiológicos, fueron seleccionados al azar de tres campos, con condiciones edáficas diferentes y pocos antecedentes regionales sobre la composición mineral; con asistencia veterinaria, control de producción oficial y registros sanitarios. Las explotaciones lecheras se encontraban libres de enfermedades zoonóticas según lo establecido en el Plan Nacional de Control y Erradicación de la Brucelosis y Tuberculosis Bovina.

Los animales fueron representativos del rodeo, para poder realizar un monitoreo en los niveles de minerales y así llegar a detectar algún problema subclínico, clínico.

Las variables respuestas (niveles de los minerales) fueron analizadas según un modelo mixto, que incluía el efecto de los campos, los períodos o estados fisiológicos y la interacción de ambos factores. Las pruebas se realizaron considerando un nivel de probabilidad del 5 %. También se calcularon estadísticas simples de las mismas variables.

Los estados fisiológicos estudiados fueron:

- Gestación (dos meses previos a la parición), en los meses de agosto del 2006 - 2007;
- Parto (15 días antes de la parición), en el mes de noviembre de 2006 - 2007;
- Posparto (15 días posteriores a la parición), en el mes de diciembre de 2006 - 2007;
- Lactación avanzada (2 meses posteriores a la fecha de parto), en el mes de febrero de 2007 - 2008.

Las hembras pertenecían a dos categorías: vacas de 3 a 4 años y vaquillonas. Las vacas eran de segunda lactancia y las vaquillonas de primera lactancia. Se trabajó con animales de producción de leche intermedia (16- 18 L · día<sup>-1</sup>) y con un consumo aproximado de 20 kg de materia seca en cada vaca por día. En uno de los establecimientos los animales pertenecen al cruzamiento alternado (criss-cross) de raza Holando tipo americano y raza Jersey de tamaño intermedio (480/530 kg de peso vivo).

Durante la etapa de producción las hembras se ordeñaron dos veces por día, a las 05:00 y a las 15:00 horas. Se destaca que a lo largo de los cuatro períodos fisiológicos, siempre se muestrearon los mismos animales.

El sistema de manejo fue semi-extensivo, permitiendo su desplazamiento a campo abierto. Los animales se encontraban bajo sistema de producción pastoril a base de alfalfa como principal componente de la dieta y sin suplementación mineral. El consumo de agua fue *ad libitum*.

Se evaluó la condición corporal (CC) en la gestación y durante el periparto (preparto y posparto), con una escala de 1 a 5 con cuartos intermedios (Ferguson *et al.*, 1994) por apreciación visual por parte del veterinario en cada bovino, inmediatamente después de haber sido tomada cada una de las muestras de sangre.

### 3.2.2. Alimentos consumidos por los animales

En el año 2007, se registró un período de cuatro meses de inundaciones, las cuales provocaron la pérdida casi total de las pasturas afectando de alguna manera la producción lechera.

Los verdes consumidos por los animales fueron avena y centeno en invierno y sorgo y maíz en el verano. En la tabla 5 se detallan los alimentos suministrados en condiciones pastoriles, a las vacas lecheras en sus respectivos estados fisiológicos.

<b>Departamento Las Colonias. Santa Fe</b>	<b>Períodos o Estados Fisiológicos</b>			
	<b>Gestación</b>	<b>Preparto</b>	<b>Posparto</b>	<b>Lactación</b>
Campo A	Pastoreo Balanceado 12% Forraje verde	Pastoreo Balanceado 12% Forraje verde	Pastoreo Balanceado 12% Forraje verde	Pastoreo Balanceado 12% Silo de maíz Sorgo forrajero
Campo B	Pastoreo Forraje verde Rollo de moha Silo de maíz	Pastoreo Forraje verde Rollo de moha Silo de maíz	Pastoreo Forraje verde Rollo de moha Silo de maíz Sorgo forrajero	Pastoreo Rollo de moha Silo de maíz Sorgo forrajero Balanceado 12% Semillas de algodón
Campo C	Pastoreo Maíz molido Silo de maíz Expeller de girasol Rollo paja de trigo	Pastoreo Maíz molido Silo de maíz Expeller de girasol Rollo paja de trigo	Pastoreo Maíz molido Silo de maíz Expeller de girasol	Pastoreo Maíz molido Silo de maíz Expeller de girasol

TABLA 4: Alimentos consumidos por las vacas lecheras en cada estado o período fisiológico en cada uno de los establecimientos del Departamento Las Colonias.

El término pastoreo presente en la tabla de alimentos, se refiere a la alfalfa y los forrajes verdes representan a verdes de invierno y verdes de verano.

Se aclara que la calidad de la leche se mantuvo apta para el consumo debido a los adecuadas condiciones de higiene y manejo sanitario en los animales en los tres campos; lo que permitió la su comercialización en la industria láctea de la zona.

### 3.2.3. *Material de laboratorio*

Todo el material de vidrio y de plástico se lavó con agua y detergente no iónico (solución al 1 %) y se mantuvo durante 48 horas en remojo para descontaminar en una solución de HNO<sub>3</sub> preparada al diluir volúmenes iguales de ácido y agua destilada. Eliminados los restos de minerales se enjuagó 3-4 veces con agua bidestilada antes de su uso.

En algunas ocasiones, se hicieron lavados más rápidos utilizando HNO<sub>3</sub> concentrado (recomendaciones de la AOAC 986.15) y posterior enjuague con agua desionizada. Este procedimiento se realizó con todo el material empleado en la recolección y procesamiento de las distintas muestras tomadas.

## 3.3. *Instrumental empleado para el estudio de los minerales*

3.3.1. FASS: Espectrofotómetro de absorción y emisión atómica de llama, tipo Perkin Elmer, Modelo 3110.

Este instrumento está compuesto por un fototubo como detector, una red de difracción UV-VIS de doble haz, tiene un chopper mecánico como modulador del haz y trabaja con lámparas de cátodo hueco.

FIAS: Espectrofotómetro de Absorción Atómica de llama con Generación de Hidruros y sistema de análisis por inyección en flujo, tipo Perkin Elmer, modelo 3110 con sistema de hidruros y mercurio FIAS 100 Perkin Elmer.



### 3.3.2. Otros Instrumentales comunes de laboratorio

- Balanza Scientech Modelo SP 150 de capacidad máxima 150 g.
- Centrífuga Rolco Modelo 2036; Baño termostatzado Dalvo Modelo BMA I 4.
- Estufa FAETA S.A con ventilación forzada de aire y control de temperatura.
- Mufla: marca THERMOLYNE modelo FD 1500/1200 °C (100-1100 °C ángulo de temperatura)/ 2,2 L con control de temperatura manual, cámara con aislación en fibra de cerámica, resistencia en techo y laterales con apertura horizontal.
- Heladera con Freezer Marshall.

### 3.3.3. Procesador de datos o soporte informático

- Computadora: Intel® Core (TM) 2 Duo CPU. Intel ® Atom (TM).

- Programas: Microsoft Office Excel 2007.

InfoStat® /Profesional versión 2.0, actualizado en 2002 y 2011.

### 3.4. *Reactivos Químicos*

Todos los reactivos empleados fueron de calidad analítica. A saber:

- Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado al 98 % de Merck;
- Ácido perclórico ( $HClO_4$ ) concentrado al 70 % de J. T. Baker;
- Ácido clorhídrico (HCl) concentrado al 38 % de Merck;
- Ácido nítrico ( $HNO_3$ ) concentrado al 65 % de Merck;
- Hidróxido de sodio (Na OH) concentrado de J. T. Baker;
- Cloruro de sodio (Na Cl) de J. T. Baker;
- Ácido tricloroacético (ATC) de Merck;
- Cloruro de potasio (KCl) al 20 % a partir de droga sólida de J. T. Baker;

- Óxido de lantano al 20 % preparado a partir de droga sólida de J. T. Baker;
- Cloruro de Cesio (CsCl) de J.T. Baker;
- Cloruro de Lantano (La Cl<sub>3</sub>) de J. T. Baker;
- Agua desionizada y purificada por el sistema MilliQ de la compañía Millipore.

El agua destilada ultra pura es monitoreada midiendo la resistencia a la conducción eléctrica que es menor a 18.200  $\mu\text{S cm}^{-1}$  a 25 °C y en el último paso dentro del proceso de obtención se filtra por membrana de 0,22  $\mu\text{m}$ .

- Detergente no iónico Noión de Wiener concentrado.

3.4.1. Método de muestreo: Toma de muestra, separación y conservación de la sangre de los bovinos.

La toma de las muestras se realizó de tal modo, que permitió evitar el estrés de los animales. El sitio de punción se limpió con alcohol 96°, en sentido contrario al crecimiento del pelo del animal y en forma circular del centro hacia la periferia. Posteriormente, se obtuvo sangre entera por punción de la vena yugular (vaso sanguíneo de aproximadamente 2 cm de diámetro que se ve y se palpa fácilmente en animales obesos), con una aguja hipodérmica de 40 x 1,2 mm y jeringa de 20 mL. Se aplicó presión manual sobre la punción, 30 a 60 segundos posteriores al sangrado. En todos los casos, se cuidó que la sangre se deslice por las paredes del tubo para evitar la formación de espuma (lo que provocaría la hemólisis y disminución del volumen de suero) y sin agitar, se colocó la tapa a los tubos.

Cada muestra de sangre se identificó con el nombre del establecimiento, número de caravana del animal. La raza, la edad, el estado fisiológico, e historia clínica se registró en una planilla de datos generales.

Obtenida la muestra de sangre, se colocó el tubo en la gradilla en posición vertical, se movió lo menos posible para no hemolizar la sangre y permitir la coagulación. Para favorecer la coagulación se incubó a 37 °C durante una hora. Posteriormente en el laboratorio, se dejó sin tapa cada uno de los tubos y con una aguja muy fina, se despegó el coágulo de las paredes sin romperlo. Luego que se hubo logrado una total retracción del coágulo, se centrifugó a 1500 rpm durante 10 minutos, dentro de las 6 horas como máximo de extraída la sangre. La muestra del mismo animal fue tomada en dos tubos, dentro de la misma punción; para contar con un suero duplicado y volumen suficiente para todas las determinaciones.

Es importante tener en cuenta los tiempos mencionados anteriormente para evitar la hemólisis, lo que ocasionaría alteraciones en los valores de los minerales a determinar. Cuando ocurrió lo antes mencionado se descartaron estas muestras de sangre y se trabaja con el tubo duplicado, y de faltar volumen para todas las determinaciones se muestreo nuevamente esa vaca en los 2-3 días siguientes.

El suero se separó con pipeta Pasteur descartable y se lo transfirió a un tubo de almacenamiento correctamente identificado que recibió el tratamiento para la determinación de minerales. Se trabajó únicamente con muestras de suero, ya que los anticoagulantes como las soluciones de citrato o EDTA (ácido etilendiaminotetraacético), suprimen los minerales hierro, sodio, potasio, calcio y al fosfato, por lo que interfieren en la técnica analítica de detección empleada. Las muestras se conservaron en un freezer (-20 °C). Antes de realizar el análisis, se homogenizaron las muestras por inversión, previa descongelación en baño maría hasta que se observó una sola fase.

#### 3.4.2. Toma de muestra y conservación de la leche de los bovinos

La muestra de leche fue tomada en el primer ordeño del día (05:00). Para esto, se trabajó con un pool de los cuatro cuartos de la glándula mamaria, tomadas por ordeño manual; en recipientes plásticos de único uso que previamente se lavaron con solución de ácido clorhídrico preparada diluyendo 5 mL de HCl concentrado en 100 mL de agua bidestilada, luego se enjuagó con agua un par de veces (2-3 veces).

Antes de realizar la recolección de la leche en los frascos, se descartó el primer chorro y se enjuagó con una pequeña porción de la muestra. El volumen tomado fue de 200 a 250 mL, rotulando el envase con número del animal, estado fisiológico y nombre del establecimiento.

La muestra se conservó a 4 °C en forma inmediata a su extracción, durante 20 días, luego para cada campo, se realizó el procesamiento de todas las muestras en la misma etapa fisiológica (posparto ó lactación). Antes de realizar las determinaciones de los minerales, la leche se homogenizó por inversión.

Las determinaciones por absorción atómica se realizaron una vez que se obtuvieron todas las muestras de los tres campos en los 2 estados fisiológicos, de manera que todas las muestras estuvieran sometidas a los mismos errores. Para esto, a medida que se recopiló la leche en cada período para cada uno de los campo; se realizó la calcinación de las muestras.

#### 3.4.3. Toma de muestra y conservación del agua

El agua de bebida que consumían los animales fue proveniente de perforaciones de pozos, y en cada uno de los establecimientos no se modificó la fuente de obtención a los largo de toda la investigación. Como la muestra se tomó una sola vez en cada campo,

solo podemos estimar los resultados obtenidos debido a la contaminación ambiental, las lluvias, el estado higiénico del bebedero, entre otras causas.

La muestra de agua se recolectó directamente del bebedero, enjuagando previamente el recipiente de plástico 2 o 3 veces con el agua a muestrear, en un volumen mínimo de un litro. En todos los casos se identificó con rótulo la muestra y se la conservó a 4 °C hasta las próximas 12 a 24 horas en que se realizaron las determinaciones. Las muestras se colectaron de cada uno de los bebederos en recipientes separados, luego se preparó una sola muestra sobre la que se hicieron las pruebas de laboratorio.

Las muestras de agua se acidificaron agregando al recipiente contenedor de la muestra de agua, 5 mL de una solución de HNO<sub>3</sub> al 2 % v/v para poder conservarlas hasta 15 días y evitar la descomposición de las mismas.

En los tres campos las muestras se tomaron en el primer período fisiológico y se procesaron al mismo tiempo. A lo largo de todos los otros muestreos se corroboró que la fuente de consumo de agua sea la misma.

#### 3.4.4. Toma de muestra de los alimentos y su conservación

Como mínimo se tomó 500 g de cada uno de los alimentos que formaba parte de la dieta de los animales.

Las muestras de pasto fresco, se tomaron de distintos puntos de la superficie total de pastoreo, a la altura que come el animal, cortando con una tijera, de modo tal de obtener una muestra representativa y lejos de las tranqueras y alambrados. Se colocó el pasto en una bolsa de residuos de nylon correctamente rotulada para su identificación. Entre la recolección y transporte al laboratorio se guardaron en una conservadora con hielo. Las

muestras se llevaron lo antes posible al laboratorio para evitar su descomposición y favorecer su conservación.

Para preservar todas las características originales del alimento, se procedió a interrumpir los procesos respiratorios y enzimáticos que pudieran degradar las muestras, por lo cual, se secó 8 horas en estufa a 100 °C - 110 °C. Si este procedimiento no se realizó en el día, las mismas se congelaron a - 4 °C hasta el momento del secado.

Las muestras representativas de los alimentos consumidos por los animales en los comederos fueron : a- Silo de maíz; de esta muestra se tomaron varias submuestras en distintos puntos de las capas medias del ensilado y descartando las capas superficiales del silo; b- Rollos de moha, se tomó y analizó la muestra de las capas externas e internas del rollo; c- Maíz molido y del sorgo forrajero, a partir de las cuales se tomaron varias muestras correspondientes a distintas zonas y a distintas profundidades.

Se tuvo en cuenta las mismas recomendaciones para la conservación y procesamientos que en las pasturas, previas a la determinación de los minerales por FAAS (Estación Experimental Agropecuaria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA INTA- Rafaela).

### *3.5. Determinación Analítica de minerales en diferentes muestras: procesamiento, análisis instrumental y cuantificación.*

#### *3.5.1. Procesamiento de las muestras*

Todas las muestras fueron procesadas para poder realizar las determinaciones de macrominerales y oligoelementos. Por contar con el instrumental y los métodos analíticos; más allá de los antecedentes bibliográficos del capítulo anterior, solo se

caracterizaron los minerales deficientes o carentes a nivel provincial y regional. A lo anterior, se suma la necesidad, importancia y utilidad de ésta información por los productores lecheros de la región.

#### 3.5.1.1. Muestras de Leche

La leche se homogenizó con movimientos suaves para evitar la formación de espuma. La destrucción completa de la materia orgánica por vía seca fue el método empleado para la obtención de las cenizas:

- a- Se pesó 50 g de cada muestra de leche en un vaso de precipitado, usando pipetas de 25 mL. Se registró el valor pesado y el número de la muestra.
- b- Se llevó a sequedad la leche en una Estufa a 100 °C durante 48 horas.
- c- Posteriormente, se realizó la rampa de temperatura en Mufla siguiendo las instrucciones que a continuación se detallan: 1- llevar la temperatura gradualmente desde los 100 °C hasta los 400 °C durante 1 hora, aumentando cien grados centígrados cada 20 minutos; 2- luego aumentar la temperatura hasta los 450 °C durante 1 hora y por último; 3- incrementar la temperatura hasta 500 °C dejando las muestras a esa temperatura durante 3 horas.

Al retirar las muestras de la mufla se debe observar si las cenizas son blancas. En el caso de observar cenizas grises o negras, se debe repetir la rampa de temperatura (segunda rampa) previo agregado de 20 gotas de ácido nítrico concentrado de tal forma que toda la ceniza se humedezca. Si la segunda rampa se realiza al día siguiente, se cubren los vasos de precipitado con papel film.

Para evitar la pérdida de cobre por volatilización, sobre todo en presencia de cloruros, se completó la digestión de la materia orgánica con la adición repetida de

ácido nítrico al proceso. Obtenidas las cenizas blancas se disolvieron en 2 mL de una solución de ácido clorhídrico HCl p.a (proanálisis) preparada a partir de 50 mL de HCl concentrado llevada hasta 100 mL con H<sub>2</sub>O desionizada, en el mismo vaso de precipitado. Por último se llevó a volumen final con agua bidestilada en matraz aforado de 10 ml.

La calcinación se logró finalmente entre 5 y 5:30 horas después de sacadas las muestras de la estufa. Las soluciones obtenidas de la leche se guardaron en frascos color caramelo y se rotuló con el número de muestra y el estado fisiológico.

#### 3.5.1.2. Muestras de Alimentos

A cada unidad de muestreo se le realizó una pesada y luego se procedió a extraer una porción de dicho material. Posteriormente las submuestras se mezclaron con todas las restantes unidades a evaluar, conformando una de no menos de 200 g para determinar el contenido de materia seca y evaluar la composición de los minerales a partir de las cenizas (EEA INTA- Rafaela).

El procedimiento se realizó en estufa, a las temperaturas de:

- 100 °C durante 8 horas, para determinar solamente materia seca (MS) y
- 60 °C - 65 °C durante 24 horas, para determinaciones químicas de los minerales en las cenizas.

Una vez sacadas las muestras fueron procesadas en un molino y tamizadas en una malla de 1 mm de diámetro para su posterior análisis. Luego, las muestras se guardaron en frascos de 100 g de capacidad.

La ceniza total está compuesta de macrominerales y microminerales, tantos propios del vegetal como adquiridos del ambiente. Las cenizas permanecen como residuos luego



de la calcinación de la materia orgánica del alimento. La calcinación debe efectuarse a una temperatura de 550 °C, como máximo, para que la materia orgánica se destruya totalmente, pero se tiene que observar que la temperatura no sea excesiva para evitar que los compuestos inorgánicos sufran alteración en reacción de fusión, descomposición, volatilización o por cambio de estructura (La incineración aparte de destruir toda la materia orgánica, cambia su naturaleza; las sales metálicas de los ácidos orgánicos se convierten en óxidos o carbonatos, o reaccionan durante la incineración para formar fosfatos, sulfatos o haluros. Algunos elementos como el azufre y los halógenos pueden no ser completamente retenidos en las cenizas, y pueden volatilizarse (Gallardo, 1998). La ceniza, consta de dos partes, una soluble en ácidos que contienen los minerales del alimento y una parte insoluble que representa fundamentalmente la sílice.

### 3.5.2. Análisis Instrumental

El método de Espectroscopia de Absorción Atómica (FAAS), se realizó por la técnica de atomizador de llama que consta de una celda de atomización que es un conjunto de nebulizador-quemador. Hay que tener en cuenta la naturaleza del producto, por ejemplo en los lácteos se debe considerar la proporción de materia grasa, para poder realizar la destrucción de la materia orgánica y preconcentración. Se usó el modo de emisión para determinar Na y K y el modo de absorción atómica para Ca, Mg, Cu, Fe y Zn.

Las interferencias químicas y las proteínas, en el seno de la llama pueden reaccionar unas con otras y modificar las características de la termólisis, a pesar de no ser detectadas en el momento de trabajo. Las interferencias físicas, es otra de las

condiciones a tener en cuenta. Estas actúan primero sobre parámetros como la cantidad de solución inyectada y sobre las propiedades físicas de la solución a analizar que siempre deben ser semejantes a las de la solución patrón. Todas estas interacciones se suprimen teniendo en cuenta el uso de reactivos muy puros y sin contaminación de las muestras y material de trabajo.

En los casos en que la muestra recibió algún tratamiento específico para la determinación de un mineral, los estándares también fueron sometidos al mismo proceso. En todos los casos se utilizaron reactivos de calidad p.a. y estándares con los que se efectuaron las calibraciones. Cada muestra se procesó por triplicado y los valores  $\leq 5\%$  fueron promediados; por el contrario, la réplica se realizó hasta obtener tres valores promediados. Todas las determinaciones fueron validadas y controladas periódicamente con material de referencia certificado.

Se trabajó en condiciones estándar y se prepararon blancos de cada reactivo en los procedimientos de la determinación de cada mineral.

Se realizaron curvas de calibración (concentración versus A), para cada mineral a determinar, por lo que se prepararon soluciones estándares que cubran la región lineal de la curva de calibración (Se debe considerar si la muestra fue diluida al momento de hacer los cálculos). Entre una muestra y otra se enjuagó con agua destilada y reestabilizar la absorbancia al cero en todo momento).

#### 3.5.2.1. Determinación de minerales en suero por Absorción Atómica

Los minerales incluidos en el perfil serológico fueron: calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cobre, hierro, cinc y selenio.

Se ha decidido estudiar el fósforo en los estados fisiológicos de posparto y lactación, porque éste tiende a descender cuando es máxima la producción de leche; situación que fue observada por Kincaid en 1993 y Salazar (2005), y además porque estas determinaciones permiten tener un reflejo del consumo del animal. Las determinaciones de fósforo (P) inorgánico se realizaron por método colorimétrico, que se fundamenta en la reacción en medio ácido con el molibdato para producir fosfomolibdato, que se reduce por el ácido ascórbico a azul de molibdeno, desarrollándose el color en medio arsenito/citrato (El arsenito/citrato se combina con el exceso de molibdato impidiendo su reacción posterior con el fosfato liberado de los esteres lábiles). El color obtenido se midió entre 620 y 650 nm.

Para la destrucción de la materia orgánica en la aplicación de FAAS y FIAS, se calentó 1 mL de suero en una plancha calefactora a 90 °C con 5 mL de ácido nítrico concentrado durante 2 horas, aproximadamente.

Para la determinación de selenio en suero se realizó una pre-reducción de Se (VI) a Se (IV) con la adición de 10 mL de agua destilada y 10 mL de ácido clorhídrico concentrado. La mezcla se calentó a 90 °C durante 15 minutos y luego se enrazó a 50 mL con agua destilada.

Se prepararon las soluciones patrones en agua y se agregó tanto al suero como a los estándares  $\text{LaCl}_3$  (lantano), al 0,2 % m/v para evitar algunas interferencias en el Ca y el Mg; en el Na y K se agregó CsCl al 0,1 y 0,2 % m/v respectivamente; para el Zn y el Cu se agregó solución acuosa con glicerol al 5 y 10 % v/v respectivamente para equiparar las viscosidades del suero, y en el Fe se agregó solución acuosa con un 10 % v/v de Tricloroacético (ATC) para desproteinizar el suero (precipitar proteína y

hemoglobina) y obtener el Fe total. El suero más el ATC se calentó y centrifugó, midiendo el hierro del sobrenadante.

Los minerales se determinaron respetando las técnicas propuestas por la AOAC. Para la determinación de cobre, se diluyeron las muestras, usando el mismo volumen de agua desionizada. Para la determinación de cinc, se preparó una dilución 1:5 de la muestra con agua desionizada.

El estándar de cobre se preparó a partir de una solución estándar al 10 % v/v en glicerol. La solución del blanco de cobre fue una solución de glicerol al 10 % v/v. El estándar de cinc se preparó por dilución de la solución estándar al 5 % v/v. Se usó una solución blanco al 5 % v/v de glicerol en la determinación de cinc.

La preparación de la solución estándar de selenio se preparó con HCl 2,4 M para que la curva de calibrado sea entre los rangos de 0-40 microgramos · litro<sup>-1</sup>. Se preparó HCl 10 % v/v como solución de transporte y borohidruro de sodio 0,2 % m/v en NaOH 0,025 % m/v para el sistema FIAS.

