

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA**



**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN SÉRICA  
DE CALCIO, MAGNESIO, POTASIO Y FÓSFORO EN  
VACAS HOLSTEIN, EN PRE Y POST PARTO DE LA  
CAMPIÑA DE CAJAMARCA**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de**

**MÉDICO VETERINARIO**

**Presentada por la Bachiller**

**NELLY PÉREZ EFUS**

**Asesor**

**Mg. M.V. FERNANDO ALBERTO OBLITAS GUAYÁN**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**Facultad de Ciencias Veterinarias**

**Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria**



**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN SÉRICA  
DE CALCIO, MAGNESIO, POTASIO Y FÓSFORO EN  
VACAS HOLSTEIN, EN PRE Y POST PARTO DE LA  
CAMPIÑA DE CAJAMARCA**

**TESIS**

Para Optar el Título Profesional de  
**MÉDICO VETERINARIO**

Presentada por la Bachiller  
**NELLY PÉREZ EFUS**

Asesor  
**Mg. M.V. FERNANDO ALBERTO OBLITAS GUAYÁN**

**Cajamarca – Perú  
2014**



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, siendo las once horas del doce de junio del dos mil catorce, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Veterinarias “**César Bazán Vásquez**” de la Universidad Nacional de Cajamarca, los integrantes del Jurado Calificador, designados por el Consejo de Facultad, con el objeto de evaluar la sustentación de Tesis Titulada “**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN SÉRICA DE CALCIO, MAGNESIO, POTASIO Y FÓSFORO, EN VACAS HOLSTEIN EN PRE Y POST PARTO; DE LA CAMPIÑA DE CAJAMARCA**”, presentada por la Bachiller en Medicina Veterinaria: **Nelly Pérez Efus**.

Acto seguido el Presidente del Jurado procedió a dar por iniciada la sustentación, y para los efectos del caso se invitó a la sustentante a exponer su trabajo.

Concluida la exposición de la Tesis, los miembros del Jurado Calificador formularon las preguntas que consideraron convenientes, relacionadas con el trabajo presentado; asimismo, el Presidente invitó al público asistente a formular preguntas concernientes al tema.

Después de realizar la calificación de acuerdo a las Pautas de Evaluación señaladas en el Reglamento de Tesis, el Jurado Calificador acordó: Aprobar la sustentación de Tesis para optar el Título Profesional de **MÉDICO VETERINARIO**, con el Calificativo Final de **QUINCE (15)**.

Siendo las doce horas y cincuenta y cinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado Calificador dio por concluido el proceso de sustentación.

  
M.Cs. M.V. JORGE EDUARDO BURGA LEÓN  
PRESIDENTE

  
Mg. M.V. JOSÉ FERNANDO CORONADO LEÓN  
SECRETARIO

  
M.V. FERNANDO APARICIO FRANCO CISNEROS  
VOCAL

## DEDICATORIA

### A DIOS:

*Por ser a quien confío todos los días de mi existencia y es él quien me da las fuerzas celestiales necesarias para alcanzar todas mis metas trazadas.*

### A MIS PADRES:

*Flavio y Teresa como muestra de mi amor, respeto y admiración, por haber buscado siempre lo mejor para sus hijos, por haberme brindado su apoyo incondicional en todas las decisiones que haya tomado y por su inmensa capacidad de dar sin esperar, ni pedir nada a cambio.*

### A MIS HERMANOS:

*Quienes me han brindado siempre su apoyo incansable en todo momento; en especial a Wilson por haber sido, además un gran amigo y compañero durante mi formación profesional.*

Nelly.

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, por haberme guiado hacia mi verdadera vocación profesional.*

*Al Mg. M.V. Fernando A. Oblitas Guayán por su valiosísima ayuda y aporte en la ejecución de la presente investigación, y también por su paciencia hacia mi persona.*

*A Wilson Pérez Efus, por su colaboración incondicional hacia mi persona, para poder llevar a cabo el presente estudio.*

*A todos mis profesores de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, por brindarme los conocimientos necesarios para mi buen desarrollo profesional.*

*A mis verdaderos amigos, con quienes compartí momentos de alegría y tristeza, por brindarme su amistad y apoyo aún en circunstancias difíciles.*

... a todos muchas gracias

Nelly

## RESUMEN

Esta investigación se realizó en siete establos de la campiña, distrito, provincia y departamento de Cajamarca. Los objetivos fueron cuantificar la concentración séricas de Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Fósforo (P), 15 días preparto y 2, 15, 30, 45 y 60 días post parto, en 84 vacas lecheras de raza Holstein, de las cuales se tomó 7 ml de sangre para la obtención de suero sanguíneo y su posterior análisis bioquímico, el cual se realizó en el Laboratorio de Fisiología Veterinaria de la Universidad Nacional de Cajamarca, mediante técnicas espectrofotométricas, a través de la lectura de las absorbancias. Se obtuvo los siguientes resultados: En el preparto las concentraciones séricas obtenidas fueron, para Ca 2.0 mmol/L, Mg 0.6 mmol/L, K 5.5 mmol/L y P 2.1mmol/L y en la etapa de post parto el Ca, K y P sérico a los dos días post parto presentan disminución seguida de una regularización en el resto de periodos, con leves variaciones, el Mg sérico sólo presenta una leve disminución de la concentración sérica en el periodo de 60 días post parto. Todos los resultados se encuentran dentro de los valores referenciales tanto en pre y post parto. El análisis estadístico de los resultados mediante la prueba de Z, se concluye que las concentraciones séricas en vacas sin suplementación son diferentes significativamente en los periodos del post parto: Ca a los 2, 30, 45 y 60 días, Mg a los 30 días, K a los 2, 30 y 60 días, P a los 2 días.

Palabras claves: Suero, minerales, vacas lecheras.

## ABSTRACT

This research was conducted in seven stables in the countryside of Cajamarca, district, province and department of Cajamarca. The objectives were to quantify the concentration of serum calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K) and Pósforo (P), 15 days prepartum and 2, 15, delivery 30, 45 and 60 days post in 84 dairy cows Holstein, of which seven ml of blood to obtain serum and subsequent biochemical analysis took was performed in the laboratory of Veterinary Physiology, National University of Cajamarca, by espectofotométricas techniques by reading the absorbance of the concentrations. Having the following results: in step antepartum serum concentrations were obtained for Ca 2.0 mmol /L, Mg 0.6mmol /L, K 5.5 mmol /L and P 2.1mmol /L and in the postpartum stage Ca, K and P serum two days after childbirth have decreased followed by an adjustment in the other periods, with slight variations, serum Mg contains only a slight decrease in serum at 60 days postpartum. All results are within normal values in both the pre and prepartum. In the analysis of the results by metabolic profiling and z test, the greatest variation .respectively and significant difference in serum minerals in the group of cows under extensive management system that unsupplemented cows supplemented group.

Keywords: Serum, mimerals, dairy cows.

# ÍNDICE

CONTENIDO		PÁGINA
DEDICATORIA		
AGRADECIMIENTO		
RESUMEN		
ABSTRACT		
CAPÍTULO I	INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	MARCO TEÓRICO	4
CAPÍTULO III	MATERIALES Y MÉTODOS	32
CAPÍTULO IV	RESULTADOS	41
CAPÍTULO V	DISCUSIÓN	64
CAPÍTULO VI	CONCLUSIONES	70
CAPÍTULO VII	BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXO		78



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Los minerales en el organismo cumplen cuatro grandes funciones: estructural, catalítica, fisiológica y reguladora. En cantidades adecuadas son esenciales para el normal funcionamiento del organismo y el óptimo rendimiento productivo, su aumento o disminución pueden causar desequilibrio fisiológico con bajas en la producción y reproducción. En los casos más graves estos desequilibrios se convierte en patológicos, llevando al animal incluso a la muerte (Underwood, 2002).

En los diferentes tipos de explotación ganadera, especialmente en vacas lecheras de alta producción, los principales problemas de alteraciones metabólicas por aumento o disminución de minerales se presentan con mayor frecuencia en Calcio, Fósforo, Magnesio y Potasio, (Underwood y Suttle, 2003).

Para la detección de estas alteraciones, se diseñó en Compton, Inglaterra (1970), como un método de diagnóstico paraclínico, el Perfil Metabólico (PM) (Payne y col., 1970). El PM apoya al Médico Veterinario de campo a tomar decisiones con respecto a la salud, manejo y/o alimentación de un rebaño lechero, sobre todo en alteraciones producidas como consecuencia de un desequilibrio entre el ingreso, circulación y egresos de elementos al organismo, los resultados del PM miden las concentraciones sanguíneas en determinados grupos de animales de un rebaño y los compara con los valores poblacionales de referencia.

Los establos lecheros de la campiña de Cajamarca no están exentos de alteraciones que puedan presentarse principalmente por deficiencia de uno más minerales; sin embargo la mayoría de estos problemas se presentan en forma subclínica, los cuales no son fácilmente diagnosticables (Gonzales, 2001).

En el presente estudio con la finalidad de determinar las posibles diferencias respecto a los valores de referencia en las fases de pre y post parto se cuantificó, evaluó y comparó las concentraciones séricas de Ca, Mg, K y P en periodo preparto y su evolución en diferentes épocas del post parto; además, las vacas de las cuales se obtuvo las muestras y para su mejor análisis, se dividieron en dos grupos, bajo el sistema de manejo extensivo sin y con suplementación; ambos grupos no recibieron sales minerales junto a la suplementación. Se trabajó con valores de referencia establecidos en vacunos de leche de la campiña de Cajamarca por diferentes autores, a excepción del K, cuyos valores se tomaron de información de otro País (Santa Fé, Colombia). Los valores referenciales o poblacionales sirvieron para comparar con los obtenidos en los diferentes grupos de este estudio y conocer si estuvieron normales, aumentados o disminuidos y poder emitir un posible diagnóstico que permita conocer las posibilidades fisiológico-metabólicas de las vacas y determinar la producción de alteraciones en su salud o en el de los rebaños a los cuales pertenecen.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Determinar la concentración sérica de Ca, Mg, K y P, en vacas *Holstein*, en las etapas de parto y post parto, en la campiña de Cajamarca, mediante análisis espectrofotométrico.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Cuantificar la concentración sérica de Ca, Mg, K y P de vacas *Holstein*, a los 15 días preparto; en la campiña de Cajamarca, mediante análisis espectrofotométrico.
2. Cuantificar la concentración sérica de Ca, Mg, K y P de vacas *Holstein*, a los 02, 15, 30, 45 y 60 días post parto; en la campiña de Cajamarca, mediante análisis espectrofotométrico.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. CALCIO

El Calcio es un elemento cuyo nombre proviene del latín (calx), es un metal blanco, muy alterable al aire y al agua, que, con el oxígeno, forma la cal(óxido de Calcio) y se encuentra en muchas rocas, en forma de carbonato, fosfato, silicato y fluoruro; en la mayoría de las aguas naturales como bicarbonato, sulfato y cloruros, en las plantas, en los huesos y dientes; y como carbonato en la cáscara de los huevos, y en la cobertura exterior de los moluscos y tortugas (Mufarrege, 2002).

El Ca se encuentra como ion libre, en proteínas plasmáticas y formando complejos con ácidos orgánicos e inorgánicos. La parte ionizada es elemento esencial para las funciones en casi todos los tejidos del cuerpo (Underwood, 2002). Siendo esencial para la formación del esqueleto, la coagulación sanguínea normal, la acción rítmica del corazón, la excitabilidad neuromuscular, la activación enzimática, la permeabilidad de las membranas (McDowell, 1997) y el equilibrio ácido básico (Bondi, 1987).