### 3.5.2.2. Determinación de minerales en leche por Absorción Atómica

En la leche se determinaron los minerales: calcio, magnesio, sodio, potasio, cobre, hierro y cinc.

La solución en ácido clorhídrico de la ceniza obtenida en el punto 3.4.1, se nebulizó en la llama del aparato de AA. La reproducibilidad de esta técnica es del 5%.

Las soluciones patrones para el Ca, Mg, Na y el K fueron idénticas al suero, mientras que para Cu, Fe y Zn se prepararon en agua destilada (Al igual que en las muestras de suero, para la determinación de calcio se debe agregar lantano a la dilución de las cenizas). Los demás minerales no recibieron ningún tratamiento especial.

Método de multielementos (AOAC 1990 - 986.15):

Se preparó solución de HCl 8M diluyendo 66 mL de HCl en 100 mL de agua (Se debe descontaminar los recipientes digestores con los reactivos que se usaron en la digestión). La solución estándar de cinc de 1 mg/mL, se preparó disolviendo 1,000 g de polvo de cinc en 20 mL HCl diluido 1+1 aa y diluyendo a volumen final de 1 L con agua bidestilada. Las soluciones de trabajo 0,2; 0,5; 1,0 y 1,5  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  se prepararon pipeteando 1 mL de la solución estándar y llevando a 100 mL con agua bidestilada. Se pipetearon 2; 5; 10 y 15 mL de la solución anterior y se colocaron en frascos que contenían 1 mL  $\text{HClO}_4$ , luego se llevaron a un volumen final de 100 mL con agua bidestilada.

Para la digestión se pesaron 0,3 g de muestra (seca), en un recipiente descontaminado, se agregaron 5 mL de ácido nítrico concentrado y tapado el recipiente se calentó a 150°C durante 2 hs. Frío y tapado, se removió el recipiente del digestor y transfirió el contenido a un frasco de 10 mL. Se adicionaron 4 mL de agua al recipiente y tapado, se invirtió varias veces. Después se agregó al frasco lo enjuagado y se diluyó con agua bidestilada hasta los 10 mL del frasco. Finalmente el contenido del frasco se mezcló.

Para la determinación de Zn por AA, se pipetió una alícuota de 1 mL de la muestra digerida y se colocó en un matraz aforado de 25 mL descontaminado, se adicionó 0,1 mL de ácido perclórico. Se calentó hasta el desprendimiento de humo blanco de ácido perclórico (La completa digestión de la muestra se indica por un humo limpio y prácticamente incoloro). Si la muestra se llegaba a carbonizar, se debía adicionar gota a gota 0,5 mL de ácido nítrico y nuevamente calentar hasta desprendimiento de humo blanco. Finalmente, se calentó justo hasta sequedad pero sin calcinar la muestra. Una

vez enfriado, se disolvió el residuo con 3 mL de  $\text{HClO}_4$  en una dilución de 1 parte de ácido en 99 partes de agua (En la curva de calibración, se obtiene los  $\mu\text{g}$  de Zn para cada alícuota de muestra, a partir de la Absorbancia de esa curva).

Se pesó entre 2-10 g de cenizas secas en una cápsula de porcelana y se llevaron a horno a  $550\text{ }^\circ\text{C}$ , durante 4 hs. Una vez frío, se agregaron 10 mL de HCl 3N, se tapó la solución con un vidrio de reloj e hirvió hasta ebullición suavemente 10 minutos. Frío y filtrado a un frasco de 100 mL se llevó a volumen con agua bidestilada. A continuación se diluyó con HCl 0,1-0,5 N; excepto para el macromineral calcio (El calcio se diluye al final si es mucha la concentración en la muestra).

Procesada la muestra como se indicó anteriormente, se adicionaron 25 mL de ácido nítrico por cada 2,5g de ceniza y se diluyó la solución en 100 mL con agua (La digestión se debe producir por calentamiento bajo del plato, usando 600 mL en un vaso cubierto por un vidrio de reloj). Posteriormente se diluyó con HCl 0,1- 0,5 N para completar el procesamiento.

### 3.5.2.3. Determinación de los minerales en los alimentos

Para la determinación de los minerales en los alimentos, se deben preparar soluciones estándar (AOAC 1990 - 968.08).

Las soluciones estándar de cobre al  $1000\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  se prepararon disolviendo 1,000 g de Cu metálico puro en mínimo volumen de  $\text{HNO}_3$  y se adicionaron 5 mL de HCl concentrado. Luego se evaporaron (las soluciones) hasta sequedad y se llevaron hasta 1 L con HCl 0,1 N.

Las soluciones estándar de hierro al  $1000\ \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  se prepararon disolviendo 1,000 g de alambre de Fe puro en 30 mL de HCl 6 N y se diluyeron hasta un volumen final de un L.

La solución estándar de calcio al  $25 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  se preparó disolviendo 1,249 g de  $\text{CaCO}_3$  en mínimo volumen de  $\text{HCl}$  3 N y diluyendo a 1 L con agua bidestilada. Se tomaron 50 mL y se diluyeron hasta 1 L. Se prepararon soluciones de trabajo en las concentraciones 0; 5; 10; 15 y  $20 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  de calcio al 1% en lantano, para ello se le agregó 5 mL de la solución estándar de La a 0; 5; 10; 15 y 20 mL de la solución estándar de Ca y se llevo a volumen final de 25 mL con agua desionizada.

La solución estándar de magnesio al  $1000 \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  se preparó disolviendo 1,000 g de Mg metálico puro en 50 mL de agua destilada y lentamente se adicionó 10 mL  $\text{HCl}$  concentrado. Luego se diluyó a 1 L.

Las soluciones estándar de sodio al  $1 \text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  se prepararon secando el  $\text{NaCl}_2$  horas a  $110^\circ\text{C}$  y enfriando en desecador, luego se pesaron 2,5421 g y se diluyeron a 1 L con agua bidestilada. Las soluciones de trabajo de sodio al 0,01; 0,03 y  $0,05 \text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ , se prepararon pipeteando 1, 3, y 5 mL de la solución estándar de sodio y 7 mL de la solución estándar de K en 2 mL  $\text{HNO}_3$ , que luego se diluyeron hasta 100 mL con agua bidestilada. La solución de trabajo de Na para la AA en llama de 0,00003; 0,0001; 0,0003 y  $0,0005 \text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$  se prepararon pipeteando 1 mL de la solución estándar y se diluyeron hasta volumen final en un frasco de 100 mL con agua bidestilada. Se pipetearon 0,3; 1,0; 3,0 y 5,0 mL de la solución estándar diluida y se diluyeron hasta 100 mL con agua bidestilada.

Las soluciones estándar de lantano al  $50 \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  se prepararon disolviendo 58,65 g de  $\text{La}_2\text{O}_3$  en 250 mL de  $\text{HCl}$  concentrado y se diluyeron a 1 L.

La solución de  $\text{CsCl}$  al 10% m/v se preparó pesando 12,7 g de  $\text{CsCl}$ , se transfirió a matraz de 100 mL y se diluyó con agua destilada desionizada a ese volumen y se mezcló (La solución dura 6 meses).

Los digeridos de las pasturas no se trataron de ninguna manera en especial, solo se debió agregar lantano para la determinación de calcio. Todas las mediciones se hicieron por triplicado y se considero el valor promedio en cada una de las determinaciones al momento de comparar los resultados entre los establecimientos.

#### 3.5.2.4. Determinación de minerales en agua

Los niveles de sulfatos en el agua de bebida se determinaron por turbidimetría, precipitando el ión sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) con cloruro de bario en un medio ácido. La absorbancia de los cristales de sulfato de bario formados fue medida por espectrofotometría a 420 nm, método AOAC (1990, Capítulo 11).

Para la determinación de Cu, Fe y Zn, en muestra de agua se aplicó el método descrito por la AOAC (1990, Capítulo 11). Se separaron los metales en suspensión por filtración con membranas y la suspensión se disolvió y analizó.

Se debió utilizar agua destilada desionizada, ácido nítrico diluido (500 mL  $\text{HNO}_3$  en 1 L de agua), ácido clorhídrico diluido a partir de 500 mL de HCl en 1 L de agua (Se debe utilizó vidrio Pyrex lavado con detergente y agua; remojado durante una semana con  $\text{HNO}_3$  diluido y enjuagado con agua).

Se prepararon soluciones estándar de metales para obtener soluciones de concentraciones finales de  $1,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . Para esto se pesaron, en vasos por separado, 1,000 g de Cu, Fe y Zn; se adicionaron como medio de dilución 5 mL de  $\text{HNO}_3$ , en el caso del hierro y del cobre y 10 mL de ácido nítrico en el cinc. Una vez disuelto el metal se transfirió a un frasco y se llevó a volumen final de 1 L con agua desionizada (Las soluciones de trabajo se prepararon diariamente, diluyendo una alícuota de la solución estándar con agua para preparar soluciones  $\geq 4$  de cada mineral adicionando 1,5 mL  $\text{HNO}_3$  L).



La solución estándar de lantano de  $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  en HCL al 5 % v/v se preparó adicionando lentamente 250 mL de HCl a 58,65 g  $\text{La}_2\text{O}_3$  (99,99 %); se disolvió y diluyó a 1 L (Al final las diluciones contienen 1 % m/v de La).

Para filtrar la muestra de agua se utilizó una membrana de 0,45  $\mu\text{m}$ . Primero se enjuagó el frasco con 50-100 mL, luego se agregó filtrado y se preservó solución para adicionar a 3 mL de  $\text{HNO}_3$  (dilución 1 +1) en 1L de agua desionizada. Obtenida la suspensión de los metales, se transfirió el residuo y la membrana a un vaso de 250 mL y se agregaron en ese momento 3 mL de  $\text{HNO}_3$ . Se cubrió con un vidrio de reloj y se calentó lentamente hasta disolver la membrana. Se aumentó la temperatura y evaporó hasta sequedad. Una vez frío se agregaron 3 mL de  $\text{HNO}_3$  y se calentó hasta completar la digestión (generalmente indicada por un ligero color del residuo). Se adicionaron 2 mL de HCl (volúmenes iguales de soluto y solvente) y se calentó lentamente para disolver el residuo. Se enjuagó el vidrio de reloj y el vaso con agua y luego se filtró. Posteriormente se realizó una dilución del filtrado con agua para poder entrar dentro del rango de concentraciones detectables por el instrumento.

Para los metales totales, se transfirió una alícuota de una mezcla a un vaso y se agregaron 3 mL de  $\text{HNO}_3$ . Se calentó y evaporó hasta sequedad sin hervir. Una vez frío se agregaron 3 mL de  $\text{HNO}_3$  y se calentó hasta completar la digestión (generalmente indicada por un ligero color del residuo). Se adicionaron 2 mL de HCl (1 volumen de ácido en 1 volumen de agua) y se calentó lentamente para disolver el residuo. Se enjuagó con agua el vidrio de reloj y el vaso, luego se filtró.

### 3.5.3. Cálculo de las concentraciones de minerales en las distintas muestras

Para poder realizar el cálculo de las concentraciones, se calibró el equipo de Absorción Atómica antes de proceder al análisis de las muestras de suero, leche,

forrajes y agua. Se probó la calibración con los estándares de calibración cada 10 muestras. Si el análisis con los estándares indicaron que el equipo había salido de calibración por dar lecturas > 3 % del valor original, este se recalibró.

Para realizar las lecturas de la absorbancia, se emplearon las siguientes longitudes de ondas ( $\lambda$ ) en nanómetros (nm), según cada mineral:

Macrominerales: Ca a 422,7 nm; Mg a 285,2 nm ; Na a 589 nm; K a 766,5 nm.

Microelementos: Cu a 324,7 nm; Fe a 248,3 nm; Zn a 213,9 nm y Se a 196 nm.

La computadora calcula la concentración de cada elemento en cada muestra diluida en  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ . El procesador de datos usa una ecuación para convertir esos valores en  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  de la muestra original que está preparada para alimentar en la fórmula la concentración en  $\mu\text{g/g}$  de la muestra pulverizada.

$$C = A \times (50 \text{ mL} \times B^{-1})$$

Donde:

$A$  = concentración ( $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) de los elementos a determinar por la computadora;

$B$  = volumen o peso de la muestra en mL o g;

$C$  = concentración del elemento en la muestra,  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  o  $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  dependiendo del valor de  $B$ .

8. ANEXO: Se presentan los valores obtenidos y una de las curvas de calibración con los valores de las concentraciones versus las absorbancias o las unidades de emisión obtenidas para los macrominerales y oligoelementos analizados y determinados en la presente tesis. También en él, se contempla la Composición mineral de la leche de vaca, pasturas y aguas de bebida de bovinos y los Requerimientos nutricionales de bovinos.

## **4. RESULTADOS**

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Análisis Estadístico de las muestras

Se escogieron 15 vacas (N) en cada uno de los estados fisiológicos (gestación, parto, posparto, lactación), lo que permitió realizar comparaciones entre los grupos de animales de tres campos y en cuatro períodos o estados fisiológicos. Los valores promedios ( $\bar{X}$ ) y desviaciones estándares (DE) de las variables sanguíneas de los macrominerales y los microminerales en muestras de suero, así como también, en los cuatro períodos en estudio y en los tres establecimientos, se presentan a continuación.

Los animales de los campos A y B pertenecieron a la Raza: Holstein Frisian, y los bovinos del campo C a la cruce Cruza: Holstein- Jersey.

#### 4.1.1. Muestras de suero

Cada resultado obtenido por AA fue volcado en una hoja de cálculo del programa Excel. Las Gráficas de Barra y las tablas se realizaron con el programa Infostat ® a partir de muestras de suero bovino.

##### 4.1.1.1. Macrominerales

###### 4.1.1.1.1. Calcio

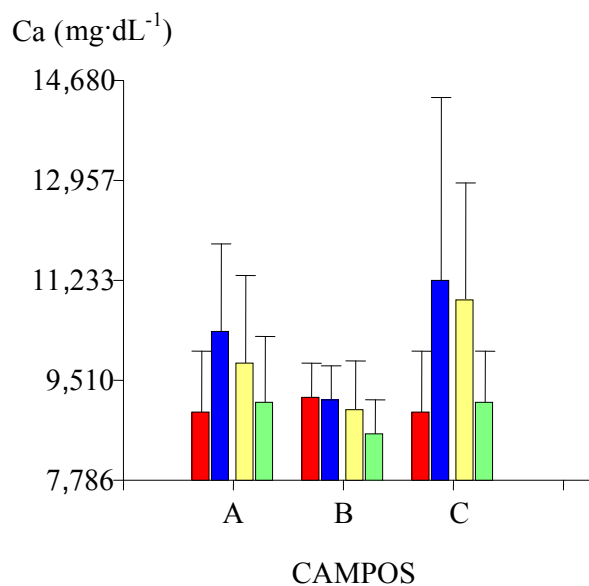
Se encontró homogeneidad en los valores promedios de calcio durante la gestación en todos los rodeos estudiados. Los valores promedios del calcio durante la gestación fueron: 8,980 mg·dL<sup>-1</sup>; 9,223 mg·dL<sup>-1</sup>; 8,981 mg·dL<sup>-1</sup> y los valores encontrados en la lactación, fueron: 9,113 mg·dL<sup>-1</sup>; 8,60 mg·dL<sup>-1</sup>; 9,118 mg·dL<sup>-1</sup> en los campos A, B y C respectivamente. Los valores medios de Ca en ambos períodos y en los tres campos antes mencionados fueron inferiores al rango referencial (tabla III del Anexo 8).

Se observó el valor medio más altos de Ca en el período de parto del rodeo C (11,233 mg·dL<sup>-1</sup>). La tendencia del calcio observada en los Campos A y C en los cuatro

estados fisiológicos fue similar. En el periparto los valores se encontraban comprendidos dentro del rango referencial detallado en la tabla III del Anexo 8.

Los valores promedios del calcio en el campo B para el periodo de preparto fue 9,160 mg·dL<sup>-1</sup> y en el posparto de 8,967 mg·dL<sup>-1</sup>; dichos valores se encontraban por debajo de los valores referenciales citados en la tabla III del Anexo 8 y en particular, los citados por el laboratorio de bioquímica de INTA Balcarce. Por otra parte, en el campo B respecto de los rodeos A y C se encontró en general el valor más bajo del mineral; excepto en la gestación.

Los valores promedios del Calcio con sus respectivos desvíos estándares en cada Campo de la región centro de Santa Fe para los cuatro periodos investigados, se presentan en la figura 1.



(InfoStat/Profesional versión 2.0, actualizado en 2002)

Referencias: ■ Período de Gestación ■ Período de Preparto  
■ Período de Posparto ■ Período de Lactación

FIGURA 1- Concentraciones medias de Calcio (Ca) sérico de vacas lecheras, en cuatro periodos del ciclo productivo (gestación, preparto, posparto, lactación), en tres campos de la región central de Santa Fe.

En la tabla 5, se presenta el Valor-F y Pr obtenidos para de variable calcio, analizada según los estados fisiológicos correspondiente a los rodeos A, B y C. La denominación zona; en la segunda columna, hace referencia a los establecimientos o campos estudiados.

La interacción zona\*período fue significativa ( $p < 0,05$ ), por lo tanto se analizaron los promedios de los distintos períodos de la variable Ca, dentro de cada zona. No se encontraron diferencias para la zona B, en cambio si se manifestaron en la zona A y C. En ambas se detectaron diferencias entre las medias del período parto y posparto con respecto a las de los períodos de gestación y lactancia.

Apertura: interacción período dentro de la misma zona

Efecto	Zona	DF	DF	Valor-F	Pr > F
Zona*período	A	3	126	2.97	0.0342
Zona*período	B	3	126	0.57	0.6339
Zona*período	C	3	126	9.97	< 0.0001

TABLA 5: Efecto campo ó zona en los cuatro periodos fisiológicos para el calcio.

#### 4.1.1.2. Magnesio

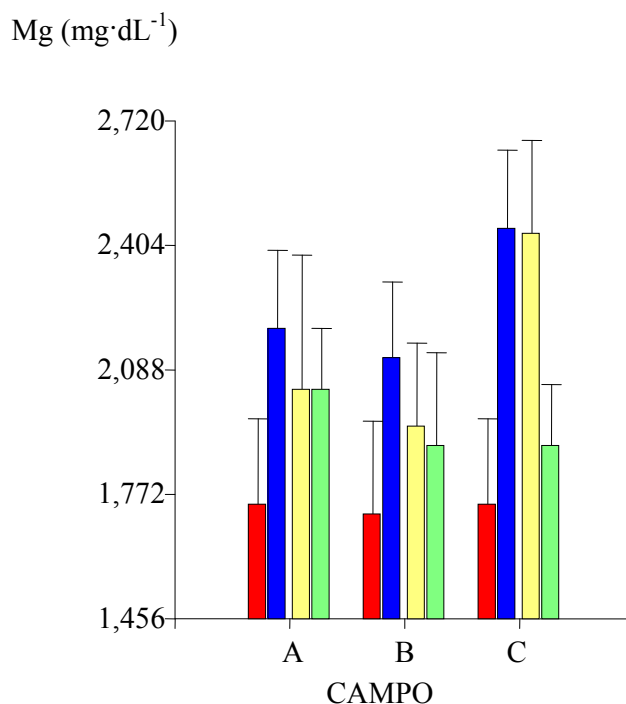
Se observó homogeneidad en los valores promedios de Mg durante el periodo de gestación, en los tres campos investigados; durante este estado fisiológico los valores medios de magnesio se encontraron por debajo del rango referencial (Anexo 8: tabla III).

Los valores medios más altos de Mg, se observaron en el período de parto en todos los tambos estudiados; a saber:  $2,193 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$ ;  $2,120 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$  y  $2,447 \text{ mg}\cdot\text{dL}^{-1}$  en los campos A, B y C, respectivamente.

Durante el posparto el valor medio más elevado de magnesio se encontró en el rodeo C (2,433 mg·dL<sup>-1</sup>). Por otra parte, el valor medio más alto de Mg en la lactación (2,040 mg·dL<sup>-1</sup>) se observó en el rodeo A.

La tendencia de los valores medios del Mg en la gestación, parto y posparto, observada a partir del análisis de datos; si bien fue similar para los tres campos, en A y B se observó mayor semejanza con respecto a los valores medios de magnesio.

La figura 2 muestra los valores promedios del magnesio, con sus respectivos desvíos estándares en cada Campo de la región centro de Santa Fe para los cuatro periodos investigados.



(InfoStat/Profesional versión 2.0, actualizado en 2002)

Referencias:

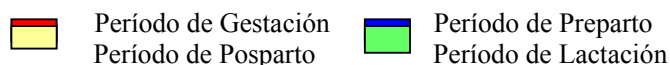


FIGURA 2- Análisis estadístico por el programa InfoStat ( $\bar{X} \pm DS$ ) de los datos correspondientes al Magnesio (Mg) sérico de vacas lecheras en 4 periodos del ciclo productivo (gestación, parto, posparto, lactación) en tres Campos de la región central de Santa Fe.

Se pudo establecer para la variable Magnesio, a partir de la interacción zona\*período una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), por lo tanto se analizaron los promedios de los distintos períodos, dentro de cada Establecimiento investigado. El Valor-F y Pr que se presenta en la tabla 6 permitió concluir sobre la probabilidad antes mencionada. En los campos A y B se detectaron diferencias entre las medias del período posparto y lactación con respecto a los períodos de gestación y parto. En el campo C se detectó diferencias entre las medias del período parto y posparto con respecto a los períodos de gestación y lactación.

Apertura: interacción período dentro de la misma zona

Efecto	Zona	DF	DF	Valor-F	Pr > F
Zona*período	A	3	126	12.36	< 0.0001
Zona*período	B	3	126	9.62	< 0.0001
Zona*período	C	3	126	46.69	< 0.0001

TABLA 6: Efecto campo ó zona en los cuatro periodos fisiológicos para el magnesio.

#### 4.1.1.3. Sodio

Los valores medios más elevados de sodio, se observaron en los períodos de parto (147,92  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) y posparto (150,18  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) en el Campo C.

Los valores más bajos de Na respecto de los cuatro períodos analizados, correspondieron a la lactación; ellos fueron: 130,36; 129,37; 129,44  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  para los campos A, B y C respectivamente.

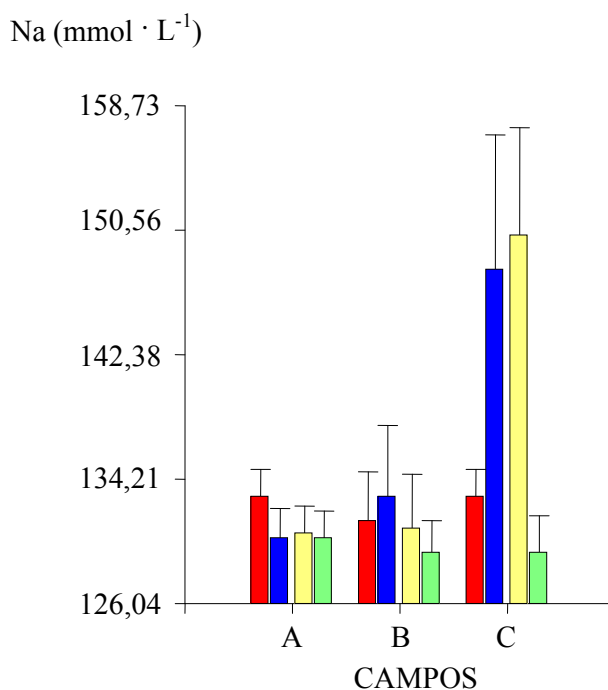
En el período de gestación, se observó que el valor promedio de sodio (131,50  $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) del campo B estaba por debajo de los valores de referencia. Se determinaron



valores medios por debajo del rango referencial durante el período de lactación en los tres campos.

La homogeneidad en los valores medios de sodio, se observó durante la gestación en los 3 establecimientos.

En la figura 3, se presentan las medias de sodio (Na) y sus valores estándares a lo largo de los cuatro períodos fisiológicos (gestación, parto, posparto y lactación) en estudio para los Campos A, B y C del departamento Las Colonias, obtenidos a partir del análisis de los datos.



(InfoStat/Profesional versión 2.0, actualizado en 2002)

Referencias:



FIGURA 3- Valores medios y desvío estándar de sodio en muestras de suero de vacas lecheras en los períodos fisiológicos de gestación, parto, posparto y lactación en tres Campos de la región centro de Santa Fe.

La interacción zona\*período fue significativa ( $p < 0,05$ ), por lo tanto se analizaron los promedios de los distintos períodos de la variable Na, dentro de cada zona. No se encontraron diferencias para las zonas A y B, en cambio si se manifestó en la zona C. En el campo C se detectó diferencias entre las medias del período preparto y posparto con respecto a las de los períodos de gestación y lactancia. En la tabla 7 se presenta, el Valor-F y Pr obtenidos para la variable sodio, analizada según los estados fisiológicos correspondiente a los rodeos A, B y C.

Apertura: interacción período dentro de la misma zona

Efecto	Zona	DF	DF	Valor-F	Pr > F
Zona*período	A	3	126	1.48	0.2218
Zona*período	B	3	126	2.00	0.1176
Zona*período	C	3	126	95.75	<0.0001

TABLA 7: Efecto campo ó zona en los cuatro periodos fisiológicos para el sodio

#### 4.1.1.4. Potasio

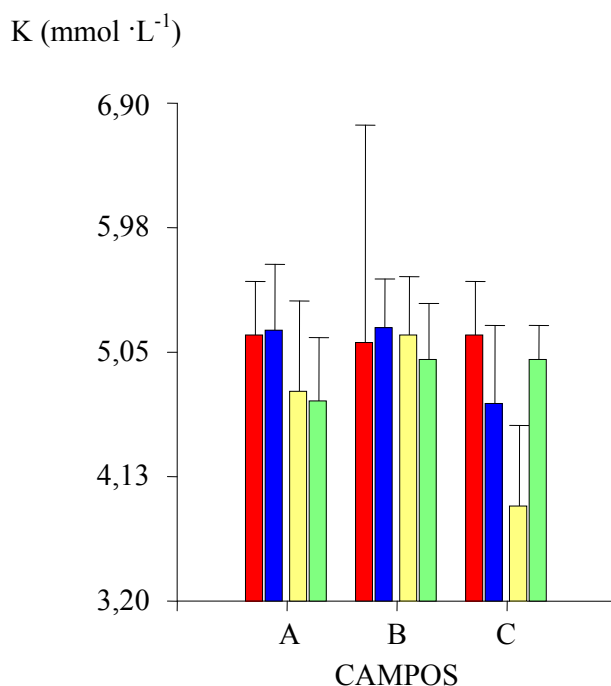
Se observó homogeneidad en los valores medios del potasio durante la gestación en todos los campos objeto de estudio.

Los valores más altos del macromineral, se presentaron durante la etapa de preparto, ellos fueron:  $5,21 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  y  $5,23 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  para los campos A y B, respectivamente.

El valor medio más bajo de potasio correspondió al periodo de posparto para el rodeo C ( $3,92 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ), encontrándose dentro del límite inferior del rango de valores de referencia reportado por la literatura. Tanto en el campo A como B y en el C, los valores promedios de K estuvieron comprendidos dentro de los límites de referencia (Anexo 8, Tabla III).

El comportamiento del K en los establecimientos A y B fue similar en los cuatro periodos investigados.

En la figura 4 se presentan los valores medios correspondientes a la determinación de potasio en los tres campos en el estado fisiológico de gestación, parto, posparto y lactación avanzada, obtenidos a partir del análisis de los datos.



(InfoStat/Profesional versión 2.0, actualizado en 2002)

Referencias:



FIGURA 4- Valores medios y desvío estándar de potasio en muestras de suero de vacas lecheras en los periodos fisiológicos de gestación, parto, posparto y lactación en tres Campos de la región centro de Santa Fe.

La interacción zona\*período fue significativa ( $p < 0,05$ ), por lo tanto se analizaron los promedios de los distintos períodos de la variable K, dentro de cada zona. No se encontró diferencia para la zona B, en cambio si se manifestaron en las zonas A y C. La diferencia se detectó entre las medias del período gestación y lactancia con respecto a las de los períodos preparto y postparto de en el campo C y entre la gestación y preparto con respecto al posparto y lactación del campo A. Las probabilidades del potasio para los datos de suero analizados estadísticamente, se presentan en la tabla 8 donde se muestra la interacción de los períodos dentro de la misma zona.

Apertura: interacción período dentro de la misma zona

Efecto	Zona	DF	DF	Valor-F	Pr > F
Zona*período	A	3	126	2.97	0.0343
Zona*período	B	3	126	0.39	0.7598
Zona*período	C	3	126	12.52	< 0.0001

TABLA 8: Efecto campo ó zona en los cuatro periodos fisiológicos para el potasio.

#### 4.1.1.5. Fósforo Inorgánico.

Se realizaron determinaciones de P inorgánico en los período fisiológico de posparto y lactación, momentos de gran importancia para el animal comprometido a la producción de leche. Para la determinación del valor medio de fósforo en los tres campos investigados, se aplicó el método colorimétrico descrito en 3. Materiales y Métodos.

Los valores promedios y desvíos estándares del fósforo inorgánico en suero para cada campo y en los dos períodos fisiológicos investigados se presenta en la tabla 9.

Los resultados mostraron diferencias estadísticas dentro del mismo período fisiológico entre los campos A - B y entre los campos C - B; tanto en el posparto como en la lactación.

Niveles de P inorgánico en suero( $\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ )		
Período Establecimiento	Posparto N= 15	Lactación N= 15
A	$5,96 \pm 0,86_a$	$5,18 \pm 0,75_a$
B	$6,89 \pm 1,45_b$	$6,21 \pm 2,64_b$
C	$5,78 \pm 1,12_a$	$5,10 \pm 1,33_a$

Valores con letras distintas en la misma columna difieren estadísticamente (a, b.  $p < 0,05$ ) en bovinos de leche del mismo estado fisiológico.

TABLA 9: Valores medios y desvíos estándares de los niveles de fósforo inorgánico en suero, en el período de gestación de los tres Campos.

Todos los valores se encontraron dentro del rango de referencia considerados por NRC (1980, 1989) y por el Laboratorio Bioquímico de la estación experimental (EEA) – INTA Balcarce como valores de referencia (3. Materiales y Métodos).

#### 4.1.1.2. Oligoelementos

##### 4.1.1.2.1. Cobre

En este oligoelemento, se observó que los valores medios en los períodos fisiológicos de preparto, posparto y lactación de los campos A, B y C, estuvieron dentro del rango de referencia (Anexo 8, tabla III).

Durante la gestación en los campos A y C, los valores promedios del cobre se encontraron en el límite inferior del valor referencial para nuestro país, siendo de  $0,54 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  y  $0,55 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , en cada uno de dichos rodeos.

Los valores medios del cobre más bajos fueron encontrados en el campo B durante el parto ( $0,63 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) y posparto ( $0,64 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ), mientras que los valores medios más altos, fueron:  $0,75 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $0,71 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  para los campos C y B, respectivamente, durante el periodo de lactación.

Durante los cuatro períodos fisiológicos se observó un comportamiento similar en los valores medios de cobre para el caso de los rodeos B y C.

En la figura 5 se muestran los valores promedios y desvíos estándares del cobre (Cu), en los campos A, B y C de la región centro de Santa Fe para los cuatro estados fisiológicos investigados.

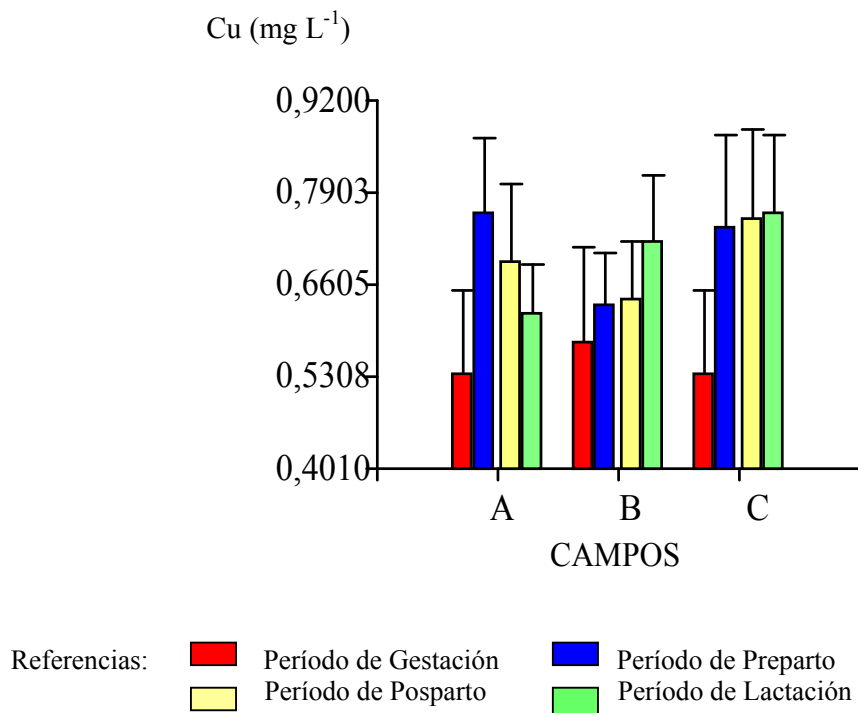


FIGURA 5- Concentraciones medias y desvío estándar del oligoelemento Cobre en muestras de suero de vacas lecheras; estudio realizado en 4 períodos del ciclo productivo (gestación, parto, posparto y lactación) en tres campos de la región central de Santa Fe.

Se pudo establecer para la variable cobre, a partir de la interacción zona\*período una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), por lo tanto se analizaron los promedios de los distintos períodos, dentro de cada Establecimiento investigado. El Valor-F y Pr que se presenta en la tabla 10 permitió concluir sobre la diferencia antes mencionada, entre las medias del período preparto y posparto con respecto a los períodos de gestación y lactación en la zona B, entre el preparto y posparto con respecto a la gestación y lactación en A, y en gestación con respecto a preparto, posparto y lactación de la zona C

Apertura: interacción período dentro de la misma zona

Efecto	Zona	DF	DF	Valor-F	Pr > F
Zona*período	A	3	126	14.97	< 0.0001
Zona*período	B	3	126	5.26	0.0019
Zona*período	C	3	126	18.80	< 0.0001

TABLA 10: Efecto campo ó zona en los cuatro periodos fisiológicos para el oligoelemento cobre.

#### 4.1.1.2.2. Hierro

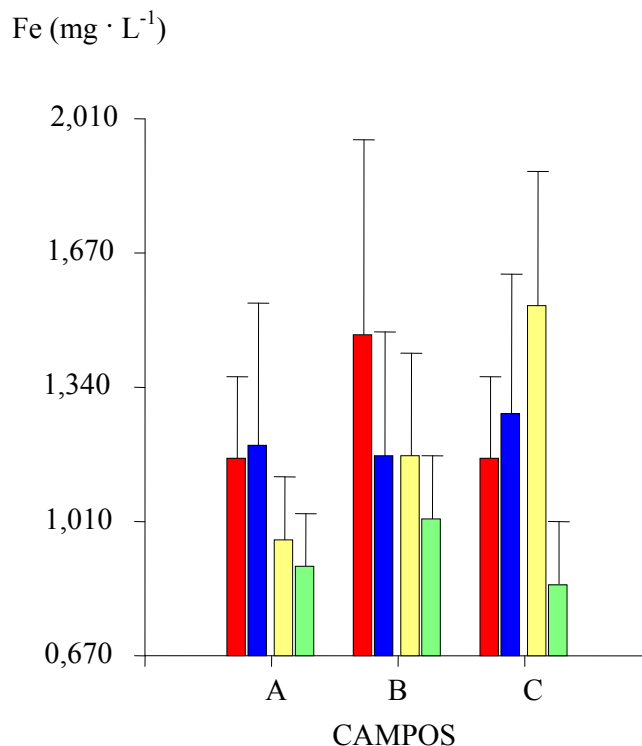
Los valores promedios de Fe; excepto en el estado de gestación del campo B y el posparto del campo C, estuvieron por debajo del valor medio citado por la bibliografía en la tabla III (Anexo 8), en los campos A, B y C.

El valor medio más elevado de hierro durante la gestación correspondió al campo B (1,473 mg · L<sup>-1</sup>) respecto de los campos A y C.

En el campo C, se observó el valor medio más alto de hierro durante el posparto; dicho valor fue: 1,540 mg · L<sup>-1</sup>; por otra parte, en este rodeo se observó el valor más bajo del micromineral que correspondió al periodo de lactación y el mismo fue: 0,853 mg · L<sup>-1</sup>. Esta última situación, se observa también en los otros dos tambos, con valores medios

de Fe:  $0,893 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $1,013 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , para los campos A y B respectivamente. Todos los valores antes citados, correspondientes al período de lactación de los tres campos, se encontraron por debajo del valor de referencia.

En general, se aprecia un comportamiento heterogéneo de los valores medios del hierro, para los cuatro periodos, en los tres campos. En particular, se mantiene una tendencia a disminuir los valores medios del micromineral hacia la lactación en todos los campos. Los valores promedios del Hierro para los campos A, B y C y en los cuatro períodos fisiológicos investigados se presentan en la figura 6.



Referencias: ■ Período de Gestación ■ Período de Preparto  
■ Período de Posparto ■ Período de Lactación

FIGURA 6- Valores medios y desvío estándar de Hierro ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) en muestras de suero de vacas lecheras en 4 períodos del ciclo productivo (gestación, preparto, posparto y lactación) de tres Campos de la región centro de Santa Fe, departamento Las Colonias.



La interacción zona\*período fue significativa ( $p < 0,05$ ), por lo tanto se analizaron los promedios de los distintos períodos de la variable hierro, dentro de cada zona. Se encontraron diferencias para las zonas A y C, entre las medias del período gestación y parto con respecto al posparto y lactación. También se encontró diferencia para la zona B entre las medias de los períodos parto y posparto con respecto a los períodos de gestación y lactación. En la tabla 11 se presenta la interacción zona\*período. Lo expresado anteriormente muestra la heterogeneidad en los establecimientos investigados.

Apertura: interacción período dentro de la misma zona

Efecto	Zona	DF	DF	Valor-F	Pr > F
Zona*período	A	3	126	4.58	0.0044
Zona*período	B	3	126	7.60	0.0001
Zona*período	C	3	126	16.62	< 0.0001

TABLA 11: Efecto campo ó zona en los cuatro periodos fisiológicos para el oligoelemento hierro.

#### 4.1.1.2.3. Cinc

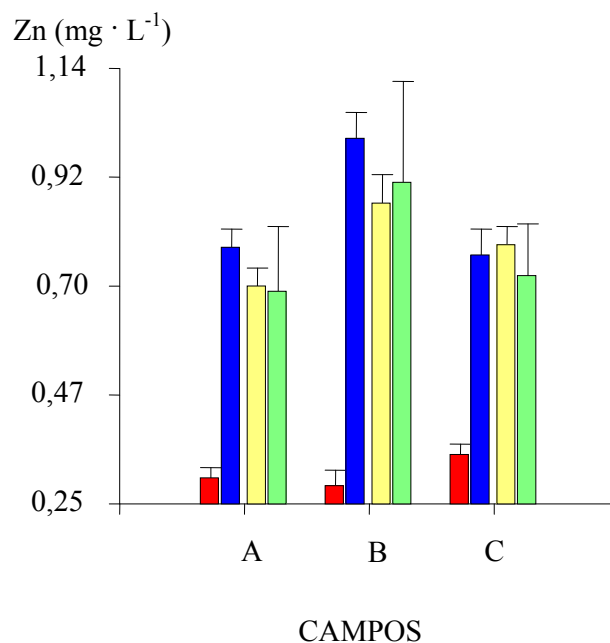
Se observó en el campo B, el valor promedio de Zn en parto y lactación dentro del rango de referencia, con un valor en el posparto dentro del límite inferior (tabla III del Anexo 8). En este rodeo, se observaron los valores más altos de cinc en los períodos de parto, posparto y lactación; respecto de los campos A y C. Los valores medios a los cuáles se hace referencia fueron los siguientes:  $0,94 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $0,83 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $0,87 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  en parto, posparto y lactación respectivamente.

Los valores más bajos del cinc se encontraron en los tres rodeos bajo estudio, durante al período de gestación, y los mismos estuvieron por debajo del rango de

referencia. Tanto en el campo A, como en el C, los valores promedios del cinc en preparto, posparto y en lactación, estuvieron por debajo del rango de referencia.

La tendencia de los valores medios del cinc, en el análisis de datos, fue similar para los tres campos durante los períodos de gestación y lactación. En los campos A y B, el comportamiento de los valores medios del Zn fueron igual durante el preparto y el posparto, mientras que en los campos A y C fueron similar entre los períodos de posparto y lactación.

Los valores Medios ( $\bar{x}$ ) y los desvíos estándares (DS) de cinc en los tres campos en los Período de gestación, preparto, posparto y lactación avanzada se puede apreciar en la figura 7.



Referencias: ■ Período de Gestación ■ Período de Preparto  
■ Período de Posparto ■ Período de Lactación

FIGURA 7- Valores medios y desvío estándar del cinc en muestras de suero de vacas lecheras en los cuatro períodos fisiológicos de los tres Campos de la región centro de Santa Fe.

En general, los tres campos en los cuatro períodos estudiados mostraron un comportamiento heterogéneo.

En el cinc, la interacción zona\*período fue significativa ( $p < 0,05$ ), por lo tanto se analizaron los promedios de los distintos períodos del oligoelemento, dentro de cada zona. Se encontraron diferencias entre las medias del período gestación con respecto a los períodos de parto, posparto y lactación en las zonas A, B y C. En la tabla 12 se presenta lo descripto anteriormente.

Apertura: interacción período dentro de la misma zona

Efecto	Zona	DF	DF	Valor-F	Pr > F
Zona*período	A	3	126	35.10	< 0.0001
Zona*período	B	3	126	81.42	< 0.0001
Zona*período	C	3	126	32.20	< 0.0001

TABLA 12: Efecto campo ó zona en los cuatro periodos fisiológicos para el oligoelemento cinc.

#### 4.1.1.2.4. Determinación de la concentración de selenio en suero

La determinación de selenio se realizó en 10 muestras de suero de los bovinos lecheros en cada campo durante el período de posparto. Las determinaciones se hicieron durante el posparto por ser una etapa productiva exigida, momento en que se manifiesta la deficiencia, debido a la mayor demanda de Se para cumplir todas sus funciones en los animales. Por otra parte, el método analítico requiere de una concentración de la muestra, es decir se necesita unos 2,5 a 3 mL de suero, por lo cual no fue posible determinarlo en las quince vacas lecheras.

Todos los datos obtenidos de Selenio (Se) por absorción atómica fueron volcados en un software (Materiales y Métodos 3.1.3) para su análisis estadístico y los resultados se exponen en la tabla 13.

Se observó una diferencia significativa entre los valores promedios de selenio en suero de bovinos lecheros del campo C con respecto al establecimiento A y B, siendo el mayor valor en el caso del establecimiento C.

<b>Determinación de Se (<math>\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}</math>)</b>	<b>Campos</b>		
	<b>A</b> (Cuenca del Salado)	<b>B</b> (Cantón de Zárate)	<b>C</b> (Esperanza)
<b>Media N= 10</b>	26,68 <sub>a</sub>	32,67 <sub>a</sub>	57,50 <sub>b</sub>
<b>Desvío estándar</b>	3,51	4,62	12,02
<b>Valor referencial</b>	20 – 100 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$		

Valores con letras distintas (a, b) en la misma fila difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ) en bovinos de leche del período de posparto.

TABLA 13: Valores medios ( $\bar{X}$ ) y desvíos estándar (DS) de selenio en el posparto de tres campos en la región centro de Santa Fe, departamento Las Colonias.

#### 4.1.2. Muestras de Leche

Todos los datos obtenidos de Ca, Mg, Na, K, Cu, Fe y Zn por absorción atómica en muestras de leche, fueron incorporados a un software (Materiales y Métodos 3.1.3) para su análisis estadístico.

Se aplicó el procedimiento Mixed en el tratamiento de los datos por contar con un par de parcelas divididas durante el posparto y la lactación avanzada. Este análisis está

basado en estimaciones probabilísticas máximas o restringidas de modelos estadísticos lineales. El procedimiento Mixed proporciona los errores estándares a cada nivel de análisis, realizando comparaciones entre las medias de las parcelas.

Entre los períodos de posparto y lactación, se observó diferencia significativa ( $p < 0,001$ ) en la muestra de leche para los valores medios de calcio del campo B y en el valor medio de magnesio en el campo A.

Los valores promedios más altos de los macrominerales Ca, Mg y K fueron observados en el período de posparto en el campo B. Además, en éste último establecimiento, se observó que la tendencia en los valores medios de magnesio entre ambos períodos en estudio fue decreciente respecto de los campos A y C.

El potasio varió entre los períodos de posparto y lactación dentro del mismo campo, con tendencias en los tres establecimientos a disminuir hacia la lactación. En el campo C la concentración media de K fue inferior tanto en posparto como en la lactación, comparada con los rodeos A y B.

Se observó diferencia estadística en el potasio entre los períodos de posparto y lactancia dentro del mismo campo en los tres rodeos. Durante el posparto entre los campos B y C se presentó diferencia significativa, representado por un asterisco (\*) que se muestra en la tabla 14.

La tendencia de los valores medios del Ca, Na y K en el análisis de los datos, fueron similar para los tres campos a lo largo de los dos estados fisiológicos muestreados.

En la tabla 14, se puede apreciar los valores medios de los macrominerales en muestras de leche de los tres establecimientos en los dos períodos productivos de muestreo.

MACROMINERALES		Na	K	Ca	Mg
Campos	Periodos de lactancia	(mg·100 g <sup>-1</sup> )	(mg·100 g <sup>-1</sup> )	(mg·100 g <sup>-1</sup> )	(mg·100 g <sup>-1</sup> )
<b>A</b>	Posparto	48,567	160,993a	119,213	7,733 a
	N= 15	± 7,740	± 12,244	± 13,42	± 1,32
<b>(Cuenca del Salado)</b>	Lactación	48,760	153,560b	113,553	10,440b
	N= 15	± 4,374	± 14,286	± 6,532	± 3,849
<b>B</b>	Posparto	46,773	167,927a *	128,387a	8,833
	N= 15	± 3,48	± 12,618	± 15,76	± 1,766
<b>(Cantón de Zárate)</b>	Lactación	51,080	157,433b	110,00b	7,740
	N= 15	± 8,74	± 8,330	± 8,920	± 0,750
<b>C</b>	Posparto	47,280	155,567a *	115,527	7,160
	N= 15	± 8,981	± 18,80	± 11,01	± 1,424
<b>(Esperanza)</b>	Lactación	48,947	150,307b	112,033	7,347
	N= 15	± 4,005	± 11,51	± 6,387	± 0,912

Valores con letras distintas en la misma columna difieren estadísticamente (a, b.  $p < 0,05$ ) en bovinos de leche del mismo campo.

TABLA 14: Valores medios y desvíos estándares de macrominerales en muestras de leche para los estados fisiológicos de posparto y lactación en vacas lecheras de los campos de Pilar, Cuenca del Salado y Esperanza.

De acuerdo al período de lactancia se observó diferencia significativa ( $p < 0,001$ ) para el oligoelemento cinc en muestras de leche de campo B, siendo el valor medio del Fe el más alto en este tambo en ambos períodos de lactancia en estudio.

Los valores medios más bajos correspondieron al cinc en el período de lactación de la campo B. En éste campo, a diferencia del campo A y C, el Zn tuvo tendencia a disminuir del posparto hacia la lactación. Los valores de cobre en leche, tuvieron un comportamiento semejante al cinc en los dos estados fisiológicos de los campos A, B, C

La tendencia de los valores medios del Fe; en el análisis de datos, fue similar para los tres campos a lo largo de los dos estados fisiológicos muestreados.

En la tabla 15 se presentan los valores promedios de microminerales en leche de los tres campos en los dos períodos bajo estudio (posparto y lactación) importantes para la producción lechera.

MICROMINERALES		Cobre	Cinc	Hierro
Campos	Períodos de lactancia	(mg. L <sup>-1</sup> )	(mg. L <sup>-1</sup> )	(mg. L <sup>-1</sup> )
<b>A</b> (Cuenca del Salado)	Posparto	0,1596	2,7787	0,3240 a
	N= 15	±0,0588	± 0,349	± 0,0240
	Lactación	0,1753	2,9200	0,4033 b
	N= 15	±0,0646	± 0,483	± 0,0660
<b>B</b> (Cantón de Zárate)	Posparto	0,1998	3,1533 a	0,3733 a
	N= 15	±0,0737	± 0,831	± 0,0740
	Lactación	0,1629	2,4387 b	0,4427 b
	N= 15	±0,060	± 0,451	± 0,1330
<b>C</b> (Esperanza)	Posparto	0,1684	2,6413	0,3347 a
	N= 15	±0,0621	± 0,458	± 0,0390
	Lactación	0,1867	2,7713	0,4200 b
	N= 15	±0,0688	± 0,499	± 0,0760

Valores con letras distintas en la misma columna difieren estadísticamente (a, b.  $p < 0,05$ ) en bovinos de leche del mismo campo.