##### 2.1.1. Fuentes dietéticas de Calcio

Las influencias del tipo de cultivo pueden ser notables, pero lo que realmente influye sobre el contenido de Ca es el estado de maduración de las especies vegetales, por ello a medida que avanza el ciclo de maduración disminuye el contenido de Ca de los pastos (Underwood, 2002).

### 2.1.2. Absorción del Calcio.

Es el intestino el órgano de mayor importancia en la absorción del Ca, porque es a través de este que se produce la entrada del Ca al organismo. Esta absorción se realiza principalmente a nivel de duodeno y yeyuno (ARC, 1998). A través de dos procesos: uno de difusión y otro de transporte activo realizado por una proteína específica cuya síntesis se induce por los derivados de la vitamina D (Jarrige, 1981).

La absorción del Ca, y también del fosforo depende, de la cantidad contenida en la dieta, por lo que para poder mantener niveles normales en el cuerpo, debe ingerirse niveles adecuados de estos elementos (Doxey, 1987).

La absorción del Ca varía entre cerca del 90% para la leche hasta más del 50% en raciones sólidas. En el rumen, puede absorberse pequeñas cantidades de calcio, pero la mayor parte tiene lugar en el intestino delgado (Haresing, 1988).

El coeficiente de digestibilidad del Ca para los rumiantes se encuentra entre los rangos de 22 a 55%, con un promedio de 45%, dependiendo de muchos factores (Bondi, 1987), la absorción del calcio va disminuyendo de acuerdo como avanza la edad, pues disminuye de 98% en terneros que son alimentados con leche, hasta 22% en vacas viejas. En animales jóvenes esta absorción varía de 45 - 68 % y en vacas adultas de 37 - 55 % (NRC, 1988).

La absorción de Ca es controlada por dos hormonas, la hormona paratiroidea (HPT) y la hormona fisiológicamente activa de la vitamina D3: 1,25-dihidroxi-colecalciferol (calcitriol, 1,25 (OH)<sub>2</sub> D<sub>3</sub>). La glándula paratiroidea es extremadamente sensible a pequeñas desviaciones en la concentración iónica de Ca en los fluidos extracelulares y cuando las concentraciones decaen, se secreta la PTH (Brow, 1991) y se activa la vitamina D<sub>3</sub>. La vitamina D<sub>3</sub> se hidroxila a 25-hidroxi-D<sub>3</sub> (25-OH D<sub>3</sub>) en el hígado y, posteriormente en el riñón formando dos compuestos; 24,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> y 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>. El primer órgano para la síntesis de 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> es el riñón (Underwood, 2002).

En circunstancias normales el metabolito activo de la vitamina D es el 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> induce la formación de una proteína específica captadora de Ca (PCCa) en la mucosa del intestino delgado y permite la adaptación del animal para una mayor absorción de Ca de la dieta. Estos mecanismos de adaptación actúan en sentido contrario cuando aumenta la ingestión de Ca; la secreción de PTH disminuye y el riñón produce vitamina D o el metabolito 24,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>, en vez de producir 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>. En ausencia de 1,25-(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> decrece la formación de PPCa en la mucosa intestinal, y disminuye la absorción de Ca (Haresing, 1988).

La formación de compuestos insolubles a nivel intestinal disminuye la absorción de Ca. Se ha demostrado que el oxalato (C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup>) puede reducir la absorción del mineral, formando oxalato de Ca que se pierde con las heces (De Luca, 2006).

### 2.1.3. Rol de la vitamina D en la absorción del Calcio

Una de las funciones de la vitamina D es facilitar la absorción del Ca a través de la síntesis de proteína transportadora de Ca, sin considerar la forma en que están presentes en la ración, la absorción del Ca depende de su solubilidad en el punto de contacto de las membranas absorbentes (Mayrnad, 1997).

Después de haber penetrado en la corriente sanguínea la vitamina D es transportada hasta el hígado, en donde sufre una hidroxilación que la transforma en 25-hidroxicolecalciferol (25-HCC), siendo este último a nivel de los riñones objeto de una segunda hidroxilación que da lugar a distintos metabolitos como el 1,25-Dihidroxicolecalciferol (1,25-DHCC), el cual es considerado actualmente como una verdadera hormona esteroide de origen renal, induciendo a nivel del intestino, la síntesis de PCCa, que forma un complejo con Ca, regulando la calcemia y la fosfatemia, al igual que la hormona paratiroidea y calcitonina. A nivel plasmático, eleva la calcemia y la fosfatemia, aumentando, por una parte la absorción de fosforo a nivel intestinal, y por otra parte la de Ca, induciendo la síntesis de la PCCa (Jarrige, 1981), que se encuentra en las vellosidades de las células intestinales y se cree que para inducir esta síntesis el 1,25-DHCC, induce la formación de un mensajero-RNA para la síntesis de otra proteína PCCa (Smith, 1990).

La habilidad de un animal de absorber y usar el Ca depende de la suplementación de vitamina D. Cuando las pasturas no son ricas en vitamina D, es cuando toma real importancia la formación de vitamina D en la piel (Underwood, 2002).

#### **2.1.4. Distribución del Calcio en el organismo.**

El 98% de Ca se encuentra en los huesos y los dientes, y aproximadamente el 1% distribuido ampliamente en los tejidos blandos, con una mayor concentración en el plasma sanguíneo (Mc Dowel, 1997).

En el plasma sanguíneo el 45 a 50% de Ca se encuentra en forma soluble o ionizada, 40 a 45% se encuentra unido a proteínas plasmáticas (NRC, 1998) y un mínimo porcentaje (5%) en quelación con citratos y fosfatos (Bondi, 1978). Siendo sólo 12 g de Ca los que se encuentran en forma extracelular y libremente intercambiable (Kelly, 2002).

El Ca forma gran parte de la materia mineral de la leche, representando el 0.12% del total de ésta (Underwood, 2002).

#### **2.1.5. Control endocrino del calcio**

El mantenimiento constante en la concentración del ión Ca en la sangre y en los líquidos extracelulares se debe a las glándulas paratiroides y tiroides, segregando hormonas como la parathormona y calcitonina respectivamente (Dukes, 1983).

El metabolismo del Ca sufre un estrecho control endocrino y su concentración en la sangre solo varía ligeramente, salvo en ocasiones en que es rota la homeostasis por una repentina y severa exigencia del metabolismo. Esta situación es propia de la hipocalcemia pos parto (Payne, 2002).



El Ca se encuentra en la porción trabecular de los huesos, en equilibrio dinámico con el Ca de los líquidos orgánicos y otros tejidos del organismo. Durante los periodos de deficiencia dietética o cuando se incrementa los requerimientos, como sucede durante la preñez y la lactación, se moviliza fácilmente de los huesos para mantener los niveles normales y casi constantes (Dukes, 1983).

#### **2.1.6. Parathormona (PTH)**

La PTH es secretada por la paratiroides en respuesta a una baja en la concentración plasmática de Ca, promoviendo la liberación del Ca de los huesos. También aumenta la reabsorción del Ca en el riñón (Contreras, 1996) y la absorción del Ca desde el intestino, gracias a la producción estimulada del 1.25-DHCC a partir de 25-DHCC (Underwood, 2002).

#### **2.1.7. Calcitonina**

La calcitonina (CT). Es una hormona producida por células parafoliculares de la tiroides y su acción fisiológica más importante es disminuir las concentraciones plasmáticas de Ca y P, promoviendo su eliminación del organismo. Ésta hormona es estimulada por la hipercalcemia y también por la actividad de hormonas gastrointestinales como la gastrina y pancreosina (Contreras, 1996).

La calcitonina es antagonista de la vitamina D y de la parathormona; inhibe la resorción osteoclástica y la liberación de Ca óseo, en consecuencia disminuye la calcemia y además aumenta la excreción urinaria de Na, K, Ca y Mg, y también reduce la secreción gástrica (Fattorusso y Ritter, 2001).

### **2.1.8. Requerimientos de Calcio**

Los requerimientos de Ca están afectados por diferentes factores, la edad, el nivel de producción láctea, el nivel y forma química del Ca en los ingredientes alimenticios, la raza, el consumo suplementario del animal, la relación entre Ca: P y la cantidad de vitamina D presente en la dieta. No es necesario determinar con mucha precisión los requerimientos y niveles tóxicos, puesto que la regulación homeostática tiende a normalizar los consumos marginales cambiando la eficiencia de absorción y excreción (Underwood, 2002; Mc Dowell, 1997).

### **2.1.9. Excreción del Calcio**

En el caso del Ca la pérdida endógena fecal, que es la principal vía de excreción, proviene de la reabsorción incompleta del Ca, de las secreciones estomacales (Jarrige, 1981), y es independiente a la cantidad de Ca ingerido o absorbido, pero si es directamente proporcional al peso vivo (ARC, 1998). Determinándose una excreción de 16 mg/Kg de peso vivo como pérdida endógena fecal, y 0.8 mg/Kg de peso vivo por la orina (Bondi, 1987).

En los sistemas de crianza moderados, las vacas lecheras de alta producción, excretan elevadas cantidades de Ca en la leche; y se hallan expuestas a padecer desequilibrios agudos entre la entrada y salida del Ca del organismo, tal como ocurre en la hipocalcemia post parto, o a sufrir el agotamiento a largo plazo de las reservas minerales del esqueleto (Payne, 2002).

### **2.1.10. Estudios Realizados de niveles séricos de Calcio en la campaña de Cajamarca**

Mediante estudios de investigación se ha determinado los valores promedio de Ca sérico en: vacas en producción 2.65 mmol/L, vacas en seca 2.64 mmol/L de la raza Holstein (Soto, 1981), en vacunos procedentes de 10 establos lecheros 2.29 mmol/L con un valor máximo de 2.43 mmol/L y un valor mínimo de 2.01 mmol/L (Díaz, 1982), en vacas de la raza Holstein en el periodo de seca 2.25 mmol/L y vacas posparto 2.20 mmol/L. (Gonzales, 2001), en vacas de la raza Holstein en el primer tercio de lactación 1.34 mmol/L con desviación estándar +/- 0.09 (Figueroa, 2006), en vacas Holstein en el primer tercio lactación del fundo Tartar Pecuario- Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Cajamarca 2.3 mmol/L (Bardales, 2010).

### **2.1.11. Enfermedad más común debida a la deficiencia de calcio**

#### **2.1.11.1. Hipocalcemia**

Es una enfermedad metabólica que en su forma típica afecta a la vaca en su día previo, durante y hasta las 72 horas post parto; causada por un temporal desbalance entre la disponibilidad del Ca y su alta demanda. Caracterizada clínicamente por parálisis muscular, parálisis flácida, descenso de la temperatura corporal, postración y en casos muy graves la muerte (Contreras, 1996).

Los factores predisponentes de hipocalcemia son La producción lechera, la edad (Ortolani, 1995), la dieta (Black, 1973), la raza (Oetzel, 1996).

## 2.2. MAGNESIO

El Mg es uno de los minerales esenciales del organismo, a ello se debe su importancia y necesidad en la dieta animal (Underwood, 2002). Cuando la disponibilidad de Mg es baja, las variaciones entre la disponibilidad en diferentes fuentes dietéticas tienen un marcado efecto sobre la incidencia de deficiencia y sobre los consumos dietéticos de Mg necesarios para prevenirla (Underwood y Suttle, 2003).

El Mg en los animales se encuentra en el núcleo celular, abunda en el tejido óseo, nervioso y muscular (Flores, 1985).

Se describe la función del Mg en el organismo como, catalizador y activador de más de 300 enzimas, incluyendo fosfatasas, que se distribuyen a todos los procesos de anabolismo y catabolismo, por el cual el Mg interviene en el metabolismo de proteínas, carbohidratos, grasas, contracción muscular y transferencia de grupos metilo (CH<sub>3</sub>) (Capen y Rosol, 1989).