TABLA 15: Valores medios y desvíos estándares de microminerales en muestras de leche para los estados fisiológicos de posparto y lactación en vacas lecheras de los campos de Pilar, Cuenca del Salado y Esperanza.

En el campo B, desciende el valor medio de magnesio y de cinc hacia la lactación; a diferencia de los establecimientos A y C donde ocurre lo contrario.

#### 4.1.3. Muestras de Alimentos.

En la Figura 8-A se muestran los valores promedios de algunos macrominerales en pastura de alfalfa; recurso forrajero básico empleado en la nutrición animal.

Con respecto a los macrominerales, los valores más altos correspondieron al campo B para las determinaciones de calcio (2,22 % MS), magnesio (0,32 % MS), fósforo (0,24 % MS), sodio (0,15 % MS) y potasio (2,1 % MS); donde se observó diferencia significativa en el valor medio de magnesio con respecto a los campos A y C.

En el campo A, se observó diferencia estadística para el valor medio de calcio (1,68 % MS), siendo este inferior al macromineral determinado en los campos B y C.

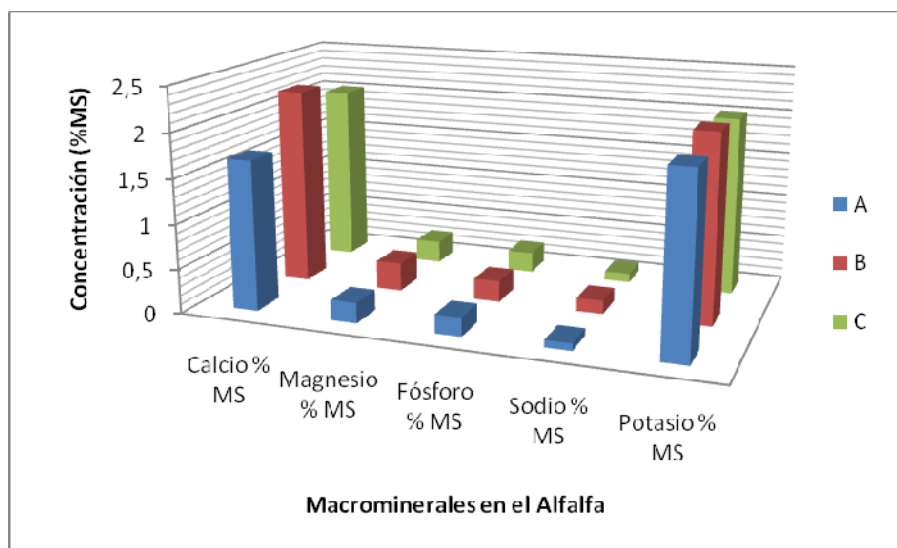


FIGURA 8-A: Valores promedios de los macrominerales Ca, Mg, P, Na, K (% MS) en pastura de alfalfa de los campos A, B y C. (N= 2)

Es importante destacar que se observaron diferencias estadísticas en los oligoelementos cinc, molibdeno y cobre, presente en la pastura a base de alfalfa. Los valores medios de Zn fueron:  $28 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ MS}$ ;  $22 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ MS}$ , de Mo:  $2,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$



MS;  $2,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ MS}$  de los campos A y B respectivamente y en el Cu el valor medio fue:  $13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ MS}$ ;  $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ MS}$  para el campo A y C respectivamente.

A continuación, en la Figura 8-B se muestra los valores promedios de algunos oligoelementos en la muestra de alfalfa consumida por los bovinos de leche pertenecientes a los tres campos investigados.

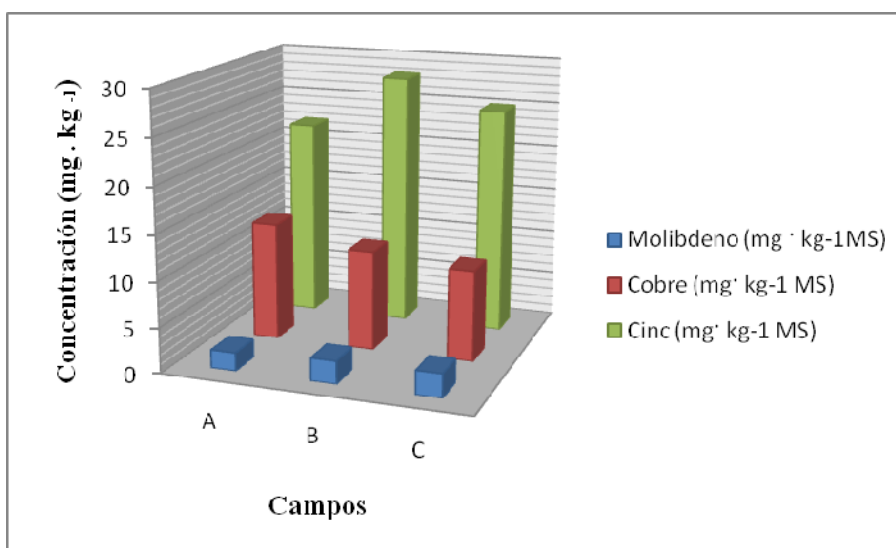


FIGURA 8-B: Valores promedios de los oligoelementos Zn, Cu, Mo ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) en pastura de alfalfa de los campos A, B y C. (N= 2)

Los valores promedios del hierro en la alfalfa fueron:  $226 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ MS}$ ,  $510 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ MS}$  y de  $358 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ MS}$  para los campos A, B y C respectivamente.

En la tabla 16, se presenta el análisis de minerales en verdeos de invierno y de verano (cebada, avena, triticale, trigo, maíz); dichos alimentos se encontraron libres de sustancias químicas. En ellos se observó diferencia significativa en las determinaciones

de Fe, Zn y Cu, con valores medios mayores en el caso del hierro, cinc, sodio y potasio en el campo B; mientras que los valores medios de cobre, calcio, magnesio y fósforo fueron mayores en el campo A, respecto al otro campo.

<b>Minerales en verdes</b>	<b>Campo A</b>	<b>Campo B</b>
<b>Calcio % MS</b>	0,31±0,09	0,25±0,03
<b>Magnesio % MS</b>	0,26±0,31	0,24±0,02
<b>Fósforo % MS</b>	0,20±0,05	0,18±0,04
<b>Sodio % MS</b>	0,87±1,28	0,99±1,29
<b>Potasio % MS</b>	2,3±0,68	2,5±0,69
<b>Hierro (mg · kg<sup>-1</sup> MS)</b>	1068±459,54	1142±491,38
<b>Cinc (mg · kg<sup>-1</sup> MS)</b>	29,5±11,16	34±8,15
<b>Cobre (mg · kg<sup>-1</sup> MS)</b>	13±4,52	10,2±5,31

TABLA 16: Valores medios de macrominerales y oligoelementos en muestras de forrajes verdes en los campos A, B y C. (N= 2)

Además de los alimentos antes mencionados, se analizaron distintos suplementos dietarios; seleccionados según la importancia que tienen los mismos en el aporte de minerales. Los valores referenciales de los minerales en los suplementos se presentan en la tabla VI del Anexo 8.

Los valores promedios de los macrominerales y oligoelementos presentes en el sorgo forrajero de los campo A y B se presentan en las tabla 17. Los valores medios de cobre y de cinc fueron mayores en el campo B, respecto del campo A. En tanto, que la media del hierro y del molibdeno se observó más elevada en el campo A. Con respecto a los

macrominerales, se observaron que los valores mayores correspondieron al campo A; a excepción del potasio.

<b>Minerales en sorgo forrajero</b>	<b>Campo A</b>	<b>Campo B</b>
<b>Calcio % MS</b>	0,37±0,07	0,30±0,05
<b>Magnesio % MS</b>	0,26±0,010	0,21±0,009
<b>Fósforo % MS</b>	0,31±0,06	0,28±0,05
<b>Sodio % MS</b>	0,021±0,005	0,017±0,004
<b>Potasio % MS</b>	3,58±0,78	3,62±0,79
<b>Hierro (mg · kg<sup>-1</sup> MS)</b>	120,8±62,17	117,1±60,26
<b>Cinc (mg · kg<sup>-1</sup> MS)</b>	36±4,6	39 ±5
<b>Cobre (mg · kg<sup>-1</sup> MS)</b>	9,4±2,6	11±3
<b>Molibdeno (mg · kg<sup>-1</sup> MS)</b>	2,1±0,62	1,7±0,5

TABLA 17: Valores medios de macrominerales y oligoelementos en muestras de sorgo forrajero en los campos A y B. (N= 2)

En el silo de maíz, se observó diferencia en los valores medios de cinc entre los campos A (26,53 mg · kg<sup>-1</sup> MS) y C (30,48 mg · kg<sup>-1</sup> MS). El molibdeno fue otro de los parámetros que presentó diferencia estadística entre el campo B (3,8 mg · kg<sup>-1</sup> MS) con respecto a los campos A (2,5 mg · kg<sup>-1</sup> MS) y C (2,6 mg · kg<sup>-1</sup> MS).

En general; excepto para el caso del sodio, los valores medios fueron mayores en el campo B para todos los macrominerales analizados (Ca 0,21 % MS; Mg 0,23 % MS; P 0,23 % MS; K 1,31 % MS). La determinación de Na fue mayor en el campo C (0,17 % MS), respecto de los otros establecimientos.

Los valores promedios de hierro en el silo de maíz fueron de 165 mg · kg<sup>-1</sup> MS en el campo A, 196 mg · kg<sup>-1</sup> MS para el tambo B y de 194 mg · kg<sup>-1</sup> MS en el campo C.

A continuación, se presenta el análisis de minerales en los silos de maíz en las Figuras 9-A y 9-B, consumidos por los animales en los tres tambos investigados.

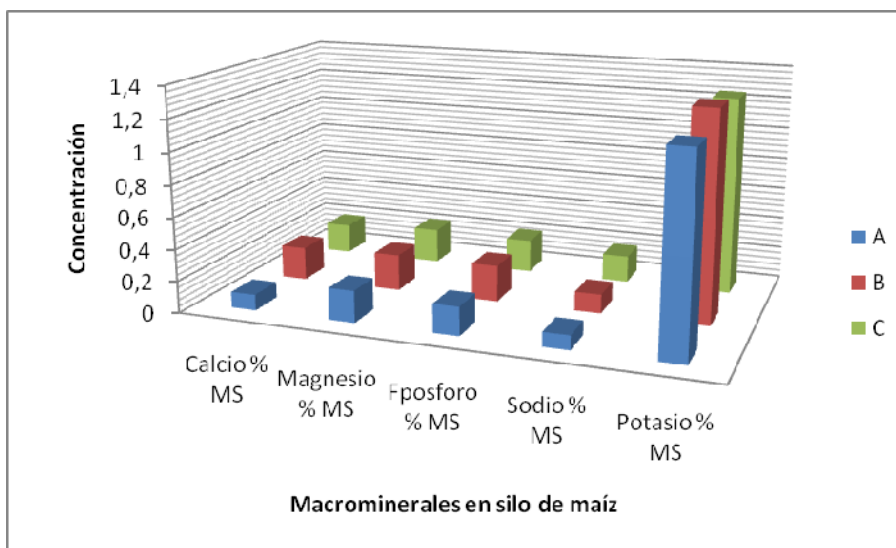


FIGURA 9-A: Valores promedio de los macrominerales Ca, Mg, P, Na, K (% MS) en muestras de silo de maíz de los campos A, B y C. (N= 2)

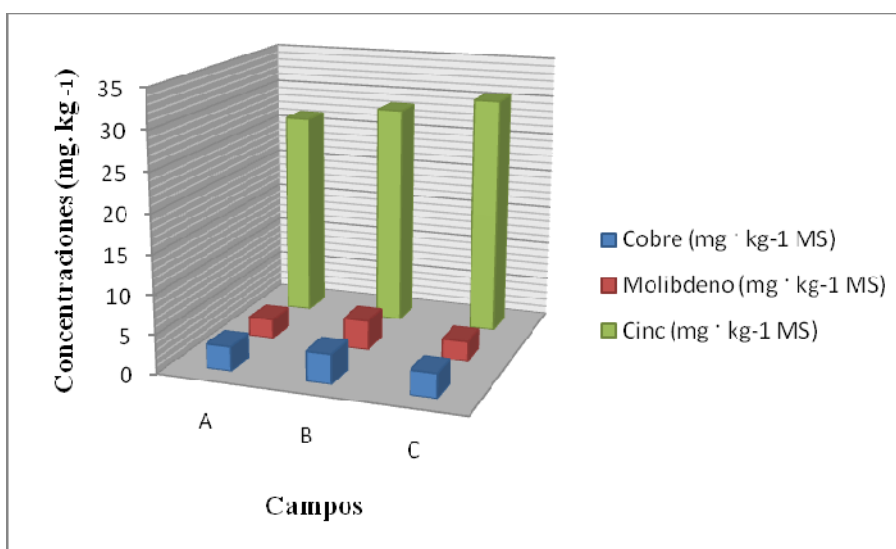


FIGURA 9-B: Valores promedio de los oligoelementos Zn, Cu y Mo en muestras de silo de maíz en los campos A, B y C. (N= 2)

En la tabla 18 se presentan los valores medios de los minerales en el maíz molido, alimento consumido por los bovinos lecheros durante las cuatro etapas fisiológicas del campo C. Además del calcio y magnesio se determinaron los microminerales hierro y cinc.

<b>Determinaciones</b>	<b>Campo C</b>
<b>Calcio (% MS)</b>	0,25±0,17
<b>Magnesio (% MS)</b>	0,16±0,05
<b>Hierro (mg · kg<sup>-1</sup>)</b>	25 ± 11,93
<b>Cinc (mg · kg<sup>-1</sup>)</b>	15 ± 4,09

TABLA 18: Valores promedios y desvíos estándares obtenidos en las muestras de maíz molido del campo C de la región centro de la Provincia de Santa Fe. (N= 2)

En la tabla 19 se presentan los valores medios de los minerales en el rollo de moha, alimento consumido por los bovinos lecheros durante las cuatro etapas fisiológicas del campo B.

<b>Determinaciones</b>	<b>Campo B</b>
<b>Calcio (% MS)</b>	0,31±0,22
<b>Magnesio (% MS)</b>	0,22±0,07

TABLA 19: Valores promedios y desvíos estándares obtenidos en las muestras de rollo de moha del campo B de la región centro de la Provincia de Santa Fe. (N= 2)

Los valores de los macrominerales y oligoelementos determinados en el maíz molido y en el rollo de moha correspondieron con los encontrados por otros autores en la región pampeana de Argentina.

Los valores medios de las determinaciones realizadas en muestras de agua de los campos A, B, C se presentan en la tabla 20. El cobre, el hierro y el cinc fueron detectados dentro del valor promedio considerado por INTA Balcarce como referencial.

<b>Determinaciones en agua de bebida</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<b>pH</b>	8,11	7,76	6,98
<b>Conductividad (<math>\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}</math>)</b>	2540	3690	2845
<b>Cloruros (mg/ L)</b>	200	580	486
<b>Sulfatos (mg/ L)</b>	225	370	256
<b>Cobre (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	0,086	0,097	0,093
<b>Cinc (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	0,08	0,28	0,12
<b>Hierro (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	0,15	0,20	0,18
<b>Sólidos Totales ST (<math>\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}</math>)</b>	1626	2361	1821

TABLA 20: Valores medios de las muestra de agua en los campos A, B y C del departamento Las Colonias, provincia de Santa Fe. (N= 1)

Debemos tener en cuenta, que se tomó solo una muestra de agua en cada uno de los campos y como consecuencia los valores promedios en ésta son solo estimativos. En el caso de los alimentos, no todos fueron tomados en los cuatro estados fisiológicos, ya sea por no haber sido consumido en todos ellos, o por el alto costo de los reactivos de absorción atómica no fue posible realizarlo a lo largo de toda la investigación.

#### 4.2. Condición Corporal de los animales

Las CC (condiciones corporales) correspondientes al período de gestación se presentan en la tabla 21. Los resultados mostraron diferencias estadísticas en el período

de gestación en los tambos estudiados; las mismas, se muestran en la tabla con diferentes letras (a y b).

Condición Corporal (CC) en	Campos		
	A	B	C
Gestación N= 15	2,46 ± 0,29 b	2,91 ± 0,37a	2,5 ± 0,57 b

*Valores de CC con letras distintas en la misma fila difieren estadísticamente (a, b. p<0,05) en el mismo estado fisiológico.*

TABLA 21: Condiciones corporales (CC) de los bovinos de leche en los estados fisiológicos de gestación de tres establecimientos lecheros del departamento Las Colonias en la provincia de Santa Fe.

La CC de los bovinos de leche en los estados fisiológicos correspondientes al periparto se observa en la Figura 10. Los valores medios y los desvíos estándares fueron  $3,32 \pm 0,39$ ;  $3 \pm 0,14$ ;  $3,1 \pm 0,62$  en preparto y  $2,67 \pm 0,31$ ;  $2,4 \pm 0,47$ ;  $2,5 \pm 0,57$  en posparto; en los campos A, B y C respectivamente. La disminución de los valores de CC entre el preparto y el posparto fueron: de 0,65 puntos para el campo A y de 0,60 puntos en los campos B y C. No se observaron diferencias significativas en el preparto para los tres establecimientos estudiados. Tampoco se observaron diferencias significativas en el posparto.

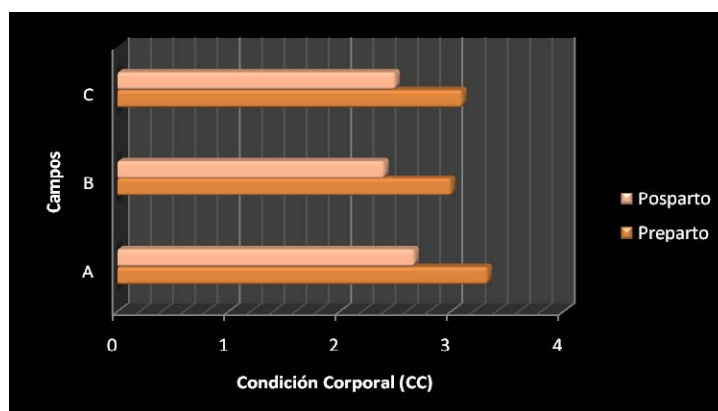


FIGURA 10- Valores medios de la Condición Cortporal (CC) en el periparto (preparto y posparto) de bovinos lecheros de tres establecimientos del departamento Las Colonias, provincia de Santa Fe. (N= 30 en campos A, B y C)

Aclaración:

Los resultados se basaron en las determinaciones realizadas sobre el perfil mineral, de los macrominerales y los oligoelementos, considerandos importantes dado a los antecedentes a nivel provincial, y por la necesidad de tener más información de los mismos a nivel regional.

Los oligoelementos analizados en los alimentos se seleccionaron por las interferencias que se producen entre ellos. Tanto los macrominerales como los oligoelementos no determinados en algunos alimentos, se debió a que no se encontró valores de referencia regionales o nacionales con los cuales se pudieran comparar los resultados de la tesis.

Los macrominerales y oligoelementos no analizados en las distintas muestras estudiadas en esta publicación, permitirían realizar en el futuro otras investigaciones.

También, resultaría interesante investigar más los animales de la craza Holstein-Jersey para contar con mayor información en la región.

En el Anexo V, se encuentran tablas que Resumen los valores promedios de los minerales obtenidos en las distintas muestras para los tres campos.



## **5. DISCUSIÓN**

## 5. DISCUSIÓN

Por la gran importancia que la explotación lechera tiene como actividad agropecuaria a nivel nacional, y en especial para la provincia de Santa Fe; el objetivo general planteado para la presente tesis era caracterizar el perfil mineral en distintas etapas del periodo productivo de bovinos lecheros. Concretamente se trabajó en tres campos de la región centro de Santa Fe, para conocer y ajustar, si fuera necesario, la nutrición de los mismos ante una deficiencia o carencia mineral que pudiera afectar la salud, la reproducción o la producción láctea.

Para cumplir con este objetivo, se realizó un estudio del perfil mineral en muestras de suero, leche y alimentos. Luego, los valores promedios de los minerales estudiados en las distintas muestras biológicas de bovinos lecheros y en los alimentos, fueron comparados con valores referenciales citados por la bibliografía, correspondientes a animales de la misma raza, de distinta procedencia. Los mismos se encuentran incluidos en las tablas del Anexo 8.

Es importante destacar que al momento de realizar la presente investigación sobre el perfil mineral y en particular los oligominerales en suero, leche y alimentos de bovinos, se contaba con pocos datos referenciales actualizados a nivel regional. Otra dificultad fue la falta de uniformidad en los métodos empleados y de las unidades en que se expresan dichos resultados. También, cabe señalar que no es fácil comparar los resultados obtenidos en el campo con los obtenidos experimentalmente por dos razones: primero porque los resultados experimentales no siempre son reproducibles en el campo, y en segundo lugar, debido a la subjetividad de suponer una relación causal entre composición sanguínea y factores clínicos o de manejo, tal como afirma Rowlands, G.J en *Metabolites in the blood of beef and Dairy cattle* (1980).

Debido a que la nueva gestación de las vacas está condicionada en gran medida por la condición corporal (Gallegos *et al.*, 2004), es que se trabajó con animales que tenían una condición corporal adecuada en preparto, por lo cual, se puede suponer que los bovinos no estarían predispuestos a sufrir enfermedades clínicas o subclínicas. Lo anterior, fue también mencionado por Corbellini en 1998.

Luego, analizando la Condición Corporal en el período de posparto, se pudo observar que la pérdida de la misma, ya pasado 15 a 20 días del parto fueron de 0,65 puntos en el campo A y de 0,60 puntos en los campos B y C. A pesar de la disminución en la CC; en el período de transición, se tuvieron valores dentro de los límites considerados aceptables para lograr una producción y un estado de salud satisfactorio, si nos remitimos a Parker, (2001). Además de la CC es importante un adecuado balance nutricional, entre los cuales el Ca, Mg, P, Na, K deben ser considerados; al momento de la inseminación de los animales.

#### *5.1. Los macrominerales en muestra de suero*

Los valores promedios de calcio en los períodos fisiológicos de transición a la lactancia de los campos investigados -A y C-, se encontraron dentro de los valores de referencia reportados por la literatura, los cuales se presentan en la tabla III del Anexo 8. En cambio, en todos los períodos fisiológicos del campo B, estuvieron por debajo del rango citado por la literatura consultada.

A pesar de que en el período de gestación se observaron valores medios de Ca en suero por debajo de los niveles de referencia, el buen funcionamiento del mecanismo homeostático permitió regular y mantener el nivel en circulación de calcio dentro del

valor fisiológico normal (normocalcemia) en la etapa del parto de los campos A y C, similar a lo mencionado por Freer *et al.* en 2007.

Coincidiendo con lo expresado por Bachman (1992), la diferencia estadística obtenida a lo largo de los estados fisiológicos en estudio en el campo A, puede deberse a la mayor producción de leche en este rodeo.

La diferencia estadística observada en los valores promedios más altos del calcio durante el parto del campo C, respecto de los otros campos, puede estar relacionado con los animales de este establecimiento, los cuales pertenecen a la cruce Holstein-Jersey, como lo explicó Campos *et al.* (2007). El contenido de sólido totales en la leche de los animales cruce Holstein- Jersey es mayor que aquel encontrado en leche de bovinos Holstein (Comerón *et al.*, 2003).

Como consecuencia de la gran secreción del macromineral en la leche y la pérdida endógena que como sabemos, se incrementa a medida que es mayor la edad del animal, se observó que el valor promedio más bajo de calcio en suero correspondió al período de lactación para los tres rodeos investigados situación publicada por los autores Freer, M; Dove, H; Nolan, J.V en su libro *Nutrient Requirements of Domesticated* (2007).

El descenso de los valores medios de calcio observados entre los períodos de parto y posparto de los rodeos A, B y C, podría deberse a que días previos al parto comienza la síntesis de calostro, con el pasaje de calcio hacia el mismo; situación también observada en la publicación de Gallegos *et al.* del 2004 y por Bačić *et al.* en el año 2007.

Como lo expresaron Gonzalez, (2000) y Freer *et al.* (2007), debido a la exigencia fisiológica en los períodos de gestación y lactación, se observó deficiencia de Ca en dichos estados fisiológicos.

El valor promedio del Mg en suero fue inferior en los periodos de gestación respecto de las otras etapas fisiológicas estudiadas en los animales del muestreo. El valor medio de este macromineral en los períodos fisiológicos de parto, posparto y lactación de los tres campos investigados, se encontró dentro de los valores de referencia considerados en el Anexo 8, tabla III.