En el hueso el Mg se encuentra fundamentalmente en la capa de hidratación de los cristales de hidroxapatita (Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>(OH)), formando reservas de Mg que pueden mobilizarse cuando los aportes alimenticios no son los adecuados (Gardner, 1973). El Mg del esqueleto se moviliza inevitablemente con el Ca y el P, y existe un ciclo estacional muy marcado de las reservas óseas de Mg relacionado con el periodo de lactación (Underwood y Suttle, 2003).

El ión Mg presente en el suero sanguíneo está continuamente cambiando con el Mg absorbido en la superficie del hueso (Bondi, 1987).

El Mg participa en el mantenimiento del equilibrio ácido - base y la presión osmótica, con lo cual permite la regulación y la permeabilidad de la membrana celular y los efectos característicos en la excitabilidad normal de los músculos y nervios, y disminuye la irritabilidad de los tejidos (Mc Dowell, 1997).

### **2.2.1. Fuentes dietéticas de Magnesio**

El contenido de Mg en las plantas varía según las especies y las condiciones climáticas y del suelo donde las plantas crecen. En pastos templados las especies leguminosas suelen ser más ricas en Mg que las gramíneas al igual que más ricas en Ca (Turner y col., 1978).

### **2.2.2. Metabolismo del Magnesio**

#### **2.2.2.1. Absorción**

El Mg se absorbe en el rumen mediante dos procesos de transporte activo (Dua y Care, 1995). El proceso es inhibido por el potasio que incrementa la diferencia potencial (sangre positiva) a través del epitelio del rumen de 30 a 55 mV (Scott, 1966; Martens y Blume, 1986).

Parte de la absorción de Mg puede producirse en el intestino delgado y grueso (Wilcox, 1974).

### 2.2.2.2. Factores que interfieren en la absorción del Magnesio

Se han considerado los siguientes factores de interferencia en la absorción de Mg (Contreras, 1996):

**Sodio y Potasio:** Si la proporción de Na:K en el líquido ruminal, favorece al K; la absorción de magnesio disminuye.

**Amonio:** Las raciones de gramíneas, o productos de gramíneas y cuando el contenido de proteína cruda en las pasturas nuevas es elevado, se favorece la formación de amonio en el rumen, y cuando el incremento de amonio es muy elevado; interfiere en la absorción del Mg a nivel del rumen.

**Calcio:** El transporte de Mg se inhibe cuando el Ca se encuentra en altas concentraciones en el organismo.

**Fosfato:** Interfiere en la absorción del Mg al formar compuestos insolubles en combinación con el Mg.

**Edad:** En animales adultos se considera un 17% de efectividad de la absorción del Mg de la dieta, disminuyendo conforme avanza la edad.

### 2.2.2.3. Control hormonal del Magnesio

La paratiroides actúa sobre la homeostasis de Mg. La tiroides y glándulas adrenales también se encuentran implicadas. La aldosterona, modifica el balance de este mineral por intermedio de algunos electrolitos como el

sodio, pero sin formar parte de un verdadero mecanismo de retroalimentación. También se ha hecho estudios sobre la calcitonina, la que tiene efecto antihipermagnesémico. El Mg, no tiene un control hormonal estricto y determinado, como lo tiene el Ca, ya que el Mg tiene una concentración en el plasma sanguíneo, muy variable que depende del nivel de consumo y disponibilidad de éste mineral en la dieta (Payne, 2002).

#### **2.2.2.4. Excreción del Magnesio**

La excreción se da por la heces, de 50 a 80%, y el resto por la orina. Se encuentra relacionado con el Ca y con el P tanto en su distribución en el organismo como en su metabolismo (Flores, 1985).

La excreción del Mg se realiza a través de los riñones, tubo digestivo y con el sudor a través de la piel; en el tránsito de los riñones se reabsorbe en los planos distales de los túbulos (Erich, 1974).

El Mg se excreta por la orina y leche, mayormente por la orina; (Mc Dowell, 1997; Mayrnad, 1997).

#### **2.2.2.5 Distribución del Magnesio dentro del organismo**

El Mg constituye el 0.05% de p.v. de los mamíferos (NRC, 1988); cerca del 70% del Mg presente en el cuerpo es localizado en el esqueleto (Payne, 1981; Bondi, 1987; Contreras, 1996; Mayrnad, 1997), pero ésta reserva no se moviliza con facilidad (CSEH, 2001) y el

resto repartido entre los tejidos blandos y líquidos orgánicos (Payne, 1981; Bondi, 1987; Contreras, 1996; Mayrnad, 1997); aproximadamente un 15% del Mg de la sangre se encuentra en los eritrocitos (Bondi, 1989; Merck, 1993); aproximadamente la tercera parte del Mg contenido en los huesos está disponible para ser movilizado hacia los tejidos blandos si se presenta una disminución en el consumo (Mayrnad, 1997).

El Mg se localiza, 70% en los huesos y 30% en los diversos líquidos (Flores, 1985).

#### **5.2.2.6. Valores normales de Magnesio en suero sanguíneo**

El suero sanguíneo contiene de 0.82-2.06 mmol/L (2-5 mg/dl) de Mg (Bondi, 1987; Mayrnad, 1997).

Para los rumiantes en pastoreo 0.74 a 1,32 mmol/L (1,8 a 3,21 mg/dl) de Mg sérico (Mc Dowell, 1997).

#### **5.2.4. Estudios realizados de niveles séricos de Magnesio en la campaña de Cajamarca**

Mediante los siguientes estudios de investigación se ha determinado los valores promedio de Mg sérico en: Vacunos procedentes de 10 establos lecheros 1.01 mmol/L; con un valor máximo de 1.52 mmol/L y un valor mínimo de 0.81 mmol/L (Díaz, 1982). Vacunos de leche en producción de seis establos lecheros 0.92 mmol/L; con un valor máximo de 1.08 mmol/L y un valor mínimo de 0.76 mmol/L (Fernández, 1987). Vacas de la raza Holstein en el primer tercio de lactación 0.54 mmol/L;



con un valor máximo de 0.69 mmol/L y un valor mínimo de 0.39 mmol/L (Figueroa, 2006).

## **5.2.5. Alteraciones presentadas por deficiencia de Magnesio**

### **5.2.5.1. Hipomagnesemia**

La hipomagnesemia es un trastorno metabólico que se presenta con mayor frecuencia en vacas en lactación (Contreras, 1996). Esta enfermedad también es llamada tetania hipomagnesémica, tetánica de los pastos, entre otros (Merck, 1993), se caracteriza por disminución de las concentraciones de Mg en el líquido cefalorraquídeo, células nerviosas y sangre (Contreras, 1996); sus signos clínicos en los rumiantes incluyen la reducción del apetito, excitación incrementada, salivación profusa y convulsiones. En los casos más severos, las vacas afectadas se pueden mantener alejadas del rebaño, rigidez al caminar, y pierden el apetito. La muerte ocurre después que el animal cae al piso y no recibe tratamiento (Lee y col., 1997).

Los factores predisponentes de hipomagnesemia son: Edad, producción, absorción, dieta (Bondi, 1987) y cambios hormonales (Blood y col., 1988).

### **2.2.5.2. Causas de hipomagnesemia**

La causa de la hipomagnesemia no está bien determinada, la causa principal puede ser la absorción inadecuada del Mg en el tracto digestivo lo que provoca

una disminución del Mg en las células nerviosas y el líquido cefalorraquídeo (Contreras, 1996). Entre otras de las causas se encuentra los cambios repentinos de manejo, transporte o stress. El Mg se encuentra en la sangre bajo la forma iónica fisiológicamente activa y se ha comprobado que alrededor del 67% del Mg total del plasma permanece libre y es ultra filtrable, lo que puede explicar la causa de la hipomagnesemia fortuita que no muestra síntomas clínicos, ya que la concentración total de Mg puede permanecer baja y la fisiológica sigue normal (Payne, 2002).

### **2.2.5.3. Signos clínicos de hipomagnesemia**

#### **Hipomagnesemia aguda**

En la hipomagnesemia aguda, el animal puede estar pastando y deja de comer bruscamente, presenta malestar evidente y aparecen contracciones en músculos y orejas. La hiperestesia es intensa, por lo que al mínimo estímulo hace que se desencadene ataques de bramido continuo y de galope desenfrenado. Durante las convulsiones se observa opistótonos, nistagmo, movimientos de masticación de mandíbulas, espuma en la boca, retracción de los párpados. La temperatura se eleva de 40 a 40.5° C. La muerte se da luego de 30 a 60 minutos, la mortalidad es elevada debido a que esta forma es muy rápida y no se logra dar tratamiento adecuado, de hacerlo la respuesta es favorable (Blood y col, 1988).

## **Hipomagnesemia Subaguda**

El comienzo es más lento, de tres a cuatro días se advierte una ligera inapetencia, expresión facial de fiebre y movimientos exagerados de las extremidades. Se presenta anorexia y disminución de la producción. El temblor y la tetania es leve en las extremidades posteriores y cola. Los animales con esta forma pueden curarse espontáneamente en pocos días, o progresar a una etapa similar a la aguda. El tratamiento es eficaz pero las recaídas son frecuentes (Blood y col., 1988).

### **a. Hipomagnesemia Crónica**

Los vacunos pueden presentar hipomagnesemia asintomática. En muy pocos se presenta algún síndrome que incluye embotamiento, desmedro y apetito indiferente. También se puede presentar en animales que hayan sido curados en la forma subaguda (Blood y col., 1988).

### **b. Patogenia de la Hipomagnesemia**

La carencia de Mg provoca efectos secundarios sobre la composición de las células, como son acumulación de Ca y Na, pérdida de K, disminución de la síntesis proteica; estas modificaciones se producen preferentemente en la región mitocondrial de la célula, donde la carencia de Mg disminuye el número de mitocondrias y provoca un hinchamiento de las restantes, es decir los cambios son a nivel de

la membrana interna de las mitocondrias (Cseh, 2001).

El stress y la falta de energía producen una inmovilización de grasas, ya que se requiere Mg en el tejido graso para que la movilización ocurra, de tal manera que se provoca una redistribución interna de Mg, el cual sale de la sangre, provocando hipomagnesemia y se fija en el tejido graso (Contreras, 1996).

Se mencionan dos mecanismos que explican las manifestaciones de la hipomagnesemia:

- Inhibición competitiva de la absorción del Mg por el K y Ca.
- Quelación de iones de Mg en los fluidos del cuerpo por ácidos orgánicos (Bondi, 1987).

### **c. Tratamiento**

El tratamiento indicado es la administración endovenosa de 200-300 ml de una solución de sulfato de Mg al 20% (Contreras, 1996).

Se menciona que la mayoría de los autores han obtenido resultados con soluciones compuestas de sales de Ca y Mg (p. ej. 500 ml de una solución compuesta de borogluconato de Ca al 25 %, hipofosfito de Mg al 55% por vía intravenosa,

seguido de una inyección subcutánea de una solución concentrada de una sal de Mg), este tratamiento se emplea en la mayoría de los casos de hipomagnesemia (Blood y col., 1988).

### 2.3. POTASIO

Se sabe que el K mantiene una relación estrecha con la excitabilidad nerviosa y muscular y con el equilibrio hídrico y acido- básico del organismo, participa en la respiración mediante el intercambio con cloro; aunque no es frecuente la aparición de deficiencia de K en el ganado, los problemas nutritivos del K suelen ser más por exceso que por deficiencia. El K de los alimentos es altamente soluble y se absorbe casi completamente (Underwood y Suttle, 2003).

El K es el ion más importante entre los tejidos y suele presentarse en concentraciones de  $100 - 160 \text{ mmol l}^{-1}$  que son 25 a 30 veces mayores que las presentes en el plasma sanguíneo. Todos los tejidos blandos son más ricos en K que en Na (sodio). El K es el tercer mineral más abundante en el organismo. Existe un balance iónico entre K, Na, Ca, y Mg (Lee y col., 1997).

#### 2.3.1. Fuentes dietéticas de Potasio

Las concentraciones de K dependen del equilibrio de K en el suelo, de la especie vegetal y su estado de madurez, y del modo en que se maneja la pradera. Especies gramíneas por ejemplo el *Lolium perenne* mantienen concentraciones mayores de K que las especies vegetales de estación cálida (Robinson, 1985) y las leguminosas tropicales contienen niveles inferiores que las leguminosas templadas (Lanyon y Smith, 1985). Para

una pradera en un momento dado, el nivel de K disponible se determina mediante el estatus de K en el suelo.

## **2.3.2. Metabolismo del Potasio**

### **2.3.2.1. Absorción**

La mayor parte de absorción del K en rumiantes, se produce en el rumen. La entrada de este mineral al torrente sanguíneo, ocurre a través de canales conductores en la membrana baso lateral de la mucosa intestinal (Underwood y Suttle, 2003).

Existen más mecanismos para transportar el K a través de la membrana que para cualquier otro elemento, reflejando lo difícil pero lo imprescindible que es mantener altas las concentraciones intracelulares de K. Además de la bomba  $\text{Na}^+$  sobre  $\text{K}^+$  por ATPasa y cootransportadores, existen bombas  $\text{H}^+/\text{K}^+$ ATPasas y seis canales de K regulados de diferente modo (Underwood y Suttle., 2003).

Bajo la influencia de insulina el flujo neto de K al interior de las células puede fluctuar durante un corto periodo de tiempo (Lindeman y Pederson, 1983).

### **2.3.2.2. Excreción del Potasio**

Es principal problema de los rumiantes con el K no son los excesos si no las deficiencias.

La adaptación a una sobrecarga de K se cree que está regulada por sensores aspláncnicos que proporcionan señales de alerta que impide la ingestión de cantidades potencialmente letales (Rabinowitz, 1988). La respuesta a estos sensores ocasiona un aumento en la actividad de la bomba  $\text{Na}^+$  sobre  $\text{K}^+$  por ATPasa y en el número de bombas de la membrana baso lateral tanto en el tubular renal distal como en el colon, que conduce a un aumento en la excreción de K por ambas vías, urinarias y fecal (Hayslett y Binder, 1982). La regulación del equilibrio del K en el organismo tiene lugar principalmente en el riñón, donde la reabsorción tubular se restringe en situación de sobre carga bajo la influencia de la aldosterona (Kem y Tracheswsky, 1983).

### **2.3.3. Requerimientos del Potasio**

El requerimiento de K en vacas lecheras es de 0.9% de materia seca (Lee y col., 1997). La excitación, tiende a aumentar las pérdidas de K en la orina, y en las enfermedades donde se presenta fiebre o diarrea también promueven el aumento de dicha pérdida (Beede y col., 1983).

Las vacas lecheras en lactación pueden tener un requerimiento mayor de K comparado con otros animales domésticos debido al estrés asociado con la producción elevada de la leche durante la lactancia y al alto contenido de K de la leche y también al estrés por calor, ya que hay una pérdida elevada de K al sudar y al reducir el consumo de K (Lee y col., 1997).

Se ha recomendado 6–8 mg para vacunos de carne en crecimiento y 8–10 mg de materia seca para las vacas y ovejas

lecheras en lactación. Puntualizó que para la producción de leche las necesidades de K eran considerablemente superiores a las de Ca y P, debido a su elevada concentración en la leche (Thompson, 1972). Estas recomendaciones sugieren la posibilidad de que una deficiencia de K limite en la producción de leche en algunos sistemas de manejo. Sin embargo estimaciones factoriales obtenidas por el Agricultural Reseach Council indican que, aunque las necesidades incrementan con la producción de leche, los valores son inferiores a aquellos recomendados previamente 6,4 mg - 7,4 mg de materia seca (Underwood y Suttle., 2003).

### 2.3.3.1. Valores de referencia del Potasio sérico

En un trabajo de investigación para realizar un estudio descriptivo-comparativo de perfiles metabólicos, en el período de gestación en vacas lecheras pertenecientes a dos tambos de la región centro de Santa Fé, se determinó la concentración de K para la región de Pilar  $5,10 \pm 0,13$  D.E mmol/L y Salado  $4,90 \pm 0,14$  D.E mmol/L (Roldán, 2006).

**Cuadro 1.** Valores promedio de K sérico de vacas lecheras en distintos períodos fisiológicos del campo de Pilar y del Salado en mmol/L.

	Gestación	Pre parto	Post parto	Lactación
Pilar	$5.1 \pm 1.62$ D.E	$5.2 \pm 0.37$ D.E	$5.2 \pm 0.44$ D.E	$5.0 \pm 0.42$ D.E
Salado	$5.2 \pm 0.40$ D.E	$5.2 \pm 0.50$ D.E	$4.8 \pm 0.66$ D.E	$4.7 \pm 0.47$ D.E

(Roldán, 2006).



#### **2.3.4. Alteraciones debidas al incremento o disminuci3n del Potasio**

Una deficiencia de K conduce a un incremento en la concentraci3n de amino3cidos b3sicos en los l3quidos tisulares y alg3n incremento en los niveles de Na como medio de mantener el equilibrio cati3n-ani3n. El exceso de K causa dilataci3n cardiaca cuando el K extracelular alcanza tres veces su valor normal, se produce bloqueo cardiaco y el coraz3n se mantiene en di3stole (Dukes, 1983).

El K se encuentra principalmente en el l3quido extracelular, y es excretado principalmente por los ri3ones por efecto de la aldosterona. La insuficiencia renal, la obstrucci3n uretral, la deshidrataci3n y el hipoadrenocortisismo pueden provocar una hipercalemia grave con posible paro cardiaco (Sodikoff, 1996). Los valores de K en suero o en el plasma deben interpretarse de acuerdo con el equilibrio acido-base del animal. La acidosis o la alcalosis aguda provoca el movimiento de K entre los compartimiento celular y extracelular. Por regla general, por cada cambio de 0.1 UI en el pH sangu3neo se produce simult3neamente un cambio inverso de 0.6 mmol/L en el K del suero (Fenner, 1997).

El K es el cati3n intracelular por excelencia. Son frecuentes las hipocalemias por p3rdidas gastrointestinales de K, as3 como la hipercalemia por retenci3n renal, con oliguria o anuria. Todo aumento o reducci3n considerable de la concentraci3n de K en los l3quidos extracelulares, puede acompa1arse de trastornos importantes de la irritabilidad muscular, de la funci3n mioc3rdica y de la respiraci3n (Sodikoff, 1996).

### **2.3.4.1. Hipercalemia**

Se llama hipercalemia a la concentración sérica de K por encima de los niveles normales metabolismo. Una concentración sérica de K elevada interfiere en la absorción del Ca a una alcalosis, y es una de las causas de la presentación de alcalosis por la carga iónica positiva es mayor respecto a la carga iónica negativa (Underwood y Suttle., 2003).

### **2.3.4.2. Hipocalemia**

Se llama hipocalemia a la concentración sérica de K por debajo de los niveles normales. Las manifestaciones clínicas y bioquímicas de la deficiencia de K en el ganado no están bien documentadas, posiblemente como resultado de los aportes que proporcionan la mayoría de forrajes. También se ha señalado un crecimiento lento, debilidad muscular, marcha envarada, parálisis. Así como acidosis intracelular (Underwood y Suttle, 2003).

## **2.4. FÓSFORO**

El P es el segundo mineral más abundante del organismo y tiene muchas más funciones conocidas más que cualquier otro elemento. Es vital en el desarrollo y mantenimiento del tejido esquelético, pero también tiene una función especial en el crecimiento celular y es clave en varias otras funciones metabólicas. Todos los procesos fisiológicos que implican una ganancia o pérdida de energía se realizan mediante la formación o la destrucción de "enlaces fosfato" que acumulan energía. Sumado a ello cumple con la formación de fosfolípidos y en

consecuencia en el transporte de ácidos grasos, el mantenimiento de la presión osmótica y el equilibrio ácido-base y en la formación de ácidos grasos y proteínas (Payne, 2002).

El Fósforo que se encuentra disponible para los microorganismos ruminales tiene dos orígenes, la saliva y el alimento. La saliva es rica en fosfatos (600-800 mg de P/L). Su presencia hace posible la neutralización de los componentes acidificantes del rumen, indispensables para la producción de biomasa bacteriana y asegurar la función celulolítica (Payne 2002).

#### **2.4.1. Fuentes dietéticas del Fósforo**

El contenido de P en los forrajes varía ampliamente y depende principalmente del equilibrio del P en el suelo, el estado de maduración de las plantas y el clima. En general, las concentraciones del P incrementan un 0.03-0.05 g Kg<sup>-1</sup> en materia seca (MS) por cada miligramo de P extractable del suelo. La administración de cantidades significativas de piensos concentrados a rumiantes los protege de cualquier deficiencia de P (Field y col., 1984).

La distribución del P en la planta en la hoja y en el tallo, es relativamente uniforme y a medida que el forraje madura sobre todo en la estación seca, aparece una marcada reducción de las concentraciones de P en toda la planta (Langlands, 1987).

#### **2.4.2. Distribución del Fósforo en el organismo**

Más del 80% del P corporal está contenido en los dientes y el esqueleto. El P extraesquelético es principalmente orgánico y se encuentra dentro de las células, la proporción restante está en

forma inorgánica y formando lípidos y la mayor parte de la fracción restante se encuentra como fosfatos inorgánicos (Doxey, 1987).

### **2.4.3. Absorción del Fósforo**

La absorción del P depende de la cantidad ingerida en la dieta, para lo cual deben ingerirse niveles adecuados de este elemento para mantener niveles normales en el cuerpo (Doxey, 1987). La vitamina D facilita la absorción tanto del P como del Ca, pero en menor grado en el primero respectivamente. El mecanismo por el cual es absorbido el P por la vitamina D aún es incierto, el P es soluble en el intestino (Doxey, 1987).

El P no sufre regulación endocrina como el Ca. La primera respuesta conocida, ante una deficiencia de P en el organismo, se observa en un descenso de P inorgánico en el plasma sanguíneo y en una movilización de Ca y P de los huesos. Este descenso va acompañado de la elevación de la fosfatasa en el plasma y de un pequeño aumento de la concentración de Ca en el suero (ABC, 1995).

### **2.4.4. Metabolismo del Fósforo**

El control del metabolismo del P es sustancialmente diferente al del Ca. Al igual que otros aniones, el P está en forma absorbible en la ración, es absorbido en grandes cantidades, incluso cuando se administra en exceso, y su absorción de la leche es casi completa (Underwood y Suttle, 2003). La deficiencia de P en la dieta provoca disminución del P inorgánico en el suero sanguíneo y un descenso del equilibrio y retardo en el crecimiento de animales jóvenes. Es recomendable suministrar

0.38% de P de la materia seca de la ración total de las vacas en producción (Almeyda, 2003).

#### **2.4.5. Requerimientos de Fósforo**

Una nutrición del P adecuada depende de las formas químicas de presentación del P, del estado de la vitamina D en la ración o en el animal, de la ingestión de alimento y del nivel de producción y del contenido de Ca en la ración. Se supone que una relación Ca: P entre 1:1 y 2:1 es ideal para el crecimiento y formación del hueso por ser aproximadamente éste el cociente de ambos minerales en los huesos (Underwood y Suttle, 2003).

En vacas lecheras los requerimientos de P dependen de la producción, composición de la leche y el estado de preñez. El nivel de P requerido en vacas en producción está entre 0.32-0.38% y para vacas en seca entre 0.22-0.36% de materia seca (Gómez y Fernández, 2001).