Como fue observado por Wittwer *et al.* (1987) en su trabajo, también en ésta oportunidad, en el período de gestación los valores medios de Mg estuvieron por debajo del rango de referencia. Al igual que Contreras *et al.* en 1996, ahora se presentó hipomagnesemias en vacas al final de la gestación causada por la depresión del apetito y el estrés del animal próximo al parto.

El valor más bajo de Mg durante la lactación, en relación al período de transición, podría deberse a que la investigación se realizó durante el verano, época de calor y con la consiguiente pérdida del mineral por sudoración. Esta pérdida representa aproximadamente el 25% del total, por día, como lo expreso Engelhardt and Breves en el año 2005 y fue observado por Buffarini *et al.* en 2008. Además, atendiendo a lo que afirma Marco (1981), durante la etapa de lactación, se pierde magnesio endógenamente con la bilis, el jugo intestinal, las secreciones pancreáticas y con la leche.

La diferencia significativa observada del magnesio entre los estados fisiológicos estudiados en los tres rodeos, podría deberse a las especies vegetales de los pastos y a la homeostasia de éste mineral la cual es débil, comparada con el calcio, tal como lo manifestó Andrews (2005). Es conocido que el magnesio a diferencia del calcio es un macromineral que no es reservado (ó almacenado) por los bovinos.

Al igual que Gallegos *et al* (2004) en los períodos de parto y posparto, se observó una leve disminución en los valores promedios del calcio de los campos B y C, y en el magnesio del rodeo C. Lo anterior puede explicarse desde el consumo, a través de la ración no suplementada con minerales y no a un mecanismo regulatorio homeostático, el cual no se encuentra presente durante la transición a la lactancia, como fue expresado por González, (2000) y Campos *et al.* (2007).

Según los campos se pudo establecer diferencia significativa para las variables sanguíneas Ca y Mg a lo largo de la investigación. Una situación similar fue observada en rodeos del sur de Chile entre los años 1986-1996 por Oyarzun Barría, (1997).

Tal, como lo afirmó Perez Carrera *et al* en 2007, los macrominerales sodio y potasio junto con el cloro, son de crucial importancia ya que contribuyen a mantener la presión osmótica, regulan el equilibrio ácido-base, y además controlan el equilibrio hídrico en el organismo. Por eso, y ya que su deficiencia afecta el desempeño productivo y reproductivo de los bovinos lecheros, hemos dado mucha importancia al estudio regional de las concentraciones del sodio y del potasio en suero.

También debemos tener en cuenta que los niveles bajos de sodio provocan pérdida de peso, disminución de apetito y hasta la muerte de las vacas. Si bien no se observaron signos clínicos en esta oportunidad, deberían ser controlados los niveles de sodio para evitar pérdidas en la producción del tambo, tal como afirman McDowell, (1992) y Kincaid, (1993). El valor medio de este macromineral, estuvo dentro del rango de referencia en los períodos de gestación, parto y posparto del campo C, en el parto del campo B y durante la gestación del campo A, de acuerdo al rango citado en la tabla III del Anexo 8.

El valor promedio de Na se observó por debajo del rango de referencia, en los períodos de parto y posparto del campo A y en la gestación y posparto del rodeo B. En la etapa de lactación, los valores promedio de Na en los tres campos investigados se encontraron por debajo del valor de referencia (Anexo 8, tabla III). Podemos decir que se evidenció hiponatremia durante el período de lactación en los tres establecimientos, debido a la mayor demanda de éste macromineral en la secreción de la leche producida, sumado al hecho de que las dietas vegetales tienden a ser pobres en sodio. La situación anterior, coincide con lo observado por Jim en 2005 y Freer *et al.* en 2007. No debe descartarse la importancia del control hormonal, en la concentración de sodio, el cual es muy preciso por lo que cualquier variación en sus valores medios evidencia una situación anormal (Underwood, 1983).

Las diferencias significativas observadas en la gestación respecto del parto, en el test de efectos del sodio en el campo C; respecto de los otros campos estudiados, se debe a que los animales pertenecientes a dicha cruce están más adaptados a las altas temperaturas y a la elevada humedad de la región en la estación investigada, tal situación fue observada por Leiva *et al.* (2005).

Coincidiendo con lo observado por Gallegos *et al.* (2004), en esta oportunidad también se presentó un aumento en los valores medios de sodio en el período de posparto respecto al parto del campos A y C, debido al manejo nutricional que recibieron los animales.

Cabe destacar que durante los períodos de transición investigados, en los rodeos Holstein Friesian de los campos A y B, se obtuvieron valores promedios menores de calcio, magnesio y sodio comparado con el rodeo cruce Hostein-Jersey del campo C. Lo anterior puede estar relacionado con la mayor producción de leche y al menor contenido

de Ca, Mg y Na en suero de los animales Holstein puros, comportamiento observado por Campos *et al.* en 2007.

En cuanto a los valores medios de potasio, éstos estuvieron dentro del valor de referencia en los cuatro períodos fisiológicos de los tres campos investigados (Anexo 8, tabla III).

La diferencia significativa observada en el K, comparando el período de gestación respecto a la transición, para el campo C, se debe fundamentalmente a la dieta recibida por el rodeo durante el invierno y la primavera basados además del pastoreo en el consumo de maíz molido, expeller de girasol y rollo paja de trigo; coincidiendo con lo investigado por Sánchez *et al.* en la publicación *Contenido mineral en suelo, forraje y suero sanguíneo de vacas Holstein en pastoreo en Acatran, Hidalgo México en 1997 y Jim, (2005)*. Además se debe tener en cuenta que el nivel de potasio en los alimentos es muy variable, depende de la estación y del tipo de suelo en que crecen los cultivos.

Durante el período de lactación, se observaron los valores más bajos de potasio en los campos A y B, al igual que Buffarini *et al.* (2008) quien alimento sus animales con pasturas de alfalfa y verdeos como en nuestro caso se investigó los niveles en suero de potasio, en el verano. Es importante tener en cuenta los niveles Na y K, ya que guardan relación con el grado de deshidratación que sufren los animales por las altas temperaturas durante la primavera y el verano; períodos de mayor demanda de líquido para la producción de leche, tal cual fue referenciado por Pérez-Carrera *et al.* en 2007.

Con respecto al fósforo, podemos afirmar que su valor promedio en los períodos fisiológicos de posparto y lactación de los tres campos investigados, se encontró dentro de los valores de referencia reportados por la literatura, los cuales se presentan en la tabla III del Anexo 8. La capacidad que tienen los rumiantes de reciclar más el fósforo



mediante la saliva, les permite que esta secreción ayude a la homeostasia total del fósforo, tal como lo señalan Engelhardt and Breves, (2005).

Los valores promedios de fósforo fueron menores en el período de lactación respecto al posparto, como fue mencionado por Hernández Vieyra en el año 2008, la mayor producción láctea incrementa la secreción de P en la leche.

### 5.2. Los Oligoelementos en muestras de suero

Las concentraciones promedios del cobre sérico en los estados de preparto, posparto y lactación de los tres campos investigados, se encontraron dentro de los valores de referencia citados por la bibliografía para los tres campos estudiados.

Los valores medios de cobre estuvieron en el límite inferior del rango de referencia en la gestación, en los campos A y C. Es importante destacar que el muestreo en dicha etapa se realizó en invierno. Los valores observados a lo largo de la investigación nos indicarían que los animales tienen reservas del cobre en hígado, que les permite mantener los niveles en circulación dentro del rango normal; a pesar de no recibir suplemento mineral, como lo afirmó Freer *et al.* en su investigación (2007).

En la publicación de Sánchez *et al* sobre vacas Holstein alimentadas a pastoreo (1997), se observó que el cobre fluctuaba en las etapas fisiológicas: desde la vaca seca hasta los 250 días de lactancia ( $p < 0,05$ ). Lo mismo se observó en ésta investigación en los cuatro períodos fisiológicos de los tres campos.

En referencia a los valores medios del Zn en el estado de gestación de los rodeo A, B y C, estos se encontraron por debajo del valor citado en el Anexo 8. Tanto en el periparto como en lactación de los campos A y C, los valores promedios de dicho oligoelemento estuvieron por debajo del rango de referencia. Mientras que el valor

promedio de cinc durante el parto, posparto y lactancia del campo B, fueron normales.

En su trabajo, Fader (2001) detectó carencia de cinc en el área de influencia de EEA de INTA Manfredi, la cual la atribuyó a minerales que influyen en cierta época del año o bien a una posible deficiencia combinada. En ésta investigación los valores promedios bajos del oligoelemento en el ganado pudo deberse al estrés sufrido por los animales al momento del muestreo y a las temperaturas del verano, situación contemplada por Drugueri (2000) en su investigación. Semejantes hallazgos fueron observados por Gémez y Laredo en 1983, como así también por Laredo y Ardila en 1984 en los Llanos Orientales y en la zona ganadera del César de Colombia.

Por otra parte, los valores bajos observados en el Zn durante el período de gestación, se podría atribuir a la escasa disponibilidad de pastura durante el invierno etapa en la cual se realizó la obtención de la muestra. Similar situación fue observada por Minatel *et al.* (2004) en el noreoeste de Buenos Aires para vaquillonas en gestación entre los años 1998 y 2001. Los niveles en circulación de cinc guardan una estrecha relación con su absorción, ésta depende del contenido de Zn, P, Cu, Ca, Fe y Mo presentes en la dieta, tal como lo investigaron Godoy *et al.* en 2006 y Morales Almaráz *et al.* en 2007.

Durante la lactación en los campos A y C, los valores de Zn estuvieron por debajo del rango de referencia, lo que podría tener relación con la elevada demanda del mismo para mantener las funciones en los procesos metabólicos, como lo mencionó Underwood and Suttle en 1999.

El valor promedio del hierro sólo se observó dentro del rango de referencia en el período de posparto del rodeo C y en el periodo de gestación del campo B (tabla III del Anexo 8). En los restantes estados fisiológicos, los valores medios del hierro sanguíneo

de los tres campos; se encontraron por debajo de dicho rango. Ridaio *et al.* (1995), en su investigación llevada a cabo en Balcarce provincia de Buenos Aires explicó que los niveles de hierro sérico dependen de la alimentación y no lo atribuye a variantes como el estado fisiológico y la edad del animal.

Debe ser tenido en cuenta el estrés fisiológico del animal durante la gestación y en el parto; así como también la estación de verano, ya que modifica la concentración plasmática de hierro (ferremia). Esto se observó en la lactación de los 3 rodeos y en el posparto y lactación de los rodeos A y B, al igual que lo reportó Minatel *et al.*, en su investigación en el noroeste de Buenos Aires en 2004.

El descenso de la condición corporal en el periparto podría explicar la disminución del hierro sérico en los establecimientos A y B; esto coincidió con lo observado por Morales Almaráz *et al.* en su publicación *Diagnóstico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México* (2007).

Teniendo en cuenta la ferremia, la disminución de la misma puede estar en relación con el desarrollo de un posible estado anémico por parte del animal. Por lo anterior, de forma complementaria al estudio del perfil mineral, se realizó la determinación de hemoglobina para establecer el diagnóstico de anemia ferropénica carencial. Las concentraciones medias y los desvíos estándares de hemoglobina (Hb) fueron  $9,63 \pm 0,56$ ;  $10,26 \pm 0,61$ ;  $9,85 \pm 0,57$  ( $\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1}$ ), en los campos A, B y C respectivamente. Si bien los valores de Hb obtenidos en los tres campos se encuentran en el límite inferior del rango referencial para bovinos, los mismos no tendrían correspondencia con una anemia subclínica; esto concuerda con lo informado por otros autores (Blood and Radostitis, 1992; Schalm *et al.*, 1981).

Los valores promedios de selenio obtenidos en muestras de suero se encontraron dentro de los valores de referencia citados por autores extranjeros y nacionales (Blood *et al.*, 1989; Mc Dowel *et al.*, 1990; Silva *et al.*, 2000) presentados en la tabla III del Anexo 8.

El hecho de que se hayan comparado los resultados de selenio con valores de referencia de investigadores de otros países o provincias, se debió a que en nuestra región no se cuenta con suficiente información al respecto.

Ésta variable fue estudiada solamente en el período de posparto, puesto que en ella se observaron valores marginales que constan en los antecedentes bibliográficos, como fue mencionado por Ceballos - Márquez *et al.* en una publicación de Chile en 2007.

Es posible que la diferencia estadística observada entre los valores promedios de Se de los distintos establecimientos se deba al diferente manejo nutricional de los campos y a factores del suelo que afectan la incorporación del selenio en los pastos, tal como lo sugiere Silva *et al.* en *Selenio en el rumiante: Relaciones suelo, planta, animal* (2000).

Una deficiencia de selenio tal como la observada por Correa y Luna (1985) en vaquillonas y en vacas lecheras de la EEA de INTA Balcarce (2007-2008), no se ha presentado en nuestra investigación.

### 5.3. Composición de macrominerales y oligoelementos en la Leche

La concentración de minerales en la leche, está relacionada con los valores promedios de la sangre, y al ser animales empleados en la producción de leche es que se decidió analizar esta matriz tan compleja. Los valores medios de Ca en las etapas de posparto y lactación de los tres campos, se encontraron dentro del rango de referencia citado por Alais (1985); Taverna y Coulon (2000) y Taverna *et al.* (2001), presentados

en la tabla IV A del Anexo 8, para muestras de leche. La concentración media del calcio disminuyó hacia los 60 días, situación apreciada también por Closa *et al.* en *Contenido de nutrientes minerales en leche de vaca y derivados de Argentina* (2003).

Cuando los valores de calcio en la leche superan los valores de referencia, representan un problema desde el punto de vista tecnológico en el proceso de elaboración de lácteos, porque interfiere inestabilizando las proteínas en presencia de calor, tal como señalan Walstra and Jennes, (1987). En nuestra investigación, en la etapa de posparto del campo B los valores de calcio superaban levemente el límite superior del rango de referencia.

Los valores promedios del magnesio en posparto y lactación de los campos B y C, se encontraron por debajo del rango de referencia citado en la bibliografía (tabla IV-A del Anexo 8). Entre los períodos de posparto y lactación existió una disminución de los valores de magnesio en los campos B y C, esto último puede deberse a la existencia de un desequilibrio mineral como expresión del metabolismo animal, tal como lo mencionaron Hernández y Ponce en su publicación de 2006.

El campo A presentó un valor medio de magnesio, en el posparto, por debajo del rango de referencia de los autores Alais (1985) y Taverna *et al.* (2001), el valor durante la lactación estuvo cercano al límite superior, del rango antes mencionado. El aumento observado en el valor medio de Mg del período de posparto a lactación del campo A, se debería, a que se habría manifestado la exposición al déficit forrajero invernal por parte de estos animales.

En esta oportunidad y de igual manera que lo encontrado por Taverna *et al.* (2008), se presentaron diferencias estadísticas en los valores de Ca con tendencia a descender en el campo B, en los dos períodos investigados. El comportamiento del calcio se podría

explicar como consecuencia de la mayor demanda del macromineral en la composición de la leche hacia el pico en la lactación.

Teniendo en cuenta los valores de referencia del sodio de la cuenca centro de Santa Fe publicados por Taverna and Coulon, 2000 y Taverna *et al.* 2001; los valores del macromineral se encontraron por debajo del valor medio de dichos autores. Si comparamos con los rangos referenciales destacados por Walstra and Jenness (1987), nuestros valores de sodio en leche estuvieron dentro del rango de referencia en los campos A, B y C.

En relación al potasio, los valores medios estuvieron por encima del rango de referencia empleado por Alais (1985) y Taverna *et al.* (2001); en los períodos de posparto y lactación de los campos A y B, y en el posparto del rodeo C. En el período de lactación del campo C, el valor del K estuvo dentro del rango referencial. Se observó que los valores de potasio disminuían hacia la lactación en los tres campos.

En la muestra de leche se observó un incremento en el Na y un descenso en el K hacia la lactación, coincidiendo con lo encontrado por Hernández y Ponce en 2006. La tendencia a disminuir de los valores promedio de calcio y potasio por ser la etapa de mayor producción coincidió con lo reportado por Amiot en 1991.

El comportamiento de los macrominerales y la heterogeneidad de los valores promedios observados en esta oportunidad a lo largo de los estados fisiológicos de posparto y lactación en muestras de leche de los campos A, B y C, coincidió con la investigación de Taverna *et al* en el año 2008, quien también trabajó en misma cuenca lechera que la presente tesis.

Los valores promedios de los oligoelementos hierro y cinc determinados en las muestras de leche, tanto en el período de posparto como de lactación, se encontraron por

debajo de los valores de referencia internacionales citados en el Anexo 8, tabla IV-B. Para el Fe, la diferencia significativa entre los dos períodos investigados se presentó en los tres campos. El cobre en leche, se encontraba dentro de los valores de referencia presentados en la tabla antes citada. El ascenso del Cu hacia los días de la lactación, fue semejante en los campos A y C.

Al igual que los investigadores Freer *et al.* en 2007, se observó descenso en los valores promedios del Zn y  $p < 0,0001$  en muestras de leche desde el posparto hacia la lactación del campo B.

Los oligoelementos cobre y cinc presentes en el suero de bovinos no son significativamente dependientes de la dieta, pero se puede afirmar que si están deficientes en la ración disminuye su contenido en la leche, como fue mencionado por Closa *et al.* (2003). En ésta investigación, los bajos niveles de cinc en la leche se podrían atribuir a que el oligoelemento se encuentra por debajo del requerimiento mínimo para los bovinos en la pastura de alfalfa; principal componente de la dieta de los animales, como fue observado en los tres rodeos.

El contenido mineral de la leche es un reflejo de las concentraciones presentes en la circulación de los animales debido a que la glándula mamaria no posee células con capacidad de sintetizar minerales, tal como lo mencionó Alais (1980) hace tres décadas. Lo anterior se manifestó en el campo A: con el valor promedio del Ca en posparto, del Mg en lactación y del Zn en posparto y lactación; y para el campo C: con el valor promedio de Ca y Na en posparto y del Zn en lactación. En el caso del Fe, se observó dicha correspondencia en el campo A y B en posparto y en lactación de los campos A, B y C. Lo mismo ocurrió con los valores del cobre en posparto y lactación de los tres rodeos.

Las disminuciones de los valores promedios de cinc y magnesio en la leche de los animales del campo B, y del calcio y potasio observadas en los tres rodeos hacia los 60 días de la lactación se podría justificar teniendo en cuenta un posible efecto de dilución de los minerales en este período; situación explicada para los mismos minerales por Schmidt en libro *Biology of Lactation* en 1974.

Las etapas estudiadas, es importante ya que en la misma se incrementa el uso de nutrientes por parte de la glándula mamaria, lo que afecta la composición de la leche y lleva a la remoción de los depósitos orgánicos, como es en el caso del calcio.

#### 5.4. Los Minerales en los Alimentos

En los alimentos se analizaron minerales de importancia desde el punto de vista nutricional que suelen interferir con minerales presentes en el agua o en los alimentos por encontrarse en altas concentraciones. Los valores promedios de los minerales estudiados en los alimentos, se compararon con valores de referencia disponibles y citados por la bibliografía regional, nacional e internacional, los cuales se exponen en las tablas V y VII del Anexo 8.

Los datos obtenidos de los macrominerales Ca, Mg y P en la “Pastura de Alfalfa”, estuvieron dentro de los rangos referenciales, según la composición mineral de éste forraje en la región pampeana publicados en *Suplementación Mineral con Nitrógeno no Proteico del Bovino a Pastoreo* del autor Bavera (2006).

Los valores promedios de Sodio, Potasio, Cobre, Hierro y Cinc, fueron comparados con los del inicio y final del pastoreo de alfalfa, publicados por Romero *et al.* de EEA INTA Rafaela (2010). En base a lo anterior, el K y el Cu se encontraron dentro del rango referencial en los tres campos, también el Na en los campos B y C, y la



concentración de hierro en el campo B. Los valores de Sodio y del Hierro en el campo A, y el Hierro en el campo C, fueron superiores a los citados en la literatura. El incremento en los valores de hierro posiblemente se deba a las contaminaciones con polvo o tierra, del alimento muestreado, como fue citado en la revisión bibliográfica. Respecto del Zn, los valores se observaron por debajo del rango de referencia para los tres establecimientos muestreados.

El promedio del oligoelemento Fe, en la pastura de alfalfa de los rodeos A, B y C, se encontraron por encima de los requerimientos mencionados por el NRC (tabla V del Anexo 8). El valor promedio de Fe ligeramente aumentado en la alfalfa los campos A y C, permitió suponer la existencia de una competencia del tipo antagonista con el Zn de la dieta, lo cual trae como consecuencia una disminución en el valor medio de cinc tanto en el suero de los bovinos como en la leche; situación que se presenta en estos rodeos en los períodos de posparto y lactación.

Con respecto al molibdeno, los valores promedios de dicho mineral se encontraron en el valor límite en el campo A y en los campos B y C ligeramente por encima de los valores reportados por Buffarini *et al.* (2007).

Teniendo en cuenta la relación del cobre con el molibdeno (Cu:Mo), presente en la pastura de alfalfa, se pudo concluir que la misma no produciría una deficiencia condicionada de cobre en los animales; los valores de la relación en los campos fueron: 5,8 para el campo A, de 5,2 para el campo B y 3,8 para el campo C y el valor de corte propuesto por Underwood and Suttle en 1999 es  $< 2$ . Además, Minatel *et al.* (2004) en su investigación encontró similares resultados tanto en la estación de invierno como en el verano, períodos del año contemplados en nuestro estudio.

---

En el caso de los “Verdeos” de los campos A y B, los valores promedios de los macrominerales y de los microminerales, fueron analizados a partir de los datos de referencia de INTA Balcarce (tabla VII, Anexo 8) e INTA Mercedes (Vidart, 1996). Así, dichos valores para Ca, P, Mg, Na, K y para el Fe estuvieron dentro del rango de referencia en los campos A y B.

En la muestra de verdeos, el valor promedio del Cobre se encontró por encima del valor promedio de referencia en los campos A y B; pero su valor se encontró dentro de los requerimientos para los bovinos. En cambio, el Cinc y el Molibdeno del campo B se encontraron dentro del rango de referencia, mientras que los dos oligoelementos antes nombrados, en el campo A estuvieron por encima del rango y particularmente el Zn estuvo en ambos rodeos por debajo de los requerimientos del animal.

Con respecto al “Sorgo Forrajero” consumidos por dos de los rodeos investigados, los valores medios de Calcio, Magnesio y Fósforo se encontraron dentro del rango referencial mencionado por Bavera (2006) en su libro *Suplementación mineral con nitrógeno no proteico del bovino a pastoreo*. Los promedios del Sodio, Potasio, Cobre, Hierro, Cinc y Molibdeno, se compararon con los valores de referencia propuestos por Vidart (1996), citados por INTA-Mercedes. Se observó que los valores del Hierro y del Sodio se encontraban por encima del rango de referencia anteriormente propuesto, mientras que el Potasio, Cobre y Cinc estuvieron por debajo del valor de referencia en el campo A. En el campo B, los valores de Na, K, Cu, Fe y Zn se encontraron dentro del rango (Vidart, 1996). El molibdeno estuvo por debajo del valor de la bibliografía, citada previamente, en los rodeos A y B. Los valores de referencia para el sorgo forrajero, propuestos por Vidart (1996) y citados por INTA-Mercedes fueron: Ca 0,32 %, Mg 0,215 %, K 3,65 %, Na 0,017 %, Fe 171 ppm, Zn 39 ppm, Cu 11 ppm.

En los “Silos de Maíz” de los tres campos, los valores promedios de los macrominerales Calcio, Magnesio y Fósforo, se encontraron dentro del rango referencial para la región pampeana de Argentina, publicado por Bavera en su libro (2006). Basados en los valores informados por Corbellini en 2007, los valores medios de Cinc, Cobre y Molibdeno se encontraron dentro de dichos rangos. Por el contrario, el valor del Potasio en el rodeo A fue normal, y en los campos B y C estuvieron bajos, el promedio del Sodio en los campos A, B y C, se encontraron por encima del rango sugerido por el INTA-Mercedes que tomó los valores de Vidart (1996), y lo contrario sucedió con el Hierro en los tres rodeos.

En la muestra de “Maíz Molido” consumida sólo por los animales del campo C, los valores medios de los macrominerales Calcio, Magnesio, Fósforo, Sodio y Potasio y los oligoelementos Hierro, Cobre y Cinc se encontraron dentro de los rangos de referencia citados por Vidart, (1996) en muestras de la región pampeana Argentina.

En el “Rollo de Moha,” forraje consumido por los bovinos del campo A, los valores promedios de Calcio, Magnesio y Fósforo estuvieron dentro de los valores de referencia manejados en Estados Unidos y Canadá y citados por Bavera en su libro (2006).