#### **2.4.5. Excreción del Fósforo**

El riñón y el tracto digestivo son las rutas utilizadas para excretar el P excedentario. El tracto digestivo mediante la saliva, es la ruta de acreción más importante en rumiantes al pastoreo o en aquellos alimentados con forrajes (Underwood y Suttle, 2003). Cuando el aporte de P es tan escaso, que la eficiencia de excreción del P disminuye, es decir hay ahorro de P salival. A medida que la ingestión de P aumenta, la excreción por vía fecal se satura y el exceso es eliminado por la vía urinaria (Underwood, 2002).

#### **2.4.6. Estudios Realizados de niveles séricos de Fósforo en la Campiña de Cajamarca.**

Mediante estudios de investigación se ha determinado la concentración sérica promedio de P en: Vacuno provenientes de 10 establos lecheros 1.78 mmol/L (Díaz, 1982). Vacunos (n=150) de diferentes edades de diferentes establos lecheros, 2.54 mmol/L en 0-2 años, 2.10 mmol/L en 2-4 años, 2.02 en 4 a 6 años (Reyes, 1982). En vacas Holstein en el primer tercio lactación del fundo Tartar Pecuario-Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, 1.9 mmol/L (Bardales, 2010).

#### **2.4.7. Alteraciones por deficiencia de fósforo**

##### **2.4.7.1. Hipofosfatemia**

Las deficiencias de P no son reconocidas fácilmente, excepto en casos severos por la presencia de huesos frágiles, debilidad general, pérdida de peso, emaciación, rigidez, disminución en la producción de leche y masticación de madera, piedras, huesos y otros objetos puede ser notada (Lee y col., 1997). Durante el crecimiento los síntomas son articulaciones hinchadas, rígidas y dolorosas, lomo arqueado, costillas salientes y deformadas y crecimiento retardado. Esta afección se llama raquitismo (Etgen y Reaves, 1990).

En el ganado la deficiencia más común es la falta de P en crianza al pastoreo donde los suelos y las plantas tienen baja concentración de P (Lee y col., 1997). También se ha descrito en vacas lecheras de alta

producción, en sistema intensivo acompañado de cojera. “La cojera de la leche” se manifiesta con valores de P inorgánico en suero de 0.8 a 1.20 mmol/L, e incluso se han registrado casos con afosforosis con valores de 0.60 a 0.95 mmol/L, sin embargo es común encontrar valores entre 0.3 y 0.6 mmol/L en animales con hipocalcemia que responden al tratamiento con Ca, incluso en animales clínicamente sanos han registrado valores inferiores a 0.3 mmol/L (Doxey, 1987).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN

La presente investigación se realizó en la campiña de Cajamarca, en el Laboratorio de Fisiología Veterinaria de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Cajamarca; donde se presenta las siguientes características Agrometeorológicas<sup>1</sup>

##### 3.1.2. Ubicación Geográfica

- Distrito : Cajamarca
- Provincia : Cajamarca
- Departamento : Cajamarca
- Región : Cajamarca

##### 3.1.3. Datos Agrometeorológicos

- Altitud : 2 676 msnm
- Latitud Sur : 7° 30´
- Longitud Oeste : 78° 30´
- Temperatura máxima promedio anual : 22 °C
- Temperatura media promedio anual : 14 °C
- Temperatura mínima promedio anual : 07 °C
- Humedad relativa promedio anual : 63.8 %
- Humedad máxima : 86%
- Humedad mínima : 40%
- Precipitación pluvial anual acumulada : 650 mm

---

<sup>1</sup>Datos proporcionados por la Estación Meteorológica (2013) "Augusto Weberbauer". Senami-Cajamarca.



## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material Biológico**

Se seleccionaron 84 vacas Holstein mayor a tres partos, en pre y post parto (60 días pos parto), con una producción mayor a 15 L.

#### **3.2.1.1 Manejo y alimentación de los animales estudiados**

El manejo de las vacas en los fundos estudiados es extensivo, éstas son pastoreadas en potreros bajo riego que cuentan con la combinación de Rye grass-Trébol blanco; con adición o no de concentrado.

### **3.2.2. Muestra**

Suero sanguíneo, el cual se obtuvo de las muestras de sangre sin anticoagulante de las vacas que se encontraron en los diferentes periodos establecidos para este estudio.

### **3.2.3. Materiales y equipos de laboratorio**

#### **3.2.3.1. Materiales**

- Cubetas para espectrofotómetro de 1.0 cm de diámetro.
- Micropipetas<sup>2</sup> de 20 uL
- Micropipetas<sup>2</sup> de 1000 uL
- Tips para micropipeta<sup>3</sup> de 100 uL
- Tips para micropipeta<sup>3</sup> de 1mL
- Tubos Plásticos de 1,5 mL

---

<sup>2</sup>WHEATON 851164.

<sup>3</sup>EPENDORF

- Tubos de ensayo de 100 mm x 10 mm
- Pipetas de vidrio de 10 mL y 5 mL
- Gradillas
- 

### **3.2.3.2. Equipos**

- Espectrofotómetro PHARMACIA LKB BIOCHROM, ENGLAND, Modelo 80-2097-62

### **3.2.3.3. Material de Campo**

- Alcohol medicado 96°
- Algodón hidrófilo
- Mameluco
- Tablero de campo
- Estetoscopio
- Termómetro
- Botas de jebe
- Agujas hipodérmicas # 16-18 x 1 ½"
- Naricera
- Stickers para identificación

### **3.2.3.4. Reactivos**

Set de reactivos para la determinación cuantitativa de la concentración de Ca, P, Mg y K sérico.

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Ubicación, selección y características de los establos**

Se realizó en siete establos lecheros ubicados en el distrito y provincia de Cajamarca, teniendo en consideración similares características topográficas, alimentación y manejo en general de los animales.

#### **3.3.2. Selección de los grupos de animales**

Los animales se seleccionaron en cada una de las visitas que se realizaron entre marzo y junio del año 2013, que se encontraban dentro del tiempo proyectado; es decir las vacas incorporadas al estudio fueron asignadas alternadamente para constituir los diferentes grupos en el tiempo (14 muestras por cada periodo); siendo un total de 84 muestras, de las cuales se ha dividido en vacas bajo el sistema de manejo extensivo sin suplementación (42) y vacas bajo el mismo sistema de manejo extensivo con suplementación (42). Obteniendo grupos de 7 muestras por cada sub grupo en cada periodo. Ninguno de los animales recibió sales minerales.

#### **3.3.2. Obtención de las muestras de sangre**

Las muestras de sangre se obtuvieron por la mañana, de cada una de las vacas, considerando sólo el periodo en que se encontraban en ese momento (las vacas que constituyeron un periodo dado, no constituyeron el periodo siguiente o anterior), en las fases de seca y primer tercio de lactación en cada uno de los establos lecheros en estudio, se tomó una cantidad de 5-7 ml de sangre, mediante veno-punción coxígea, utilizando tubos al

vacío sin anticoagulante. Las muestras fueron tomadas de acuerdo a los siguientes periodos de tiempo:

- Vacas en seca, 15 días antes del parto :14
- Vacas en producción con 2 días; calostro :14
- Vacas en producción con 15 días :14
- Vacas en producción con 30 días :14
- Vacas en producción con 45 días :14
- Vacas en producción con 60 días :14

n = 14

Las muestras de sangre obtenidas se identificaron y se colocaron adecuadamente en una gradilla metálica para ser transportadas al Laboratorio de Fisiología Veterinaria de la Universidad Nacional de Cajamarca.

#### **3.3.4. Manejo de las muestras de suero sanguíneo**

Las muestras de suero sanguíneo fueron obtenidas por centrifugación de las muestras de sangre sin anticoagulante provenientes de cada animal. Estos sueros se depositaron en tubos plásticos de 1.5 ml, se identificaron individualmente y luego se conservaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su posterior análisis.

#### **3.3.5. Parámetros de estudio**

Los parámetros de estudio fueron: Concentraciones séricas de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo, en diferentes periodos del pre y post parto.

### 3.3.6. Control de calidad de los análisis realizados

La exactitud de las técnicas (Anexo 1, 2, 3 y 4) se controló mediante el análisis de un suero patrón Standantrol S-E 2 niveles<sup>4</sup> con concentraciones de minerales conocidas, adoptándose un control igual al  $x \pm 2DE$ .

El coeficiente de variación (CV) fue utilizado como un criterio para evaluar la precisión del método. La precisión promedio de las pruebas espectrofotométricas realizadas en este estudio fue de 3.5%.

### 3.3.7. Obtención de resultados

Los resultados fueron obtenidos a través de la lectura en el espectrofotómetro de la absorbancia de cada una de las muestras, de acuerdo a las fichas técnicas (Anexo 1, 2, 3 y 4) descritas para cada parámetro de estudio.

Estas absorbancias fueron usadas para calcular las concentraciones (mmol/L) de los diferentes minerales mediante fórmulas establecidas:

- Calcio =  $2 \times (\Delta A_{\text{muestra}}) / (\Delta A_{\text{STD}}) \text{ mmol/L}$
- Magnesio =  $\text{Mg (mg/dl)} = (\Delta A_{\text{muestra}}) \times f$   
 $f = (\Delta A_{\text{STD}}) (\text{mg/100 ml}) / C$   
 $\text{Mg (mg/dl)} \times 0.411 = \text{Mg (mmol/L)}$
- Potasio =  $5 \times (\Delta A_{\text{muestra}} / \Delta A_{\text{STD}}) \text{ mmol/L}$

<sup>4</sup>Wiener Laboratorios S.A.I.C., Riobamba 2944 – 2000 Rosario, Argentina. [www.wiener-lab.com.ar](http://www.wiener-lab.com.ar)

- Fósforo = P (mg/dl) =  $(\Delta A_{\text{muestra}}) \times f$   
 $f = (4\text{mg/dl}) / (\Delta A_{\text{STD}})$   
 $P (\text{mg/dl}) \times 0.323 = P (\text{mmol/L})$

Dónde:

2 = factor establecido por el laboratorio para Ca

5 = factor establecido por laboratorio para K

$\Delta A_{\text{muestra}}$  = Absorbancia de la muestra

$\Delta A_{\text{STD}}$  = Absorbancia de estándar

0.232 = factor de conversión para P, de mg/dl a mmol/L

0.411 = factor de conversión para Mg, de mg/dl a mmol/L

C = Concentración de Mg en el Calibrador o en el Standard

### 3.3.10. Análisis estadístico de los resultados

Para el caso de la comprobación o rechazo de la hipótesis se utilizó la Prueba de Z (Anexo 5) para los resultados obtenidos en el parto hasta los 60 días post parto.

La situación clínica de los rebaños en estudio se hizo mediante el uso de los PM y se representó los resultados individuales de los animales en estudio, así como se representó gráficamente el aspecto clínico metabólico con el histograma correspondiente.

#### Histograma

Para cada grupo se elaboró una gráfica en forma de histograma (H), donde se presentan los valores de H para cada uno de los parámetros en estudio. De esta forma se entrega gráficamente las diferencias, en unidades de desviación estándar, que hay entre las medias poblacionales y la del grupo, lo que permitió

comparar las desviaciones encontradas para cada variable mediante una escala común (Wittwer y Bohmwald, 1987). El valor de H se encontró mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Histograma} = \frac{(\text{promedio del grupo} - \text{promedio poblacional})}{\text{desvío estandar de la población}}$$

Los valores referenciales usados en el histograma han sido obtenidos por método de los promedios ( $x \pm 2DE$ ), lo cual permite establecer un rango máximo y mínimo, con un límite de confianza del 95 % (Wittwer y Bohmwald, 1987). En este estudio para el Ca, Mg y P se han tomado de estudios realizados anteriormente en la Campiña de Cajamarca, y en el caso del K en base a un estudio realizado en Santa Fé (Colombia) en el tambo del Pilar, por los siguientes autores:

Ca: pre parto, Gonzales (2001)

Ca: post parto, Bardales (2010)

Mg: pre y post parto, Figueroa (2006)

P: pre y post parto, Bardales (2010)

K: pre parto y post parto, Roldan (2006)

### **Prueba de Z**

El propósito de la prueba es averiguar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones séricas promedio de Ca, Mg, K, y P en los diferentes periodos con los valores de referencia poblacional establecidos.

Ho: Las concentraciones promedio de grupo obtenidas son iguales a los valores de referencia establecidos para la población.

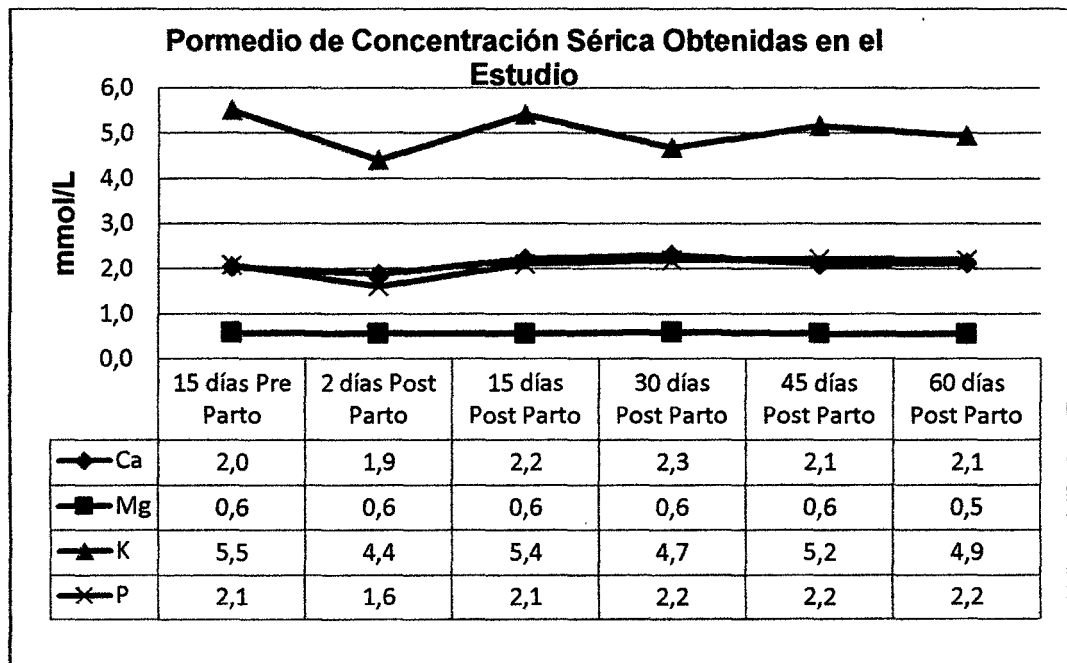
Ha: Las concentraciones promedio de grupo obtenidas son diferentes a los valores de referencia establecidos para la población.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

De las concentraciones séricas de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas lecheras de la raza Holstein de la campiña de Cajamarca en las fases de pre y post parto se presenta los siguientes resultados.

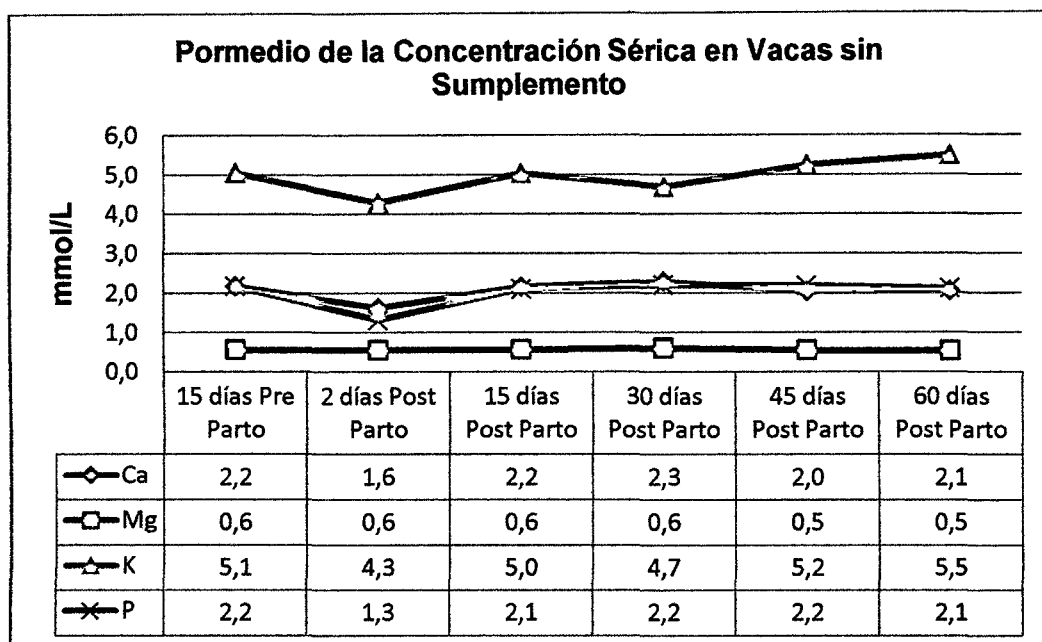


n = 14 por periodo

**Figura 1.** Promedios de la concentración sérica de Calcio, Fósforo, Magnesio y Potasio obtenidos en el estudio.

La Figura 1 presenta los resultados de las concentraciones de los diferentes minerales en estudio de preparto y post parto en todos los animales (84), los cuales se encuentran dentro de los valores normales. La mayor variación en los diferentes periodos de estudio se aprecia en potasio y fósforo.

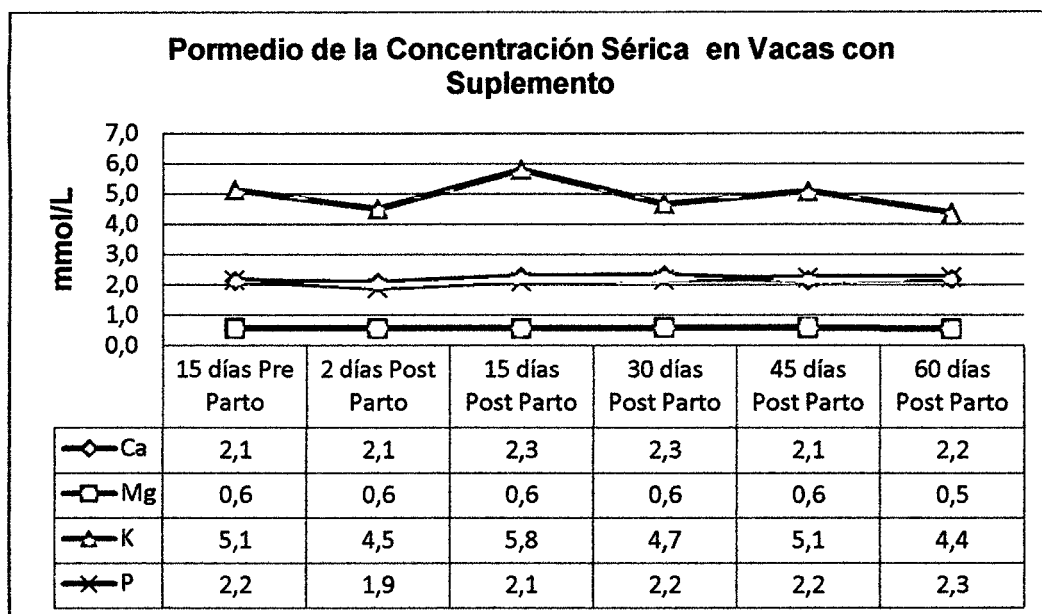
**4.1. Concentraciones séricas de minerales de vacas Holstein bajo el Sistema de manejo extensivo sin y con suplementación en distinto periodo productivo.**



n = 7 por periodo

**Figura 2.** Promedio de la concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas sin suplemento por cada periodo.

La Figura 2 presenta los resultados de grupo de vacas sin suplementación, el promedio de las concentraciones séricas de todos los minerales en el preparto se encuentran dentro de los valores normales, pero en el periodo de dos días post parto el Ca y P están por debajo del promedio mínimo poblacional establecido, y se mantienen dentro de los valores normales en el resto de periodos al igual que Mg y K.



n = 7 por periodo

**Figura 3.** Promedio de la concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas con suplemento por cada periodo.

La Figura 3 presenta los resultados del grupo de las vacas suplementadas, el promedio de las concentraciones séricas de Ca, Mg, K y P en los diferentes periodos estudiados están dentro de los valores de referencia, tanto en el preparto como en el post parto.

#### **4.2. Resultados individuales de las concentraciones séricas, valores promedio de grupo y poblacional e histograma de vacas en pre parto y post parto bajo el sistema de manejo extensivo sin y con suplementación en distinto periodo productivo**

##### **4.2.1. Animales sin suplementación**

###### **Perfil metabólico del periodo del pre parto**

En el Cuadro 2 se observa los resultados individuales del preparto, donde se aprecia un animal con concentraciones séricas disminuidas de Ca y otro con concentraciones

elevadas de Mg, ambos valores no afectan el promedio de grupo respectivo.

**Cuadro 2.** Concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas sin suplemento en el periodo de parto en mmol/L.

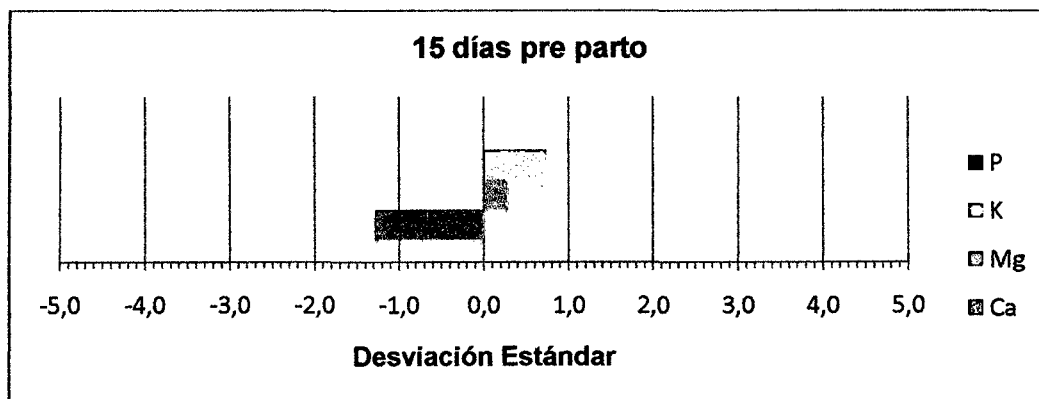
PERIODO	MUESTRA	Ca	Mg	K	P
PRE PARTO	1	1.8	0.5	5.4	2.0
	2	2.0	0.5	5.6	2.2
	3	1.9	0.6	5.5	2.1
	4	2.1	0.5	5.3	2.1
	5	1.7	0.5	6.1	1.9
	6	2.0	0.5	5.2	2.0
	7	2.0	0.8	5.3	1.8
<b>PROMEDIO</b>		1.9	0.6	5.5	2.1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>		0.1	0.0	0.3	0.1
<b>HISTOGRAMA</b>		-0.3	0.3	0.7	0.0

#### VALORES DE REFERENCIA POBLACIONAL

<b>PROMEDIO</b>	2,3	0,5	5,2	2,1
<b>DESVIO ESTÁNDAR</b>	0,3	0,1	0,4	0,3
<b>MÍNIMO</b>	1,8	0,4	4,5	1,6
<b>MÁXIMO</b>	2,8	0,7	6,0	2,6

Dónde: + = vacas con mineral sérico elevado.