El comportamiento del Potasio observado por Buffarini *et al* en su publicación de 2007-2008, no se comprobó en ésta investigación. El autor antes citado, explicó que existe una correlación entre los bajos niveles de potasio en el forraje, con valores bajos en el suero durante el verano.

Araujo Schutz (2010), en su trabajo relacionado con el manejo de vacas lecheras en transición; indicó que el K en época lluviosa se incrementa en forma significativa en la pastura, que si bien no se presentó en esta oportunidad, dicho niveles estuvieron por

---

encima de los requerimientos del animal, en las muestras de alfalfas, en los verdeos y en el sorgo forrajero, estos podrían estar causando desbalances del cinc.

La presencia del Molibdeno en el verdeo en una concentración que se encontró en el límite superior del rango de referencia, reportado por Morales Almaráz *et al.* (2007), se plantea como una posible competencia de tipo antagonista con el Cinc de la dieta; lo que trae como consecuencia valores bajos en suero de los bovinos del campo A. El incremento del valor promedio de molibdeno en los verdeos del campo A, no produjo interferencia en la absorción de cobre del alimento, situación observada a partir del valor de cobre sérico normal.

En la región NEA en 1992 y en el noroeste de Buenos Aires en 1996, Coppo *et al.* y Minatel *et al.*, respectivamente, encontraron deficiencias de Cinc en muestras de suero y forraje; en esta oportunidad, no se observaron los mismos resultados seguramente por encontrarnos en presencia de otro tipo de suelo, con elevada variabilidad en la composición de dicho oligoelemento que depende del cultivo y del nivel de producción.

Miller *et al.* en 1993 y Underwood en 1983, propusieron que un aporte menor a  $45 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  de Zn a través de la dieta podría provocar una carencia del micromineral en el ganado vacuno. Esta situación, que se nos presentó en la alfalfa de los tres campos, es muy común debido a que la mayoría de los alimentos para los rumiantes son carentes de Cinc, tal como lo mencionó Miller *et al.* en 1993.

Los valores medios del cobre en los alimentos en base a alfalfa, verdeos y sorgo forrajero, analizados en nuestra investigación, se encontraron por encima del valor de corte del micromineral ( $>10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) propuesto por Boccara (1980) en su trabajo *Les besoins en cuivre des ruminants variant suivant les rations*. Esto justificaría los valores normales observados en el suero y en leche para los tres campos.

La falta de relación que existe entre el contenido de la mayor parte de los elementos minerales en forraje y sus concentraciones en el suero pueden deberse a diversos factores, entre los que se destacan:

- a) Los mecanismos homeostáticos que permiten a los animales, mantener las concentraciones de los minerales a nivel sanguíneo aun en estados dietéticos carenciales.
- b) La cantidad de muestra de forraje con la que se trabajó no sería representativa de la totalidad consumida por el animal.
- c) El uso de subproductos (maíz molido, rollo paja de trigo, semillas de algodón) en la dieta, puede estar enmascarando la asociación entre los valores medios del suero y el forraje.

Algunos de los comportamientos mencionados anteriormente se presentaron en esta investigación, por ejemplo; los valores de hierro en la dieta se observaron por encima del requerimiento y en el suero el oligoelemento estuvo por bajo del rango de referencia, en los tres campos. Además, para los tres campos, el K de la alfalfa superaba el valor de corte requerido, y el macromineral en suero se encontraba en el rango referencial.

#### *5.5. Determinaciones en Muestras de Agua*

Todos los valores promedios de los parámetros analizados en muestras de agua de los campos A, B y C, se encontraron dentro de los valores de referencia mencionados por diferentes autores (tabla VIII del Anexo 8). Los valores de pH de los tres establecimientos, se encontraron dentro del rango considerado aconsejable en muestras

de agua, para el consumo según la O.M.S “Guilelines for drinking water quality” (1997).

El valor medio del pH en el agua depende de la composición mineral del suelo, como lo dio a conocer el investigador Pilatti *et al.* (2003) en su publicación *The ideal soil: III fitness of edadhic variable to achieve sustenance in agroecosystems. J. of Sustainable Agriculture*. Es por ello que los respectivos valores medios de pH en los campos A, B y C fueron diferentes.

Los valores medios del Cloruro, Sulfato, Cinc, Hierro, Cobre y Sólidos Totales se encontraron dentro de los valores de referencia, tanto a nivel nacional mencionado por la EEA-INTA Balcarce 2007-2008, como a nivel internacional presentes en el trabajo de investigación de Jim Linn titulado *Impact of Minerals in Water on Dairy Cows* del 2008.

Se podría concluir, a partir de los sólidos totales, que la calidad del agua consumida es buena en los campos A y C y aceptable en el campo B; siendo tanto los valores de sulfato y de cloruro muy buenos para el consumo de los bovinos en los tres establecimientos (tabla X del Anexo 8).

Las principales interferencias del Cobre son el Hierro, el Molibdeno, el Cinc y el sulfato. En el presente trabajo, se determinaron las concentraciones de molibdeno, hierro y cinc en los alimentos y sulfato en el agua. Teniendo en cuenta el contenido de Fe, Cu, Zn y Mo en los alimentos y los sulfatos en agua de bebida de los bovinos; se podría decir que las variables antes mencionadas no interfirieron en la absorción del cobre dietario.

## **6. CONCLUSIONES**

## 6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las condiciones con las que se desarrolló la presente investigación, a saber:

- Los estados fisiológicos estudiados fueron: Gestación, Parto, Posparto y Lactación avanzada y el muestreo entre agosto del 2006 y febrero del 2008.
- Los animales se encontraban bajo sistema de producción pastoril a base de alfalfa como principal componente de la dieta, sin suplementación mineral, con el consumo de agua *ad libitum* y buena CC por ser animales empleados en la producción de leche.

Se concluye que los valores encontrados en suero y leche en los períodos fisiológicos, mencionados anteriormente, aporta información valiosa acerca del perfil mineral de bovinos lecheros de la región centro de Santa Fe, particularmente del Departamento Las Colonias, que podría ser tenida en cuenta por los productores y los profesionales dedicados a la asistencia técnica de tambos para lograr respuestas óptimas en la producción de leche.

➤ A pesar de que algunos minerales se encontraban desfasados del rango considerado para compararlos; no se observaron manifestaciones clínicas de patologías relacionadas con la carencia de los mismos:

Este fue el caso de la hipocalcemia, durante la gestación y lactación del campo B, la misma debe ser tenida en cuenta por el impacto a nivel de la producción láctea y porque los animales estarían más propensos a sufrir patologías como: fiebre de la leche, cetosis, retención de placenta, anorexia, entre otras. Normalmente los niveles minerales en la leche están relacionados con el nivel del suero, lo anterior no se apreció en la muestra de leche durante la lactación avanzada, donde la concentración de calcio fue normal.



La hipomagnesemia detectada en las vacas en gestación, se debe al estrés del animal próximo al parto y a la pérdida del mineral por sudoración. En este período no se obtuvo muestra de leche, por lo cual no se puede comparar con los niveles en suero.

En el período de lactación, se evidenció hiponatremia debido a la mayor demanda de mineral en la secreción de leche y por que las dietas vegetales tienden a ser pobres en Na. Comportamiento semejante, se observó en la muestra del leche en el mismo período.

Otros concentraciones bajas de los minerales en la leche que reflejaron los bajos niveles en suero fueron el Mg en lactación, el Na en posparto, el Zn en posparto y lactación, y el Fe durante el posparto y la lactación. Las disminuciones de los valores promedios de cinc, magnesio, calcio y potasio hacia los 60 días de la lactación se podrían justificar teniendo en cuenta un posible efecto de dilución de los minerales.

Además, la relación animal-planta es útil para observar el perfil mineral de los bovinos. En general, los niveles de los macrominerales en los alimentos concordaron con la bibliografía. Por lo que podríamos inferir, que las bajas concentraciones de estos minerales en el suero y leche, estaría a nivel de la absorción gastrointestinal o de los tejidos de reserva y no al aporte de los alimentos. Es necesario, continuar realizando investigaciones al respecto, para poder dar respuestas más concretas.

➤ Se puso énfasis en los oligoelementos presentes en los alimentos por las interferencias que se producen entre ellos. De lo anterior se concluye que:

A pesar de que existen antecedentes de deficiencia edáfica de cobre en la Cuenca del Salado de la región Centro de Santa Fe; no se observó respuesta clínica característica de deficiencia de cobre en la mayoría de los casos. Además sabemos que los alimentos de alfalfa, verdes y el sorgo forrajero, analizados en nuestra investigación aportan el cobre necesario para el animal, por lo que no serían la causa del nivel de cobre sérico. También,

la relación del cobre con el molibdeno en la pastura de alfalfa, consumidos por los animales, se encontraron por encima del valor de corte, lo que permitió que el valor del oligoelemento en suero sea normal.

El bajo contenido de cinc en suero podría estar relacionado con el contenido del hierro y del cinc en la pastura en base a *alfalfa*; estos últimos compiten en su absorción. También, el alto contenido de molibdeno en los *verdeos* compite con el cinc, esto justificaría, en parte, los bajos valores de cinc en suero. Además, los niveles de potasio en alfalfa, verdes y sorgo forrajero se encontraban por encima de los requerimientos del animal por lo que podrían estar causando desbalances del cinc. Los valores bajos de cinc en gestación tendrían relación con la etapa invernal de muestreo sumado a que la mayoría de los alimentos para los rumiantes son carentes de Cinc.

A pesar de que predominaron bajos valores de hierro y que los valores de hemoglobina estaban en el límite inferior del rango referencial, no se presentó una anemia ferropénica del tipo carencial.

- En los animales pertenecientes a la craza Holstein-Jersey; los valores promedios más elevados de calcio, sodio, cobre y cinc correspondieron al período de parto, y en el posparto fueron el hierro, el magnesio y el sodio; probablemente por que están más adaptados a las altas temperaturas y a la elevada humedad del ambiente.
- Es importante destacar que el estudio realizado en la presente tesis se completará con el estudio de perfiles energético y proteicos a través de un Proyecto CAI+D 2009 regional en etapa de Transición a la Lactancia, donde se considerará la craza Holstein- Jersey y la condición corporal de las vacas.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ACHARYA, A.K., GUPTA, S.; BHATTACHARYA, S. (1968). Studies on serum calcium, inorganic phosphorus and magnesium concentration of blood during pregnancy in different breeds of Indian dairy cattle. *Indian J. Dairy Sci.* 21: 204-207.
- ALAIS, CH. (1980). *Science Du Lait*, segunda edición en Francés y primera en Español. Compañía Editorial Continental, S.A. Impreso en México P 154-156.
- AMIOT, J. (1991). *Dairy science and technology*. Fundación de la tecnología de la leche de Québec. Inc Canada. 42 p.
- AMMERMAN, C.B and MILLER, S.M. (1972). Biological Availability of Minor Mineral Ions: A review. *J.Anim.Sci.* 35: 681-694.
- ANDREWS, A.H. (2005). *Sanidad del ganado vacuno lechero o The health of dairy cattle*. Traductor Maluenda, P. D. Editor intelectual Blackwell Science Ltd. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A. P 70-71.
- ARREGUÍN, J.A.A.; SANTOS, R.E.; VILLA GODOY, A y ROMÁN PONCE, H. (1997). Dinámica folicular ovárica en vacas cebú con diferentes condición corporal y frecuencia de amamantamiento durante el período anovulatorio posparto. Séptimo curso internacional de reproducción bovina. México D.F. p 210-240.
- ARAUJO SCHUTZ, R.E. (2010). Manejo de la Transición de la vaca lechera. <http://www.produccion-animal.com.ar>

- 
- BACH, A y DEVANT. (2004). Microminerales en la nutrición de rumiante: aspectos técnicos y consideraciones legales. XX Curso de Especialización FEDNA. p 327-340.
- BAČIĆ, G.; KARADJOLE, T.; MAČEŠIĆ, N and KARADJOLE, M. (2007). A brief review of etiology and nutritional prevention of metabolic disorders in dairy cattle. *Vet. Archive.* 77(6): 567-577.
- BALBUENA, O.; MCDOWELL, L.R.; TOLEDO, H.O.; CONRAD, J.H.; WILKINSON, N y MARTÍN, F.G. (1989). Estudios de la nutrición mineral de los bovinos de carne de este de las provincias de Chaco y Formosa (Argentina). *Vet. Agr.* VI(59): 584-594.
- BARAN, E.J. (1995). *Química Bioinorgánica*. Mc Graw-Hill. Madrid. 321-323 p.
- BARTON, R.A.; JONES, C.F.; DONALDSON, J.L.; BARNES, F.R.; EVANS, D.A y CLIFFORD, H.J. (1968). A comparison Holstein Frisian, Jersey and Frisian Jersey cross steers. *Prod.N.Z. Soc of A. Prod.* 28:180-185.
- BAVERA, G.A and BOCCO, O.A. (1987). Suplementación mineral de bovinos. *Editorial Hemisferio Sur.* P 88-89.
- BAVERA, G.A.; RODRIGUEZ, E.; BEGUET, H.; BOCCO, O y SÁNCHEZ, J.M. (2001). *Manual de aguas y aguadas para el ganado.* 2<sup>da</sup> ed. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires. P 388-390.
- BAVERA, G.A. (2005). Suplementación mineral del bovino a pasto. <http://www.produccion-animal.com.ar>. 1-15 p.
- BAVERA, G.A. (2006). Suplementación mineral con nitrógeno no proteico del bovino a pastoreo. 3ra edición. Edición del autor. Río Cuarto, Argentina. P. 21-101.

- BÉRTOLI, J.; CORTE, A.; BONO, M.F.; GARNERO, S y CUAINI, J. (1998). Círculo de medicina veterinaria del departamento Las Colonias. Esperanza – Santa Fe. IX Jornadas de Salud Animal. p 22-26.
- BLOOD, D.; HENDERSON, J.A y RADOSTITIS, O.M. (1986). Medicina Veterinaria. Sexta Edición. Ed. Interamericana, México. P 918-920.
- BLOOD, D and RADOSTITIS, O.M. (1992). Medicina Veterinaria. 7<sup>ma</sup> Edición. Volume 2. Ed. Interamericana Mc Graw Hill. México. P 1247 -1255.
- BOCCARA, H. (1980). Les besoins en cuivre des ruminants variant suivant les rations. L'Élevage Bovin, Caprin. 110: 45-48.
- BREMNER, I.; HUMPHRIES, W.R.; PHILLIPPO, M.; WALKER, M.J and MORRICE, P.C. (1987). Iron-induced copper deficiency in calves: dose response relationships and interactions with Molybdenum and sulfur. Anim.Prod. 45: 403-414.
- BUCHMAN, K.C. (1992). Managing Milk Composition. J. Vet. Med. 49: 455-460.
- BUFFARINI, M.A.; MINATEL, L y CSEH, S. Memoria Técnica (2007-2008). Variaciones Estacionales de minerales en sangre en dos rodeos de cría en el pastoreo en General Villegas. 88-92 p.
- BUFFINGTON, D.E.; COLAZZOARROCHO, A y CANTON, G.H. (1981). Black globe humidity index as confort equation for dairy cow. Trans. Amer. Soc. Agri. Eng. 24: 711-714.
- CAMPOS, R.G.; CUBILLO, C y RODAS, A.G. (2007). Indicadores metabólicos en razas lecheras especializadas en condiciones tropicales en Colombia. Acta Agronómica. 56: 2-10.

- CARRIZO, M.E y PILATTI, M.A. (2008). Complejo intercambiable y acidez del suelo en argidoles del centro de Santa Fe. XXI Congreso Argentino de la ciencia del suelo. 13 al 16 de mayo. Potrero de los Funes (SL) Argentina. p 32-35.
- CASTELLI, M.E. (1999). Estacionalidad del nivel de cobre en vacas lecheras del centro-oeste de Santa Fe. Rev. Med. Vet. 80: 273-274.
- CASTIGNANI, M.I.; CASTIGNANI, H.; OSAN, O y CURSACK, A.M. (2008). Caracterización de la producción primaria del complejo lechero de la provincia de Santa Fe, Argentina: Indicadores estructurales y tecnológicos. 10º Congreso Panamericano de la Leche. Costa Rica. 8 al 10 Abril de 2008. p 1-3.
- CEBALLOS, A.; WITTWER, F.G y CONTRERAS, P.A. (1998). Actividad sanguínea de glutatión peroxidasa en bovinos lecheros a pastoreo: variación según la edad y época del año. Arch-Med.Vet. 30: 13-21.
- CEBALLOS, A.; WITTWER, F.G.; CONTRERAS, P.A.; QUIROZ, E y BÖHMWALD, H.L. (1999). Actividad de la glutatión peroxidasa en bovinos lecheros a pastoreo correlacionada con la concentración sanguínea y plasmática de selenio. Pesq. Agropec. Brasilia. 34(12): 2331-2338.
- CEBALLO-MÁRQUEZ, A.; WITTWER, F.; ANDAUR, M y BÖHMWALD, H.L. (2007). Balance metabólico nutricional de selenio en ovinos a pastoreo en la IX Región de la Araucanía, Chile. Vet. Zootec. 1(2): 52-58.
- CHAO, C.; BROWN, R.D y DELFOS, L.J. (1985), Metabolism of calcium during pregnancy and lactation in white-tailed deer. Acta Endocrinol. 109: 269-275.
- CIRIA CIRIA, J.; VILLANUEVA MARÍN, R y CIRIA GARCIA DE LA TORRE, J. (2005). Avances en nutrición mineral en ganado bovino. IX Seminario de pastos y forrajes. FEDNA, España. p. 50-69.

- CLOSA, S. J.; DE LANDETA, M.C.; ANDÉRICA, D.; PIGHÍN, A y CUFRE, J. A. (2003). Contenido de nutrientes minerales en leche de vaca y derivados de Argentina; ALAN- Caracas (Venezuela) 53 (3): 8.
- CONTRERAS, P.A.; VALENZUELA, F.; WITWERT, H y BÖHMWALD, H. (1996). Desbalances metabólicos nutricionales más frecuentes en rebaños de pequeños productores de leche, Valdivia-Chile. Arch. Med. Vet. 28 (1): 39-50.
- CONTRERAS, P.; WITWERT, F y BÖHMWALD, H. (1990). Concentraciones de calcio, fósforo y magnesio en suero sanguíneo de bovinos de leche de 40 predios lecheros de la X Región. Chile. Archivos de medicina veterinaria, 22 (2): 85-196.
- COPPO, J.A.; SANDOVAL, G.L.; COPPO, N.B y SLANAC, A.L. (1992). Deficiencias de minerales y oligoelementos detectados en bovinos del NEA. Vet. Arg. 9: 331-336.
- CORBELLINI, C.N. y CARRILLO, B.J. (1985). Avances en Sanidad Animal y su Aplicación en el diagnóstico y control de enfermedades de bovinos; Rev. Arg. Prod. Anim. 5: 481-504.
- CORBELLINI, C.N.; MANGIONI, A.R.; DE MATTOS, C.A y AUZMENDI, J. (1997). INTA Pergamino. Proyecto lechero. Efecto de la suplementación con óxido de cinc o metionina-cinc en vacas lecheras marginalmente deficientes. Rev de Med Vet. 78:(6) 439-447.
- CORBELLINI, C.N. (1998 a). Influencia de la Nutrición en las enfermedades de la producción de las vacas lecheras en transición. Proyecto Lechero-EEA Pergamino, Curso INTA Balcarce. 79 (1): 8-13.



- CORBELLINI, C.N. (1998 b). Influencia de los micronutrientes en la fertilidad en bovinos lecheros. *Rev. Med. Vet.* 79 (2): 154-162.
- CORBELLINI, C.N. (1998 c). Influencia de los micronutrientes en la fertilidad en bovinos lecheros. 2<sup>da</sup> parte. *Rev. Med.Vet.* 79 (3): 231-236.
- CORBELLINI, C.; GRIGERA, J y MUÑÓN, G. (2007). Las enfermedades de base Metabólico-nutricional en las vacas lecheras en transición. I Congreso Argentino de Nutrición Animal – CAENA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 18 y 19 de Octubre. *Rev Información sobre investigación y desarrollo agropecuario.* p 159-165.
- COSTA, E.F.; FAZZIO, L.E.; TRAVERIA, G.E.; SANCHEZ, R.O.; ALVARADO PINEDO, M.F.; MATTIOLI, G.A.; OTERO, M.M.; CHIALAVA, M y ROMERO, J.R. (2003). Causas de mortalidad y abortos en bovinos. Informe de 1166 casos entre 1986 y 2001 de la provincia de Buenos Aires. *Rev. Med.Vet.* 85(1): 16-22.
- CSEH, S.; ODRIOZOLA, E y REYNAL, J. (1998). Perfil mineral en vacas de cría en los partidos de Puán y Saavedra, provincia de Buenos Aires. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 18(1): 315-316.
- CURSACK, A.M.; CASTIGNANI, M.I.; CASTIGNANI, H y OSAN, O. (2008). Tecnología y escala: un análisis de umbrales de rentabilidad en empresas predominantemente lecheras de la Cuenca Central Santafecina. Asociación Argentina de Economía Agraria. Agosto de 2008. p. 2-4.
- DEPABLOS, L.; GODOY, S.; CHICCO, F.C y ORDOÑEZ, J. (2007). Nutrición mineral en sistemas ganaderos de las sabanas centrales de Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 27(1): 25-37.

- DRUGUERI, L. (2000). El diagnóstico y evaluación de la deficiencia de cinc en los bovinos. *Zoe. Tecno-campo*. p. 11-14.
- DURAND, M and KOMISARCZUK, S. (1988). Influence of major minerals on rumen microbiota; *Journal of Nutrition*. 118: 249-260.
- EDMONSON, A. J.; LEAN, I.J.; WEAVER, L.D.; FARVER, I y WEBSTER, G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci* 72: 68-78.
- ENGELHARTDT, W.V and BREVES, G. (2005). Minerales. In: *Fisiología veterinaria. Physiologie der Haustiere*. Enku Verlag in MVS media in verlage. Ed por E. Pfeffer y Flachowsky. G. Acribia SA. Zaragoza. España. p. 637-651.
- EEA INTA. Estación Experimental Agropecuaria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Rafaela. (1985). Aptitud de los suelos de la provincia de Santa Fe. *Publicación Miscelánea* 32: 47.
- FADER, O.W. (2001). Los minerales en la nutrición y la salud animal en la región central de la provincia de Córdoba. *Sitio Argentino de Producción animal*. <http://www.produccion-animal.com.ar>
- FANDIÑO, I.; MACIEL, M.; QUAINO, O y GALLARDO, M. (2006). Suplementación preparto y composición química de la leche; *Sitio Argentino de producción Animal; Marca Líquida Agropecuaria*; 16(154): 67-70.
- FERGUSON, J.D.; GALLIGAN, D.T y THOMSEN, N. (1994). Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. *J. Dairy Sci*. 77: 2695.
- FONTENOT, J.P and ALLEN, V.G. (1989). Factors influencing magnesium, absorption and metabolism in ruminants. *J.Anim.Sci*. 67: 3445-3455.

- FORERO, L.E. (2004). Fallas reproductivas asociadas a deficiencias de microminerales: caso Colombiano. Sitio Argentino de Producción animal. <http://www.produccion-animal.com.ar>
- FREER, M.; DOVE, H y NOLAN, J.V. (2007). Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. Csiro Publishing. Australia. P. 115- 169.
- FUQUAY, J.M. (1981). Heat stress as it affects animal production. Anim. Sci. 52: 164-174.
- GALINA, C.S. (1997). Esquemas prácticos de manejo reproductivo en ganadería de carne. En: Séptimo curso internacional de reproducción bovina. Academia de investigación en biología de la reproducción. A. C. p.43-51.
- GALLARDO, M. (1998). Información de forrajes: Grupo de sanidad animal de EEA, INTA- Balcarce. 67-70.
- GALLEGOS, H.M.P.; NÁJERA, R.C.I.; MARTINEZ, C.M.L y QUINTERO, S.J.S. (2004). Condición corporal y niveles séricos de Ca, P, Mg, Na y K en el período pre y posparto en vacas Holstein Friesian. XXVIII Congreso de Buitría. Asociación Mexicana de médicos veterinarios especialistas en bovinos 11- 14 agosto. Área reproducción. 5: 1-4.
- GAMBAUDO, S. (2006). Lo minerales en la producción de fertilizantes y enmiendas. XX Congreso Argentino de la ciencia del Suelo. I Reunión de suelos de la región Andina. Septiembre de 2006. p. 25.
- GARCIA CALDERON, F.; VIEJO, R.; RIDAO, M y CASARO, A. (1994). Niveles de cobre sanguíneo y hepático en vacas preñadas pulimentadas con aminoacetato de cobre. Vet. Agr. 109: 595-601.

- GARMENDIA, J. (2006). Los minerales en la reproducción bovina. Sitio de producción Argentina. [http:// www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- GÉMEZ, J.M y LAREDO, M.A. (1983). Fluctuaciones minerales en pastos tropicales. II *Andropogon gayanus*, en los Llanos Orientales. Revista ICA 18: 95-104.
- GLAUBER, C. E. (2008). Minerales y Oligoelementos en bovinos: su rol en la salud y una aproximación terapéutica. [http:// www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- GLAUBER, C. E. (2009). Periparto en vacas lecheras. Vet. Arg. XXVI (255): 1-3.
- GODOY, S.; ALFARO, C y CHICCO, C.F. (2006). Algunas interrelaciones minerales en la nutrición de rumiantes a pastoreo en las sabanas de Venezuela. Revista Digital CENIAP HOY nº 12. Maracay, Aragua, Venezuela. <http://www.ceniap.gov.ve>.
- GONZÁLEZ. F.H.D. (2000). Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral em rumiantes. In: Perfil metabólico em rumiantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. González, F.H.D; Barcellos, J. O; Ospina, H; Ribeiro, L.A.O. Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil. P. 31-49.
- GONZÁLEZ STAGNARO, C. (1995). Manejo reproductivo y control de la sub fertilidad en vacas mestizas. En: Manejo de la ganadería mestiza de doble propósito. Ed: Ninoska Madrid Bury y Eleazar Soto Belloso. Universidad del Zulia. Venezuela. P. 523-562.
- GOONERATNE, S.; BUCKLEY,W and CHRISTENSEN,D. (1989). Review of copper deficiency and metabolism in ruminants. Can.J.Anim.Sci. 69: 819 – 845.

- GROHN, Y.T.; ERB, H.N.; MCCULLOCH, C.E and SALONIEMI, H.S. (1990).  
Epidemiology of reproductive disorders in dairy cattle: associations among host characteristics, disease and production; *Prev.Vet.Med.* 8: 25-39.
- HERNÁNDEZ, R y PONCE, P. (2006). Relación entre desbalances nutricionales, el metabolismo y la composición de la leche en vacas Holstein Friesian. *Rev. Salud Anim.* 28(1): 13-20.
- HERNÁNDEZ VIEYRA, J.M. (2008). El fósforo en la vaca lechera. Sitio Argentino de producción animal. [http:// www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- HIND, E. (1978). Efficiency of milk production by British Friesian and Jersey cattle. *British Society of Animal Production.* 8: 883.
- HOFER, C.C and MONJE, A. (1985). Informe sobre nutrición mineral del ganado en Entre Ríos, E.E.A Concepción del Uruguay, INTA. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4(3): 12-15.
- HOLMES, C.W.; BROOKES, I.M.; GARRICK, D.J.; MACKENZIE, D.D.S.; PARKINSON, T.J and WILSON, G.F. (2002). Milk production from pasture; Massey University, New Zealand. P 601-603.
- HORST, R.L. (1986). Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 69: 604-616.
- HORTA, A.E.M. (1994) Etiopatogenia e terapeutica da retencao placentária nos bovinos. *Jornadas internacionais de reproduccion animal.* Murcia. p. 181- 192.
- INGLESIAS, R.O.; RODRÍGUEZ, M.G.; CSEH, S.; DRAKE, M y YARRAR, M. (1998). Deficiencia de cobre en bovinos en el valle bonaerense del Río Colorado. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 18(1): 313-314.

- JACKSON, J.A.; LANGER, D.L and HEMKEN , R.W. (1988). Evaluation of Content and Source of Phosphorus Fed to Dairy Calves. *J. Dairy Sci.* 71: 2187-2192.
- JIM, KELLY. (2005). Nutrición de la vaca lechera. In: Sanidad del ganado vacuno lechero o The health of dairy cattle. P. D. Andrews, A. H. Editor intelectual Blackwell Science Ltd. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A. P. 55-98.
- JIM LINN. (2008). Impact of Minerals in Water on Dairy Cows. <http://www.extension.org/pages/>
- KEOWN, J.F. (2002). How to Body Condition Score Dairy Animals. Extensión Dairy Specialist File. University of Lincoln State. Nebraska.
- KINCAID, R.L., HILLERS, J.K and CRONRATH, J.D.(1981). Calcium and phosphorus supplementation of rations for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 64:754.
- KINCAID, R. (1993). Macrominerales para los rumiantes. En: El ruminante: fisiología digestiva y nutrición. Church, D.C. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. P. 373-390.
- KINCAID, R and Aguilar, E. (1998) Avance de la ciencia de la producción lechera. In Phillips, C.J.C. 1998. Ed Acribia SA. Zaragoza España. P.51.
- Laboratorio de bioquímica de EEA. INTA- Balcarce. Memoria técnica (2007-2008). En el trabajo de Buffarini, M.A; Minatel, L y Cseh, S. Variación estacional de minerales en sangre de dos rodeos de cría en el partido de General Villegas. P 88-89.
- LAREDO, M.A y ARDILA, A. (1984). Variación nutricional en pastos guinea y angleton de la zona ganadera del César, Colombia. *Revista ICA* 19: 131-140.

- LEIVA, P.E.; GARCIA, M.S.; VELES, M.A y VALTORTA, S.E. (2005). Respuestas fisiológicas de vacas Holando Argentino y cruza Jersey Holando, en la cuenca lechera Santafesina. Revista FAVE- Ciencias Agrarias 4: 1-2.
- LEY 24051. Régimen de desechos peligrosos. Decreto nacional 831/93. Reglamentación de la ley 24051.1993.
- LI, Y.; MCCRORY, D.F.; POWELL, J.M.; SAAM, H and JACKSON SMITH, D. (2005). A survey of selected heavy metal concentrations in Wisconsin dairy feeds. J. Dairy Sci. 88: 2911-2922.
- MAIZTEGUI, J. (2009). Necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero. Resumen del NRC 2001. Universidad Nacional del Litoral. p.1-15.
- MARCOS, E. (1981). Variaciones bioquímicas sanguíneas pre y posparto en vacas lecheras. Publicación Miscelanea. Estación Experimental Regional Agropecuaria, INTA – Rafaela. 7: 5-15.
- MARTÍN OJEA, P.A y PIÑEYRO, P.O. (1988). Silaje de pasturas: una alternativa para tener en cuenta. Nutrición Animal Aplicada. Buenos Aires. 3:10-13.
- MATTIOLI, G.A.; GIULIODORI, M.A.; RAMÍREZ, C.E.; TITTARELLI, C.M.; YANO, H y MATSUI, T. (1996). Deficiencia simple de Cu en el partido de Magdalena, Pcia de Buenos Aires, Argentina. Rev. Arg. Prod. Anim. 16 (1): 100-101.
- MC DOWELL, L y CONNRAD, J. (1984). La importancia nutricional de oligoelementos En América Latina. Rev. Mundial de Zootecnia. 24: 24-33.
- MC DOWELL, L.; CONNRAD, J y ELLIS, G.L. (1984). Suplementos minerales para el ganado vacuno de pastoreo en las regiones tropicales. Rev. Mund. Zoot, FAO. 52: 2- 12.

- 
- MC DOWELL, L.R. (1992). Mineral in Animal and Human Nutrition. 1ed, San Diego, Academic Press. In tesis caracterização do perfil mineral em bovinos de corte em cachoeira do sul. p 98-137.
- MELGAR, R.; CAMOZZI, M.E y LAVANDERA, J. (2003). Trigo: fertilización con potasio, azufre y magnesio. Proyecto Fertilizar. INTA. <http://www.fertilizar.org.ar>. Acceso Mayo de 2008.
- MILLER, J.K.; RAMSEY, N y MADSEN, F.C. (1993). Elementos vestigiales. En: El ruminante: fisiología digestive y nutrición. Church, D.C. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. P. 391-457.
- MINATEL, L.; BUFFARINI, M.A.; SCARLATA, E.F.; DALLORSO, M.E y CARFAGNINI, J.C. (2004). Niveles de cobre, hierro, zinc y selenio de bovinos del noroeste de la provincia de Buenos Aires. Rev. Arg. Prod. Anim. 24 (3-4): 225-235.
- MINATEL, L.; BUFFARINI, M.A.; DALLORSO, M. E.; HOMSE, A y CARFAGNINI, J.C. (1998). Relevamiento Mineral de bovinos de la región noroeste de la provincia de Buenos Aires. Rev. Arg. Prod. Anim. 18: 67-75.
- MONTERO,R. (2006). Suplementación Mineral en bovinos. [http://www.engormix.com/suplementacion\\_mineral\\_bovinos\\_s\\_articulos\\_919\\_GDC.htm](http://www.engormix.com/suplementacion_mineral_bovinos_s_articulos_919_GDC.htm)
- MORALES ALMARÁZ, E.; DOMINGUEZ VARA, I.; GONZÁLEZ RONQUILLO, M.; ESCUTIA, G.J.; CASTELÁN ORTEGA, O.; PESCADOR SÁLAS, N y HUERTA BRAVO, M. (2007). Diagnóstico mineral en forraje y suero sanguíneo de bovinos lecheros en dos épocas en el valle central de México. Téc. Pecu. Méx, 45(3): 329-344.



- MUFARREGE, D. J.; FERÉ, G. S y HOMSE, A. (1985). Nutrición mineral en el ganado en la jurisdicción de la EEA Mercedes, Corrientes. Rev. Agr. Prod. Anim 3: 5-7.
- MUFARREGE, D.J. (1999). Los minerales en la alimentación de vacunos para carne en la Argentina. 48-49 p.
- NUTRIENT RESEARCH COUNCIL. (1996). Nutrient requeriments of beef cattle. 7<sup>ed</sup>. Washington, DC: National Academy of Sciences – National Reserch Council. 234 p.
- NRC. (2001). NUTRIENT REQUIREMENTS OF DAIRY CATTLE: Seventh Revised Edition. 105-161p, 184-213 p.
- NRC. (1989). NUTRIENT REQUERIMENTS OF DAIRY CATTLE. National Academy Press. Washington, D.C. USA. p157. Sánchez del R, C; Agustin, R.G; Raya C, M.A. 1997. Contenido mineral en suelo, forraje y suero sanguíneo de vacas Holstein en pastoreo en Acatlan, Hidalgo, México. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(1): 108-111.
- NRC. (1980). Mineral tolerance of domestic animals. National Academy of Sciences. Washington, D.C. USA. p 577.
- NRC. (1978). Nutrient requeriments of dairy cattle. 5 th Ed. Natl Acad. Sci., Washington, DC. P 54-112.
- OFFICIAL METHODS of ANALISIS ASOTIATION of OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Agricultural Chemicals; Contaminants; Priented in the United States of America. 15<sup>th</sup> edition. Edited by Kennety Helrich.1: 1117 p.
- O.M.S: Guilelines for drinking water quality. Volume 1, 2 and 3. Surveillance and control of community water supplies. Second edition. P 238-240 .

- 
- OTTO, K.L.; FERGUSON, J.D.; FOX, D.G and SNIFFEN, C.J. (1991). Relationship between body condition score and composition of ninth eleventh rib tissue in Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74: 852-861.
- OVERTON, T.R and WALDRON, M.R. (2004). Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *J. Dairy. Sci.* 87:105-119.
- OYARZUN BARRÍA, J.L. (1997). Análisis de los resultados de perfiles metabólicos obtenidos de rebaños lecheros en el Sur de Chile 1986 – 1996. Universidad Austral de Chile. Valdivia Chile. 2-6 p.
- PARKER, R. (2001). Using Body Condition Scoring in Dairy Herd Management. <http://www.gov.on.ca>.
- PECHÍN, G.; CSEH, S.; CORBELLINI, C.; IDIART, J.; MORALEJO, R.; VISCONTI, M.; DRAKE, M y YARRAR, M. (1995). Estudio de las deficiencias minerales en bovinos de carne en el departamento Maracó, provincia de La Pampa Argentina. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 15(2): 492-494.
- PÉREZ-CARRERA, A.; MOSCUZZA, C.; GRASSI, D y FERNÁNDEZ-CIRELLI, A. (2004). Caracterización de leche bovina mediante la determinación de microminerales. XIX Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Buenos Aires. Argentina.
- PÉREZ-CARRERA, A.; MOSCUZZA, C.; GRASSI, D y FERNÁNDEZ-CIRELLI, A. (2007). Composición mineral del agua de bebida en sistemas de producción lechera de Córdoba, Argentina. *Vet. Méx.*, 38(2): 154.
- PHILLIPS, C.J.C. (1998). Avance de la ciencia de la producción lechera. Ed Acribia SA. Zaragoza España. 50-53 p.

- 
- PILATTI, M.A.; DE ORELLANA, J and FELLI, O. (2003). The ideal soil: III fitness of edaphic variable to achieve sustenance in agroecosystems. *J. of Sustainable Agriculture*. 22 (2): 109-132.
- PILATTI, M.A.; MORESCO, M y CUADRADO, C. (2001). Deficiencias de nutrimentos en alfalfa (*Medicago sativa*). Ensayo en macetas sobre Argiudoles del centro de Santa Fe (Argentina). *Rev. FAVE* 13 (1,2): 63-70.
- PILATTI, M.A.; J.A DE ORELLANA y FLORES, G.M. (2006) ¿Se están agotando las tierras en el centro de Santa Fe? Evolución de propiedades químicas en Argiudoles: 1978 a 2005. XX Congreso Argentino de la ciencia del Suelo. I Reunión de suelos de la región Andina. Septiembre de 2006. p.611.
- POZZOLO, O.A.; MONJE, A y HOFER, C. (1985). Suplementación de sorgo forrajero con azufre. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4(3): 77-80.
- RENOLFI, R.; TREZEGUET, M y LEZCANO, G.P. (1985). Informes provenientes de Santiago del Estero. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4(3): 25-26.
- REPETTO, J.C.; DONOVAN, A y GARCÍA MATA, F. (2004). Carencias minerales, limitantes de la producción. *Motivar*, Bs. As. 2: 6-7.
- RIDAO, M.; CASARO, A.P y FERNÁNDEZ, M. (1994). Parámetros sanguíneos y factores ambientales en un rodeo de cría con antecedentes de hipomagnesemia. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 14(1-2): 113-120.
- RIDAO, M.; CSEH, S.; SAN MARTINO, S.; DRAKE, M y YARRER, M. (1995). Valores serológicos de hierro y cinc en distintas categorías de bovinos en el área de Balcarce. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 15 (3-4): 800-803.

- ROBLES, C.A y ORTIZ, R. (1995). Informe de la E.E.A. Bariloche (Río Negro). Rev. Arg. Prod. Anim. 4(3): 40-43.
- ROJAS, L.X.; MOYA, A.; MCDOWELL, L.R.; MARTIN, F.G y CONRAD, J.H. (1994). Estado mineral de una finca en el suroeste de los llanos de Venezuela. Zootecnia Trop. 12(2): 161-186.
- ROMÁN PONCE, H. (1992). Reproducción y manejo reproductivo de los bovinos productores de carne y leche en el trópico. En: Avance en la producción de leche y carne en el trópico americano. De. Saúl Fernández Baca (Ed). Oficial regional de producción animal. Santiago de Chile. P. 131-168.
- ROMERO, L.; GAGGIOTTI, M y COMERÓN, E. Técnicas de muestreo y parámetros de calidad de los recursos forrajeros. (2010). Revista Infotambo. EEA INTA-Rafaela. Estación Experimental Agropecuaria, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. p 2-5.
- ROSA, D.E y MATTIOLI, G.A. (2002). Metabolismo y deficiencia de cobre en los bovinos. Analecta Veterinaria. 22 (1): 7-16.
- ROSA, D.E.; FAZZIO, L.E.; PICCO, S.J.; FURNUS, C.C y MATTIOLI, G.A. (2008). Metabolismo y deficiencia de zinc en bovinos. Analecta Veterinaria. 28(2): 34-44.
- ROSOL, T.J and CHEW,D.J. (1995), Pathophysiology of calcium metabolism. Vet.Clin.Pathol. 24: 49-63.
- ROWELL, D. (1992). Acidez y alcalinidad del suelo. En: Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Editado por Alan Wild. Capítulo 25: 885-940.

- ROWLANDS, G.J. (1980). Metabolites in the blood of beef and cattle. *Wld. Rev. Nutr. Diet.* 35:172-235.
- SALAZAR, J.E. (2005). El fósforo en los sistemas ganaderos de leche1; *Agronomía Mesoamericana* 16(2): 231-238.
- SÁNCHEZ DEL R, C.; AGUSTIN, R.G y RAYA, M.A. (1997). Contenido mineral en suelo, forraje y suero sanguíneo de vacas Holstein en pastoreo en Acatran, Hidalgo México. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 5(1): 108-111.
- SCANDOLO, D.; NORO, M.; BÖHMWALD, H.; CONTRERAS, P.A y WITTEWER, F. (1997). “Análisis descriptivo de perfiles metabólicos de minerales realizados a rebaños lecheros en el sur de Chile entre 1986 a 2003. p 1-2.
- SCHALM, O.W.; JAIN, N y CARROLL, E. (1981). *Hematología veterinaria*. Buenos Aires. Editorial Hemisferio Sur. 856 p.
- SCHMIDT, G.H. (1974). *Biology of Lactation*. Editorial Acribia, Zaragoza. España. P 244-248.
- SELK, G.E.; WETTEMANN, R.P.; LUSBY, K.S.; OLTJEN, J.W.; MOBLY, R.L.; RASBY, R.J and GARMENDIA, J.C. (1988). Relationships among body weing change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J. Anim. Sci.* 66: 3153-3159.
- SILVA, J.H.; QUIROGA, M.A.; AUZA, N.J. (2000). Selenio en el rumiante. *Relaciones suelo, planta, animal. Med Vet;* 17(10): 229-238.
- SPEARS, J.W. (1998). Reevaluation of the metabolic essentiality of the minerals – Review – *Asian-Aus.J.Anim.Sci.* 12: 1002-1008.

- 
- TAMMINGA, S.; LUTEIJN, P.A and MEIJER, R.G. (1997). Changes in composition and energy content of liveweight loss in dairy cows with time after parturition. *Livest. Prod. Sci.* 52: 31-38.
- TAVERNA, M.; CHAVEZ, M.; PÁEZ, R.; CUATRÍN, A y NEGRI, L. (2008) Caracterización de la aptitud tecnológica de la leche destinada a la elaboración de leche en polvo entera en la cuenca lechera central. Grupo Calidad de leche y agroindustria láctea- EEA Rafaela. Proyecto Nacional de Lechería del INTA *Revista Tecnología Láctea Latinoamericana.* 53: 40-43.
- TOKARNIA, C.H.; DOBEREINER, J.; MORAES, S.S and PEIXOTO, P.V. (1999). Deficiencias e desequilíbrios minerais em bovinos e ovinos- revisão dos estudos realizados no Brasil de 1987 a 1998. *Pesq. Vet. Bras.* 19: 47-62.
- TOLEDO, M.J. (1982). Manual para la evaluación agronómica. Red internacional de evaluación de pastos tropicales. CIAT. p 11-117.
- UNDERWOOD, E.J. (1983). Los minerales en la nutrición del ganado. 2ª Edición. Zaragoza. Acribia. P 210-212.
- UNDERWOOD, E.J and SUTTLE, N.F. (1999). *Mineral Nutrition of Livestock.* 3 ed. London: CAB International. Edinburgh, UK. 456 p.
- VIDART. (1996). Composición mineral de forrajes en la región Pampeana de la República Argentina En: *Minerales en la alimentación de vacunos para carne en la Argentina.* INTA –Mercédez, Corriente. p 44-52.
- WAGNER, J.J.; LUSBY, K.S.; OLTJEN, J.W.; RAKESTRAW, J.; WETTEMANN, R.P y WALTERS, L.E. (1988). Carcass composition in mature Hereford cows: Estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. *J. Anim. Sci.* 66: 603-615.

- 
- WALSTRA, P and JENNES,R (1987). Dairy Chemistry and Physics; John Wiley and Sons, Ind New York. 349- 354 p.
- WEAVER, L. D. (1992). Condición corporal, producción y reproducción. En: Carta Ganadera. Marzo. P.13-18.
- WEIDMANN, P.E.; THOMAS, J.A.; HEER, G.; VALTORTA, S.E.; GONZALEZ, A.; WEIDMANN, R.L.; ZEN, G and GARNERO, O. (2002). Calidad de la leche producida en los departamentos centrales de la Cuenca Lechera Santafesina. Composición Química. Revista FAVE- Ciencias Agrarias 1(2).
- WEISINGER, R.C.; CONSIDINE, P.; DENTON, D.A.; LEKSELL, L and MCKINLEY, M.J (1982), Role of sodium concentration of the cerebrospinal fluid in the salt appetite of sheep. Am J Physiol . 242: 51-63.
- WITTWER, F. (1998). Estrés oxidativo y selenio en bovos. In: Nutrição mineral em ruminantes. González, F.H.D; Opina, H.P; Barcellos, J.O.J. 2 edición, gráfica da UFRGS. Porto Alegre. Brasil. p.111-131.
- WITTWER, F.; CONTRERAS, P.; BÖHMWALD, H.; ANRIQUE, R y FUCHSLOCHER, R. (1988). Concentraciones de zinc y cobre en forrajes y suero sanguíneo de 40 predios lecheros de la X Región. Chile. Archivos de medicina veterinaria. 20 (1): 118-125.
- WITTWER, F.; BÖHMWALD, H.; CONTRERAS, P.A y FILOSA, J. (1987). Análisis de los resultados de perfiles metabólicos obtenidos en rebaños lecheros en Chile. Arch. Med. Vet. 19: 35-45.

## **8. ANEXOS**



**8. Anexo I. Composición mineral del esqueleto de mamíferos y en la leche de vaca.**

Elemento	Proporción correspondiente al esqueleto (%)	Contenido en leche de vaca ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )
Ca	> 97	1,2 – 1,3
P	80	0,8 – 1,0
Mg	70	0,11 – 0,13
K	5	1,4 – 1,6
Na	30	0,4 – 0,6
Cl	5	0,9 – 1,0

TABLA I: Contenido mineral en el esqueleto de los mamíferos y en la leche de vaca.

**8. Anexo II. Requerimientos nutricionales.**

Minerales	Secado	Preparto	Posparto
Ca %	0,5	0,45 (0,6-1,5)*;	0,81-0,91
P %	0,25	0,3-0,4 (0,3-0,4)*	0,46-0,52
Mg %	0,2	0,35-0,4 (0,35-0,4)*	0,28-0,34
K %	0,65	0,52 (0,52)*	1,0-1,5
S %	0,16	0,20 (0,3-0,4)*	0,23-0,24
Na %	0,1	0,1 (0,1)*	0,20-0,25
Cl %	0,2;	0,15 (0,8-1,2)*	0,25-0,30
Co ( $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ ) (ppm)	0,1	0,1	0,2
Cu ( $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ )	12	15	11-25
I ( $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ )	0,6	0,7	0,5
Fe ( $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ )	50	60	100
Mn ( $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ )	40	50	44
Se ( $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ )	0,3	0,3	0,3
Zn ( $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ )	50	60	70-80

TABLA II: Requerimiento Mineral en bovinos de leche en distintos períodos fisiológicos expresados en porcentaje de materia seca (% MS). \* hace referencia a los niveles con sales aniónicas; de NRC 2001.

### 8. Anexo III. Valores de Referencia de minerales

Debido a que en muchos casos faltaban valores de referencia para algunos de los minerales en fluidos biológicos en bovinos lecheros de la región centro de la provincia de Santa Fe, las medias encontradas en el presente trabajo fueron comparadas con intervalos internacionales.