Dónde: - = vacas con mineral sérico disminuido.



**Figura 4.** Histograma de vacas sin suplementación en 15 días en parto.

El histograma de vacas sin suplementación en el parto nos muestra que los valores séricos obtenidos de Ca, Mg, K y P se encuentran dentro de los valores referenciales, con tendencia del Ca a disminuir.

### Perfil metabólico del periodo de dos días post parto

En el Cuadro 3 se observa los resultados individuales a los dos días post parto, donde se aprecia que todos los animales se encuentran con concentraciones disminuidas de Ca y P, situación que afecta el promedio del grupo respectivo, mientras que se observaron las concentraciones disminuidas de K para la mayoría de animales y sin embargo no afectan el promedio del grupo. Las concentraciones de Mg se encontraron dentro de los valores de referencia.

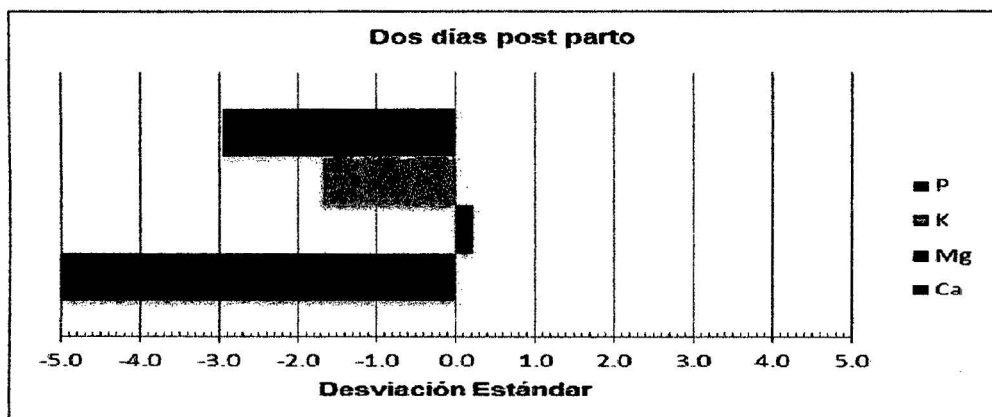
**Cuadro 3.** Concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas sin suplemento a los dos días post parto en mmol/L.

PERIODO	MUESTRA	Ca	Mg	K	P
<b>DOS DÍAS- POS PARTO</b>	1	1.7	0.6	4.7	1.3
	2	1.6	0.7	3.9	1.2
	3	1.5	0.5	4.1	1.5
	4	1.6	0.7	4.0	1.4
	5	1.5	0.6	4.9	1.4
	6	1.8	0.4	4.6	1.3
	7	1.7	0.6	3.9	1.1
<b>PROMEDIO</b>		1.6	0.6	4.3	1.3
<b>DESVIO ESTANDAR</b>		0.1	0.1	0.4	0.1
<b>HISTOGRAMA</b>		-0.7	0.2	-1.7	-1.0

#### VALORES DE REFERENCIA POBLACIONAL

<b>PROMEDIO</b>	2,2	0,5	5,0	2,1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>	0,1	0,1	0,4	0,3
<b>MINIMO</b>	2,0	0,4	4,2	1,6
<b>MAXIMO</b>	2,4	0,7	5,8	2,6

Dónde: - = vacas con mineral sérico disminuido



**Figura 5.** Histograma de vacas sin suplementación en 2 días en post parto.

El histograma de vacas sin suplementación en dos días post parto nos muestra, que los valores séricos obtenidos de Mg, K y P se encuentran dentro de los valores de referencia, con tendencia de una disminución marcada en K y leve en P, en Ca se observa una hipocalcemia subclínica.

#### **Perfil metabólico del periodo de quince días post parto**

En el Cuadro 4, se muestra los resultados individuales a los 15 días post parto, donde se aprecia un animal con concentración disminuida de Ca y dos animales uno con disminución y otro con elevación de K sérico, pero en ningunos de los casos afectan el promedio de grupo.

**Cuadro 4.** Concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas sin suplemento a los quince días post parto en mmol/L.

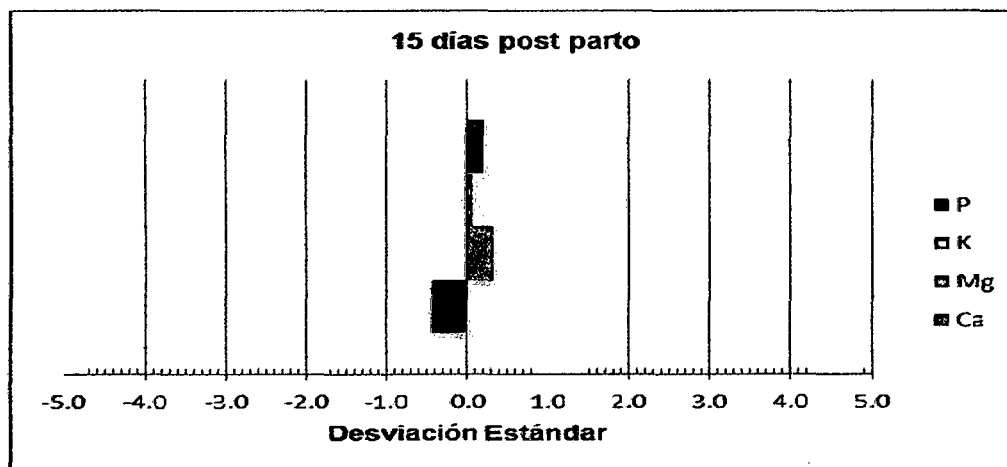
PERIODO	MUESTRA	Ca	Mg	K	P
15 DÍAS POST PARTO	1	2.1	0.6	5.5	1.9
	2	2.3	0.6	5.1	1.9
	3	2.3	0.7	5.5	2.2
	4	2.0	0.6	6.4	2.0
	5	2.5	0.6	4.6	2.4
	6	2.4	0.4	4.6	2.2
	7	1.5	0.6	3.5	2.1
<b>PROMEDIO</b>		2.2	0.6	5.0	2.1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>		0.3	0.1	0.9	0.2
<b>HISTOGRAMA</b>		-0.4	0.3	0.1	0.1

**VALORES DE REFERENCIA POBLACIONAL**

<b>PROMEDIO</b>	2,2	0,5	5,0	2,3
<b>DESVIO ESTANDAR</b>	0,1	0,1	0,4	0,3
<b>MINIMO</b>	2,0	0,4	4,2	1,6
<b>MAXIMO</b>	2,4	0,7	5,8	2,6

Dónde: + = vacas con mineral sérico elevado.

Dónde: - = vacas con mineral sérico disminuido.



**Figura 6.** Histograma de vacas sin suplementación en 15 días post parto.

El histograma de vacas sin suplementación en 15 días post parto nos muestra que valores séricos obtenidos de Ca, Mg, K y P, se encuentran dentro de los valores de referencia.

### Perfil metabólico del periodo de treinta días post parto

En el Cuadro 5, se muestra los resultados individuales a los 30 días post parto, se observó tres animales con concentraciones séricas elevadas y uno con concentración disminuida de calcio y dos animales con concentraciones disminuidas de K sérico, pero no afectan el promedio de grupo.

**Cuadro 5.** Concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas sin suplemento a los treinta días post parto en mmol/L.

PERIODO	MUESTRA	Ca	Mg	K	P
30 DÍAS POST PARTO	1	2.5	0.7	4.5	2.3
	2	2.2	0.4	4.1	1.9
	3	2.5	0.6	4.7	2.3
	4	2.3	0.5	5.1	2.0
	5	2.2	0.7	4.8	2.4
	6	1.8	0.6	5.5	2.5
	7	2.5	0.8	4.1	2.0
<b>PROMEDIO</b>		2.3	0.6	4.7	2.2
<b>DESVIO ESTANDAR</b>		0.3	0.1	0.5	0.2
<b>HISTOGRAMA</b>		0.9	1.1	-0.7	0.2

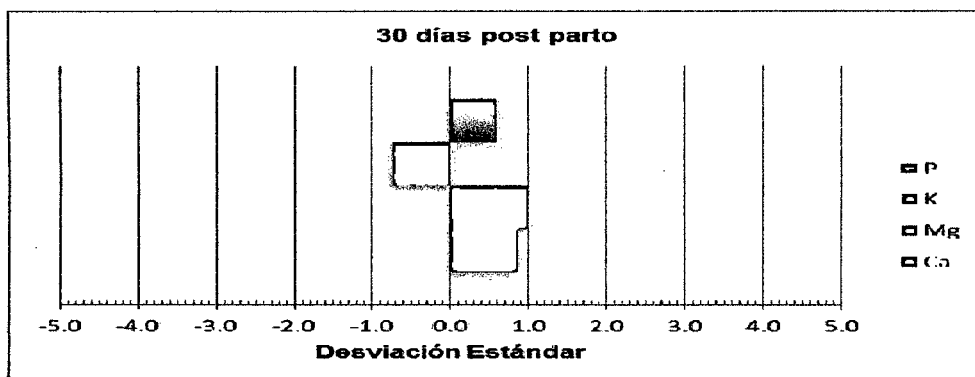
#### VALORES DE REFERENCIA POBLACIONAL

<b>PROMEDIO</b>	2,2	0,5	5,0	2,1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>	0,1	0,1	0,4	0,3
<b>MINIMO</b>	2,0	0,4	4,2	1,6
<b>MAXIMO</b>	2,4	0,7	5,8	2,6

Dónde: + = vacas con mineral sérico elevado.

Dónde: - = vacas con mineral sérico disminuido.





**Figura 7.** Histograma de vacas sin suplementación en 30 días post parto

El histograma de vacas sin suplementación en treinta días post parto nos muestra que los valores séricos de Ca, Mg, K y P, se encuentran dentro de los valores de referencia.

#### **Perfil metabólico del periodo de cuarentaicinco días post parto**

En el Cuadro 6, se muestra los resultados individuales a los 45 días post parto, se encontró dos animales con concentraciones disminuidas de Ca y uno de Mg, se observó además un animal con concentraciones séricas elevadas de K, ninguna afecta el promedio de grupo.

**Cuadro 6.** Concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas sin suplemento a los cuarentaicinco días post parto en mmol/L.

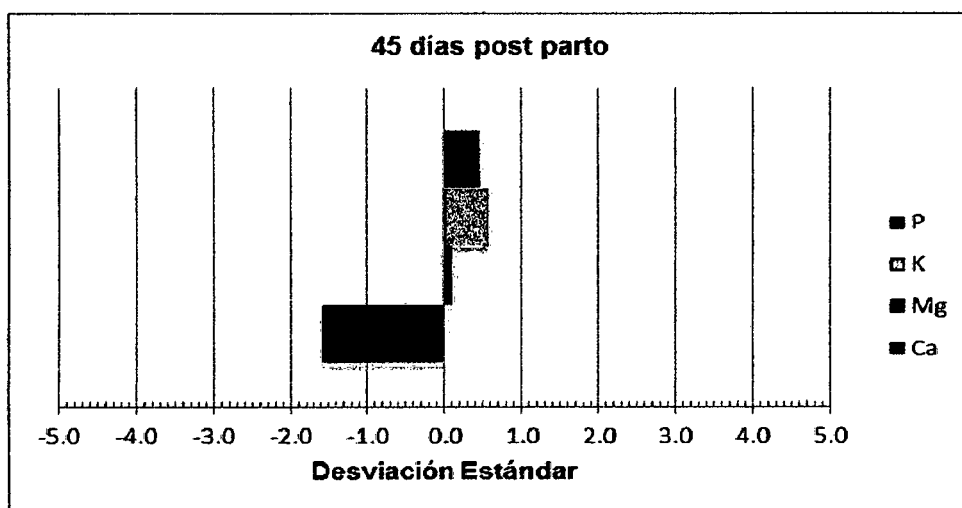
PERIODO	MUESTRA	Ca	Mg	K	P
45 DIAS POS PARTO	1	2.1	0.6	5.1	2.30
	2	1.6	0.3	5.3	2.10
	3	2.1	0.5	5.5	2.20
	4	1.8	0.6	6.2	2.20
	5	2.3	0.7	4.7	2.10
	6	2.2	0.4	5.3	2.00
	7	2.2	0.7	4.6	2.40
<b>PROMEDIO</b>		2.0	0.5	5.2	2.2
<b>DESVIO ESTANDAR.</b>		0.3	0.1	0.5	0.1
<b>HISTOGRAMA</b>		-1.6	0.1	0.6	0.2

**VALORES DE REFERENCIA POBLACIONAL**

<b>PROMEDIO</b>	2,2	0,5	5,0	2,1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>	0,1	0,1	0,4	0,3
<b>MINIMO</b>	2,0	0,4	4,2	1,6
<b>MAXIMO</b>	2,4	0,7	5,8	2,6

Dónde: + = vacas con mineral sérico elevado.