#### 8. Anexo III.1. Composición mineral en muestra de suero.

MINERAL	Concentración	Bibliografía
Calcio	2,00 – 2,60 mmol L <sup>-1</sup> 8,5 – 11,0 mg dL <sup>-1</sup> <b>9,5 – 12,5 mg dL<sup>-1</sup></b>	- Contreras <i>et al.</i> , 1990. - NRC (1980, 1989). - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Fósforo	1,10 – 2,30 mmol. L <sup>-1</sup> 5,7 – 8,0 mg dL <sup>-1</sup> <b>3,5 – 7,5 mg dL<sup>-1</sup></b>	- Contreras <i>et al.</i> , 1990. - NRC (1980, 1989). - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Magnesio	0,65 – 1,14 mmol L <sup>-1</sup> 1,8 mg dL <sup>-1</sup> <b>1,8 – 3,2 mg dL<sup>-1</sup></b>	- Contreras <i>et al.</i> , 1990. - NRC (1980, 1989). - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Sodio	<b>132,17 – 152,17 mmol . L<sup>-1</sup></b> 312-363 mEq . dL <sup>-1</sup>	- Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce. - Gonzalez, F.H.D. 2000
Potasio	20,0 mg · dL <sup>-1</sup> <b>3,89- 5,80 mmol · L<sup>-1</sup></b>	- NRC (1980, 1989). - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Cobre	<b>0,60 mg · L<sup>-1</sup></b> 8 – 22 μmol · L <sup>-1</sup> 0,55 – 1,55 mg · L <sup>-1</sup> 50 μg · dL <sup>-1</sup>	- Rosa y Mattioli (2002) - Wittwer <i>et al.</i> , 1988. - NRC (1980, 1989). - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Hierro	1,46 mg · L <sup>-1</sup> <b>1,33 mg · L<sup>-1</sup></b>	- NRC (1980, 1989). Underwood, 1983.
Cinc	<b>0,80 mg · L<sup>-1</sup></b> 0,8 – 2,0 mg · L <sup>-1</sup> 50 μg dL <sup>-1</sup> 74 -83 mg . dL <sup>1</sup>	Rosa y Mattioli (2002) - NRC (1980, 1989). - Lab Bioqca. INTA-Balcarce. - Gonzalez, F.H.D. 2000
Selenio	<b>20 – 100 μg L<sup>-1</sup></b> 3 μg/100 mL (30 μg L <sup>-1</sup> ) (en suero) 20 μg/100 mL(200 μg L <sup>-1</sup> ) (en sangre entera)	-Silva <i>et al.</i> - Blood <i>et al</i> (1989) Mc Dowel <i>et al</i> (1990) - Smith <i>et al</i> (1988)

TABLA III: Indicadores del perfil mineral en bovinos lecheros y valores de referencia.

En negritas, se destaca los valores de los Autores que se consideraron como valores de referencia.

### 8. Anexo III.2. Composición mineral de la leche de vaca de bovinos.

En negritas, se destaca los valores de los Autores que se consideraron como valores de referencia.

Macro-minerales	Promedios generales						
	Jerrige, 1980 (g·kg <sup>-1</sup> )	Underwood, 1983 (g·100 g <sup>-1</sup> )	<b>Alais, 1985 (g·kg<sup>-1</sup>)</b>	Andrews (mg·100 mL <sup>-1</sup> )	Walstra y Jennes, 1987 mmol·kg <sup>-1</sup>	Taverna Coulon, 2000 (g·kg <sup>-1</sup> )	<b>Taverna y otros, 2001 (g·kg<sup>-1</sup>)</b>
Ca	1,25	0,12	<b>0,87-1,26</b>	136	26-32	1,17	<b>1,24</b>
P	0,95	0,10	<b>0,72-1,65</b>	26	19-23	0,86	<b>0,94</b>
Mg	0,12	0,01	<b>0,10-0,13</b>	18	4-6	0,12	<b>0,12</b>
K	1,50	0,15	<b>1,16-1,45</b>	172,5	31-43	1,40	<b>1,5</b>
Na	0,50	0,05	<b>0,34-0,45</b>	57	<b>0,39-0,64g·kg<sup>-1</sup></b>	0,58	<b>0,60</b>
Cl	1,10	0,11	<b>0,67-1,06</b>	80-130	22-34	1,37	<b>1,44</b>

TABLA IV-A: Promedios generales de valores de Macrominerales en leche según distintos autores a nivel mundial y regional.

Microminerales	Promedios generales		
	<b>Schmidt, 1974 (mg · kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Underwood, 1983 (mg · L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Walstra y Jennes, 1987 (mg · kg<sup>-1</sup>)</b>
Fe	<b>0,45</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>
Cu	<b>0,13</b>	<b>0,20</b>	<b>0,10</b>
Zn	<b>3,7</b>	<b>4,0</b>	<b>3,8</b>
Mn	0,03	0,03	0,03
I	0,04	0,05	0,28
B	0,2	-	0,16
F	0,15	-	0,14
Mo	0,05	-	0,07
Co	0,001	-	0,0006

TABLA IV-B: Promedios generales de valores de Microminerales en leche según distintos autores a nivel mundial.

## 8. Anexo III.3. Composición mineral de pasturas y aguas de bebida de bovinos

Contenido Mineral en MS de pasturas	NE – SANTA FE	
	Promedio y desvío estándar	Frecuencia relativa
K (%)	1,32 ± 0,70	7
Na (%)	0,05 ± 0,04	76
Ca (%)	0,33 ± 0,28	17
Mg (%)	0,17 ± 0,07	2
P (%)	0,17 ± 0,06	37
Fe (mg · kg <sup>-1</sup> )	125 ± 87	15
Mn (mg · kg <sup>-1</sup> )	204 ± 142	-
Cu (mg · kg <sup>-1</sup> )	6,2 ± 1,7	56
Zn (mg · kg <sup>-1</sup> )	29 ± 25	46

TABLA V: Promedios y desvíos estándar, de la composición mineral en muestras de pasto y la frecuencia relativa en el NE de Santa Fe, Mufarrege; 1999.

Calidad	Calcio (%)	Fósforo (%)	Magnesio (%)	Cobre (ppm)	Cinc (ppm)
Buena	> 0,3	> 0,25	> 0,30	> 32	> 40
Mediana	0,2 – 0,3	0,15 – 0,24	0,20 – 0,36	30 – 10	20 – 40
pobre	< 0,2	< 0,15	< 0,36	< 8	< 20

TABLA VI: Clasificación de los forrajes según su calidad a partir de la concentración de minerales en Venezuela.

Mineral	Valor normal	Bibliografía
Ca	3,7 – 5,0 g/kg 0,40 %	- NRC 1989. - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
P	2,0 – 2,7 g/kg 0,24 %	- NRC 1989. - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Mg	1,8 – 2,0 g/kg 2,00 %	- NRC 1989. - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Na	1,0 – 2,2 g/kg 1,00 %	- NRC 1989. - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
K	10,0 g/kg 2,5 %	- NRC 1989. - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Fe	100 – 500 ppm 1000 ppm	- NRC 1989. - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Zn	20 – 36 ppm 30 ppm	- NRC 1989. - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Cu	5,0 – 6,0 ppm 5,00 ppm 5 -8 ppm	- NRC 1989. - Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce. - Quiroga, M.A. 1982.
Digestibilidad	600 – 700 g/kg MS	- NRC 1989.a
Mo	Hasta 2 ppm Cu/Mo 2:1 o mayor	- Quiroga, M.A. 1982.
Sulfatos	0,5 % MS	- Quiroga, M.A. 1982.

TABLA VII: valores normales de la concentración de minerales y digestibilidad en forrajes.

Parámetro	Valor de referencia	Autor
pH	6,8 – 8,5	a-Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
ST (sólidos totales)	7000 mg/L 1250 (VN) - 10000 mg/L	a-Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce. b- Quiroga, M.A. 1982.
Carbonatos	0 – 90 mg/L	a-Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Bicarbonatos	183 – 1226 mg/L	a-Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Mg	< 500 mg/L	a-Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Ca	< 200 mg/L	a-Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Na	< 4000 mg/L	a-Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
Cloruros	< 5000 mg/L	a-Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce.
sulfatos	< 1500 mg/L 250-260 (VN) - 2500 mg/L	a-Lab Bioqca, EEA.INTA-Balcarce. b-Quiroga, M.A. 1982.
Cu	Límite máximo 1 mg/L	c-Ley 24051. Régimen de desechos peligrosos.
Zn	Valor guía 5 mg/L	d- Internacionales.
Fe	Límite máximo 2 mg/L	d- Internacional.

TABLA VIII: Minerales en el agua de bebida. (VN): valor normal.

Clasificación de las aguas de bebida		
ppm (Iones Ca y Mg)	$\mu\text{S/cm}$	Dureza
0-70	0-140	muy blanda
70-150	140-300	blanda
150-250	300-500	ligeramente dura
250-320	500-640	moderadamente dura
320-420	640-840	dura
superior a 420	superior a 840	muy dura

TABLA IX: Clasificación de las aguas según su dureza por Jim Linn, 2008.

Calidad del agua de bebida		Sales totales ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	Cloruro de sodio ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	Sulfato ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )	Magnesio ( $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ )
Deficiente	Menos de	1	-----	-----	-----
Muy buena	Más de	1	0,6	0,5	0,2
Buena	Hasta	2	1,2	1	0,25
Aceptable	Hasta	4	2,4	1,5	0,3
Mala	Hasta	7	4,8	2,5	0,4

TABLA X: Clasificación del agua de bebida para consumo de bovinos según Bavera ; 2006.

**8. Anexo IV. Algunas de las concentraciones  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (ppm) y absorbancias para la construcción de las curva de calibración se presentan a continuación.**

Minerales	Absorbancia	Concentración ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ o ppm)
Calcio	0,019	0,5
	0,039	1,0
	0,080	2,0
Magnesio	0,023	0,05
	0,090	0,2
	0,174	0,4
Hierro	0,013	0,5
	0,028	1,0
	0,058	2,0
Cinc	0,054	0,25
	0,110	0,50
	0,210	1,0
Cobre	0,018	0,5
	0,037	1,0
	0,071	2,0

TABLA XI-A: Valores de absorbancia y concentraciones de Ca, Mg, Fe, Zn y Cu ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

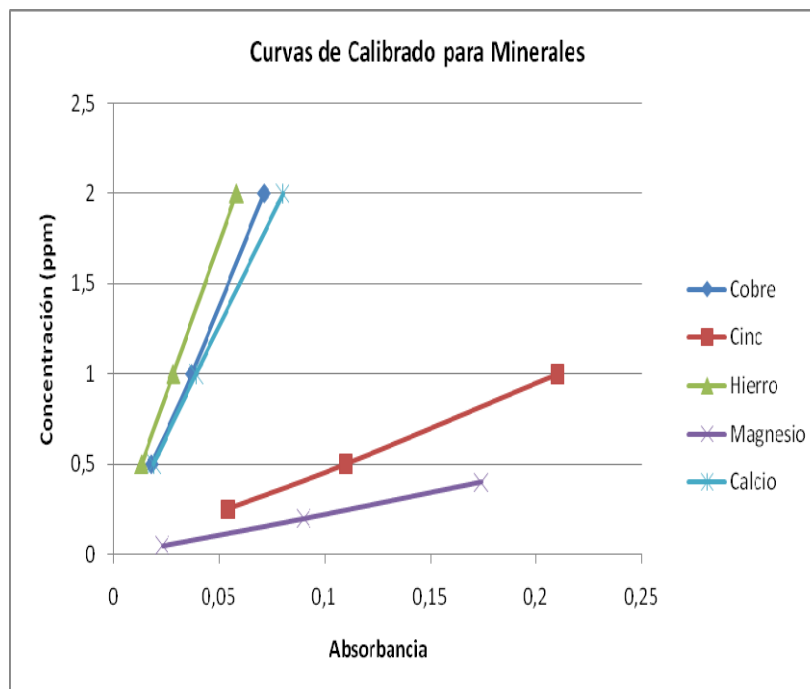
Macrominerales	Unidades de emisión	Concentración (ppm)
Sodio	202	1
	310	2
	440	4
	673	8
	744	10
	890	15
	1030	20
	1115	25
	1283	30
Potasio	14	0,25
	77	1
	135	2
	260	4
	550	10
	760	15
	930	20
	1097	25
	1230	30

TABLA XI-B: Valores de unidades de emisión y concentración  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (ppm) de Na y K.

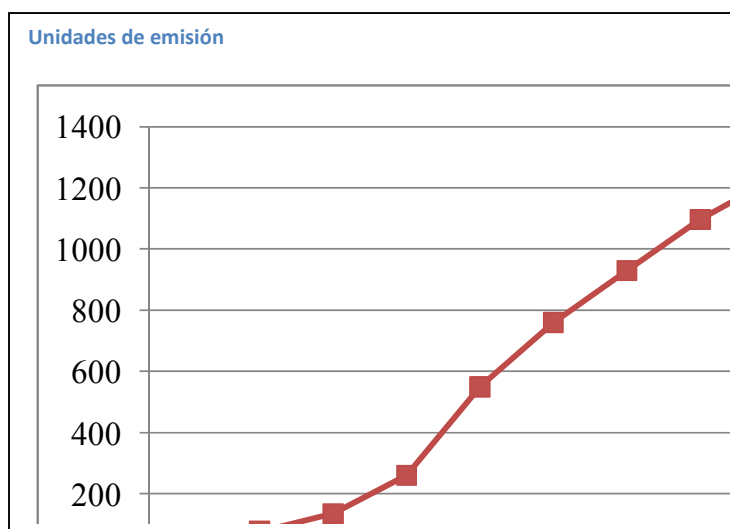
#### 8. Anexo IV.1. Gráficas de curvas de calibración

Las curvas de calibración que fueron empleadas para la determinación de macrominerales y oligoelementos en las muestras de suero, leche, forrajes y en agua se presentan a continuación en dos Gráficas, una de ellas de concentración en función de las absorbancias (Gráfica 11) y la otra de concentración versus unidades de emisión (Gráfica 12), obtenidas de la calibración del equipo de absorción atómica a partir de los estándar de cada mineral, previa al la determiación de las muestras.





GRÁFICA I: Curva de calibración concentración versus absorbancias de los macrominerales calcio y magnesio y de oligoelementos cobre, hierro y cinc, expresadas en  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  aplicada para calcular la concentración en las distintas muestras.



GRÁFICA II: Curva de calibración unidades de emisión versus concentración expresada en  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  aplicada para calcular la concentración de potasio en las distintas muestras que se analizaron en la tesis.

**8. ANEXO V: Resumen de los valores promedios de los minerales obtenidos en las distintas muestras para los tres campos.**

Períodos minerales	SUERO				LECHE		ALIMENTOS	AGUA
	gestación	parto	posparto	lactación	posparto	lactación		
Calcio	8,980 mg·dL <sup>-1</sup>	10,360 mg·dL <sup>-1</sup>	9,793 mg·dL <sup>-1</sup>	9,113 mg·dL <sup>-1</sup>	119,213 mg·100 g <sup>-1</sup>	113,553 mg·100 g <sup>-1</sup>	a-1,68 / b- 0,31 / c- 0,37 / d- 0,1 (% MS)	---
Magnesio	1,747 mg·dL <sup>-1</sup>	2,193 mg·dL <sup>-1</sup>	2,040 mg·dL <sup>-1</sup>	2,010 mg·dL <sup>-1</sup>	7,733 mg·100 g <sup>-1</sup>	10,440 mg·100 g <sup>-1</sup>	a- 0,23 / b- 0,26 / c- 0,26 / d- 0,2 (% MS)	---
Sodio	133,06 mmolL <sup>-1</sup>	130,41 mmolL <sup>-1</sup>	130,63 mmolL <sup>-1</sup>	130,36 mmolL <sup>-1</sup>	48,567 mg·100 g <sup>-1</sup>	48,760 mg·100 g <sup>-1</sup>	a- 0,08 / b- 0,87 / c- 0,021 / d- 0,09 (% MS)	---
Potasio	5,18 mmolL <sup>-1</sup>	5,21 mmolL <sup>-1</sup>	4,77 mmolL <sup>-1</sup>	4,69 mmolL <sup>-1</sup>	160,993 mg·100 g <sup>-1</sup>	153,560 mg·100 g <sup>-1</sup>	a- 1,99 / b- 2,3 / c- 3,58 / d- 1,22 (% MS)	---
Fósforo	---	---	5,96 mg·dL <sup>-1</sup>	5,18 mg·dL <sup>-1</sup>	---	---	a- 0,21 / b- 0,20 / c- 0,31 / d- 0,18 (% MS)	---
Cobre	0,54 mg·L <sup>-1</sup>	0,76 mg·L <sup>-1</sup>	0,68 mg·L <sup>-1</sup>	0,62 mg·L <sup>-1</sup>	0,1596 mg. L <sup>-1</sup>	0,1753 mg. L <sup>-1</sup>	a- 13 / b- 13 / c- 9,4 / d- 3,14 (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,086 mg. L <sup>-1</sup>
Hierro	1,167 mg·L <sup>-1</sup>	1,193 mg·L <sup>-1</sup>	0,960 mg·L <sup>-1</sup>	0,893 mg·L <sup>-1</sup>	0,3240 mg. L <sup>-1</sup>	0,4033 mg. L <sup>-1</sup>	a- 226 / b- 1068 / c- 120,8 / d--- (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,15 mg. L <sup>-1</sup>
Cinc	0,373 mg·L <sup>-1</sup>	0,760 mg·L <sup>-1</sup>	0,693 mg·L <sup>-1</sup>	0,687 mg·L <sup>-1</sup>	2,7787 mg. L <sup>-1</sup>	2,9200 mg. L <sup>-1</sup>	a- 22 / b- 29,5 / c- 36 / d- 26,53 (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,08 mg. L <sup>-1</sup>
Selenio	---	---	26,68 μg·L <sup>-1</sup>	---	---	---	---	---
Cloruros	---	---	---	---	---	---	---	200 mgL <sup>-1</sup>
Sulfatos	---	---	---	---	---	---	---	225 mgL <sup>-1</sup>
Molibdeno	---	---	---	---	---	---	a- 2 / b- --- / c- 2,1 / d- 2,5(mg.kg <sup>-1</sup> )	---

Referencias: a- alfalfa; b- verdes; c- sorgo forrajero; d- silo de maíz.

Tabla XII-A: valores promedios de minerales en las distintas muestras correspondientes al CAMPO A.

Períodos minerales	SUERO				LECHE		ALIMENTOS	AGUA
	gestación	parto	posparto	lactación	posparto	lactacion		
Calcio	9,223 mg·dL <sup>-1</sup>	9,160 mg·dL <sup>-1</sup>	8,967 mg·dL <sup>-1</sup>	8,60 mg·dL <sup>-1</sup>	128,387 mg·100 g <sup>-1</sup>	110,00 mg·100 g <sup>-1</sup>	a- 2,22 / b- 0,25 / c- 0,30 / d- 0,21 e- 0,31 (% MS)	---
Magnesio	1,720 mg·dL <sup>-1</sup>	2,120 mg·dL <sup>-1</sup>	1,947 mg·dL <sup>-1</sup>	1,894 mg·dL <sup>-1</sup>	8,833 mg·100 g <sup>-1</sup>	7,740 mg·100 g <sup>-1</sup>	a- 0,32 / b- 0,24 / c- 0,21 / d- 0,23 e- 0,22 (% MS)	---
Sodio	131,50 mmolL <sup>-1</sup>	133,02 mmolL <sup>-1</sup>	131,03 mmolL <sup>-1</sup>	129,37 mmolL <sup>-1</sup>	46,773 mg·100 g <sup>-1</sup>	51,080 mg·100 g <sup>-1</sup>	a- 0,15 / b- 0,99 / c- 0,017 / d- 0,12 (% MS)	---
Potasio	5,12 mmolL <sup>-1</sup>	5,23 mmolL <sup>-1</sup>	5,17 mmolL <sup>-1</sup>	5,01 mmolL <sup>-1</sup>	167,927 mg·100 g <sup>-1</sup>	157,433 mg·100 g <sup>-1</sup>	a- 2,1 / b- 2,5 / c- 3,62 / d- 1,31 (% MS)	---
Fósforo	---	---	6,89 mg·dL <sup>-1</sup>	6,21 mg·dL <sup>-1</sup>	---	---	a- 0,24 / b- 0,18 / c- 0,28 / d- 0,23 (% MS)	---
Cobre	0,58 mg·L <sup>-1</sup>	0,63 mg·L <sup>-1</sup>	0,64 mg·L <sup>-1</sup>	0,71 mg·L <sup>-1</sup>	0,1998 mg. L <sup>-1</sup>	0,1629 mg. L <sup>-1</sup>	a- 11 / b- 10,2 / c- 11 / d- 3,81 (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,097 mg. L <sup>-1</sup>
Hierro	1,473 mg·L <sup>-1</sup>	1,171 mg·L <sup>-1</sup>	1,173 mg·L <sup>-1</sup>	1,013 mg·L <sup>-1</sup>	0,3733 mg. L <sup>-1</sup>	0,4427 mg. L <sup>-1</sup>	a- 510 / b- 1142 / c- 117,1 / d--- (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,20 mg. L <sup>-1</sup>
Cinc	0,360 mg·L <sup>-1</sup>	0,94 mg·L <sup>-1</sup>	0,83 mg·L <sup>-1</sup>	0,87 mg·L <sup>-1</sup>	3,1533 mg. L <sup>-1</sup>	2,4387 mg. L <sup>-1</sup>	a- 28 / b- 34 / c- 39 / d- 28,5 (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,28 mg. L <sup>-1</sup>
Selenio	---	---	32,67 µg·L <sup>-1</sup>	---	---	---	---	---
Cloruros	---	---	---	---	---	---	---	580 mgL <sup>-1</sup>
Sulfatos	---	---	---	---	---	---	---	370 mgL <sup>-1</sup>
Molibdeno							a- 2,5 / b- ---/ c- 1,7 / d- 3,8 (mg.kg <sup>-1</sup> )	---

Referencias: a- alfalfa; b- verdeos; c- sorgo forrajero; d- silo de maíz; e- rollo de moha.

Tabla XII-B: valores promedios de minerales en las distintas muestras correspondientes al CAMPO B.

Períodos minerales	SUERO				LECHE		ALIMENTOS			AGUA
	gestación	parto	posparto	lactación	posparto	lactacion	Alfalfa	Silo de maíz	Maíz molido	
Calcio	8,981 mg·dL <sup>-1</sup>	11,233 mg·dL <sup>-1</sup>	10,887 mg·dL <sup>-1</sup>	9,118 mg·dL <sup>-1</sup>	115,527 mg·100 g <sup>-1</sup>	112,033 mg·100 g <sup>-1</sup>	2,02 % MS	0,19 % MS	0,25 % MS	---
Magnesio	1,746 mg·dL <sup>-1</sup>	2,447 mg·dL <sup>-1</sup>	2,433 mg·dL <sup>-1</sup>	1,893 mg·dL <sup>-1</sup>	7,160 mg·100 g <sup>-1</sup>	7,347 mg·100 g <sup>-1</sup>	0,25 % MS	0,22 % MS	0,16 % MS	---
Sodio	133,05 mmolL <sup>-1</sup>	147,92 mmolL <sup>-1</sup>	150,18 mmolL <sup>-1</sup>	129,44 mmolL <sup>-1</sup>	47,280 mg·100 g <sup>-1</sup>	48,947 mg·100 g <sup>-1</sup>	0,10 % MS	0,17% MS	---	---
Potasio	5,18 mmolL <sup>-1</sup>	4,67 mmolL <sup>-1</sup>	3,92 mmolL <sup>-1</sup>	5,00 mmolL <sup>-1</sup>	155,567 mg·100 g <sup>-1</sup>	150,307 mg·100 g <sup>-1</sup>	2,01 % MS	1,25 % MS	---	---
Fósforo	---	---	5,78 mg·dL <sup>-1</sup>	5,10 mg·dL <sup>-1</sup>	---	---	0,23 % MS	0,21 % MS	---	---
Cobre	0,55 mg·L <sup>-1</sup>	0,74 mg·L <sup>-1</sup>	0,75 mg·L <sup>-1</sup>	0,76 mg·L <sup>-1</sup>	0,1684 mg. L <sup>-1</sup>	0,1867 mg. L <sup>-1</sup>	10 mg.kg <sup>-1</sup>	3,07 mg.kg <sup>-1</sup>	---	0,093 mg. L <sup>-1</sup>
Hierro	1,166 mg·L <sup>-1</sup>	1,273 mg·L <sup>-1</sup>	1,540 mg·L <sup>-1</sup>	0,853 mg·L <sup>-1</sup>	0,3347 mg. L <sup>-1</sup>	0,4200 mg. L <sup>-1</sup>	358 mg.kg <sup>-1</sup>	---	25 mg.kg <sup>-1</sup>	0,18 mg. L <sup>-1</sup>
Cinc	0,411 mg·L <sup>-1</sup>	0,747 mg·L <sup>-1</sup>	0,761 mg·L <sup>-1</sup>	0,711 mg·L <sup>-1</sup>	2,6413 mg. L <sup>-1</sup>	2,7713 mg. L <sup>-1</sup>	25 mg.kg <sup>-1</sup>	30,48 mg.kg <sup>-1</sup>	15 mg.kg <sup>-1</sup>	0,12 mg. L <sup>-1</sup>
Selenio	---	---	57,50 µg·L <sup>-1</sup>	---	---	---	---			---
Cloruros	---	---	---	---	---	---	---			486 mgL <sup>-1</sup>
Sulfatos	---	---	---	---	---	---	---			256 mgL <sup>-1</sup>
Molibdeno	---	---	---	---	---	---	2,6	2,6	---	---

Tabla XII-C: valores promedios de minerales en las distintas muestras correspondientes al CAMPO C.