Dónde: - = vacas con mineral sérico disminuido.



**Figura 9.** Histograma de vacas sin suplementación en 45 días Post parto.

El histograma de vacas sin suplementación en cuarentaicinco días parto nos muestra valores séricos normales de Ca, Mg, K y P, con una tendencia a la disminución en el Ca.

### Perfil metabólico del periodo de sesenta días post parto

En el Cuadro 7, se muestra los resultados individuales a los 60 días post parto, se encontró dos animales con concentraciones séricas disminuidas de Ca y dos animales con concentraciones elevadas de K sérico, en ambos casos no se afecta el promedio de grupo respectivo.

**Cuadro 7.** Concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas sin suplemento a los sesenta días post parto en mmol/L.

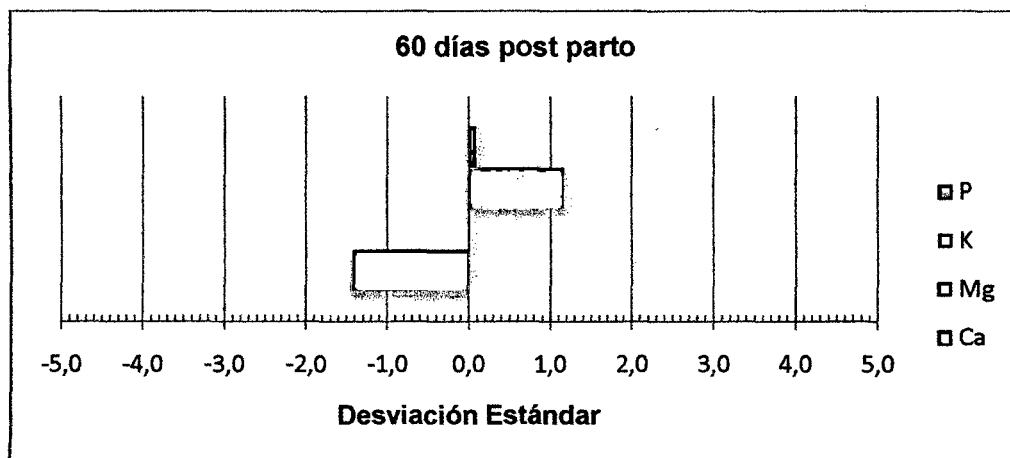
PERIODO	MUESTRA	Ca	Mg	K	P
<b>60 DÍAS-POS PARTO</b>	1	1.7	0.4	5.5	2.0
	2	2.4	0.7	5.4	2.1
	3	2.0	0.6	5.5	1.9
	4	2.3	0.4	6.0	1.9
	5	1.9	0.7	5.2	2.4
	6	2.0	0.4	6.3	2.3
	7	2.1	0.7	4.5	2.2
<b>PROMEDIO</b>		2.1	0.5	5.5	2.1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>		0.2	0.1	0.6	0.2
<b>HISTOGRAMA</b>		-1.4	0.0	1.2	0.1

### VALORES DE REFERENCIA POBLACIONAL

<b>PROMEDIO</b>	2,2	0,5	5,0	2,1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>	0,1	0,1	0,4	0,3
<b>MINIMO</b>	2,0	0,4	4,2	1,6
<b>AXIMO</b>	2,4	0,7	5,8	2,6

Dónde: + = vacas con mineral sérico elevado

Dónde: - = vacas con mineral sérico disminuido.



**Figura 10.** Histograma de vacas sin suplementación en 60 días post parto.

El histograma de vacas si suplementación a los 60 días post parto nos muestra, que los valores séricos de Ca, Mg, K y P, se encuentran dentro de los valores de referencia, pero si se aprecia una tendencia a la disminución del Ca y a la elevación del K.

#### **4.2.1. Animales suplementados**

##### **Perfil metabólico del periodo del pre parto**

En el Cuadro 8, se muestra los resultados individuales en el preparto, en este periodo se observó un animal con concentraciones séricas disminuidas de Ca y otro animal con concentraciones elevadas de K, ambos valores no afectan el promedio del grupo respectivo.

**Cuadro 8.** Concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas con suplemento en el periodo de pre parto en mmol/L.

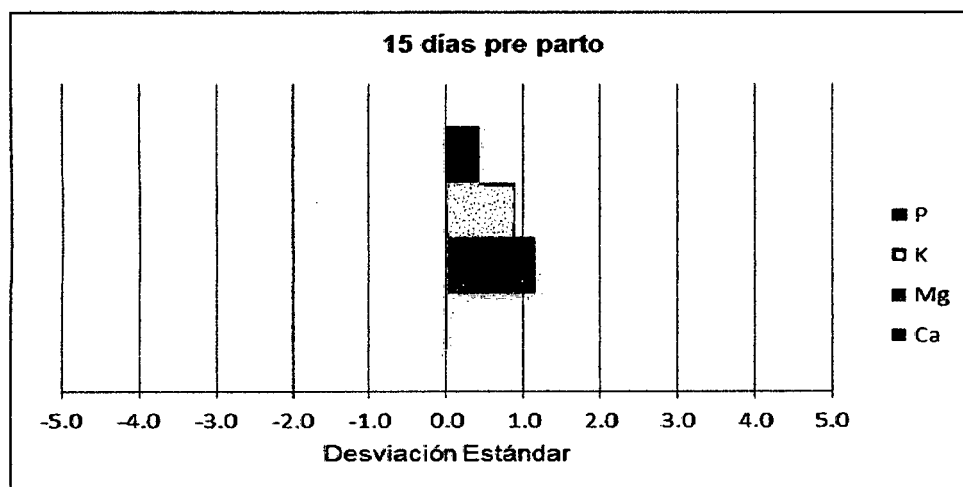
PERIODO	MUESTRA	Ca	Mg	K	P
PRE-PARTO	1	2.1	0.6	6	2.2
	2	2.7	0.6	5.8	2.4
	3	1.1	0.6	4.5	1.8
	4	2.1	0.7	6.2	2.5
	5	2.4	0.6	5.1	1.9
	6	2.7	0.6	5.9	2.0
	7	2.6	0.6	5.3	2.3
<b>PROMEDIO</b>		2.2	0.6	5.6	2.2
<b>DESVIO ESTANDAR</b>		0.6	0.0	0.6	0.3
<b>HISTOGRAMA</b>		0.0	1.1	0.9	0.1

**VALORES DE REFERENCIA POBLACIONAL**

<b>PROMEDIO</b>	2,3	0,5	5,2	2,1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>	0,3	0,1	0,4	0,3
<b>MINIMO</b>	1,8	0,4	4,5	1,6
<b>MAXIMO</b>	2,8	0,7	6,0	2,6

Dónde: + = vacas con mineral sérico elevado.

Dónde: - = vacas con mineral sérico disminuido.



**Figura 11.** Histograma de vacas con suplementación en 15 días en preparto.

El histograma de vacas con suplementación en el pre parto nos muestra que los valores séricos obtenidos se encuentran dentro de los valores referencia en Ca, Mg, K y P.

### Perfil metabólico del periodo de dos días post parto

En el Cuadro 9, se muestra los resultados individuales a los dos días post parto, se observa dos animales con concentraciones séricas disminuidas de Ca y dos de K, pero no afectan el promedio de grupo respectivo.

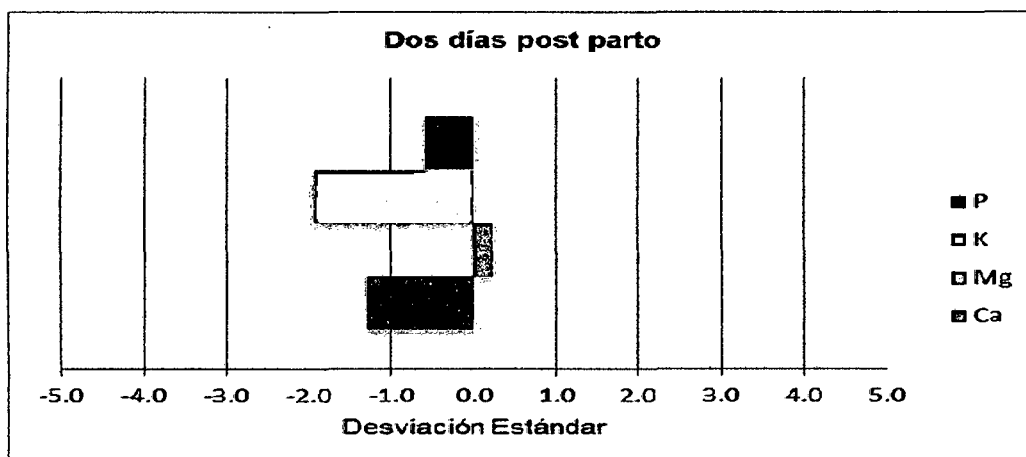
**Cuadro 9.** Concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas con suplemento a los dos días post parto en mmol/L.

PERIODO	MUESTRA	Ca	Mg	K	P
DOS- DÍAS POS PARTO	1	1.9	0.5	3.9	1.8
	2	2.2	0.7	4.3	2.1
	3	2.2	0.5	4.3	1.9
	4	2.0	0.7	3.8	2.0
	5	2.2	0.6	5.0	1.6
	6	1.7	0.6	5.2	2.1
	7	2.3	0.4	5.1	1.8
<b>PROMEDIO</b>		2.1	0.6	4.5	1.9
<b>DESVIO ESTANDAR</b>		0.2	0.1	0.7	0.2
<b>HISTOGRAMA</b>		-1.0	0.2	-1.2	-0.2

#### VALORES DE REFERENCIA POBLACIONAL

<b>PROMEDIO</b>	2,2	0,5	5,2	2,1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>	0,1	0,1	0,4	0,3
<b>MINIMO</b>	2,0	0,4	4,2	1,6
<b>MAXIMO</b>	2,4	0,7	5,8	2,6

Dónde: - = vacas con mineral sérico disminuido.



**Figura 12.** Histograma de vacas con suplementación en 2 días post parto.

El histograma de vacas con suplementación en dos días post parto nos muestra, que los valores séricos obtenidos de Ca, Mg, K y P, se encuentran dentro de los valores de referencia, con una tendencia a la disminución marcada en el K y leve en el Ca.

### Perfil metabólico del periodo de quince días post parto

En el Cuadro 10, se muestra los resultados individuales a los quince días post parto, se encontraron animales con concentraciones séricas elevadas uno de calcio y dos de K, pero no afectan el promedio de grupo respectivo.

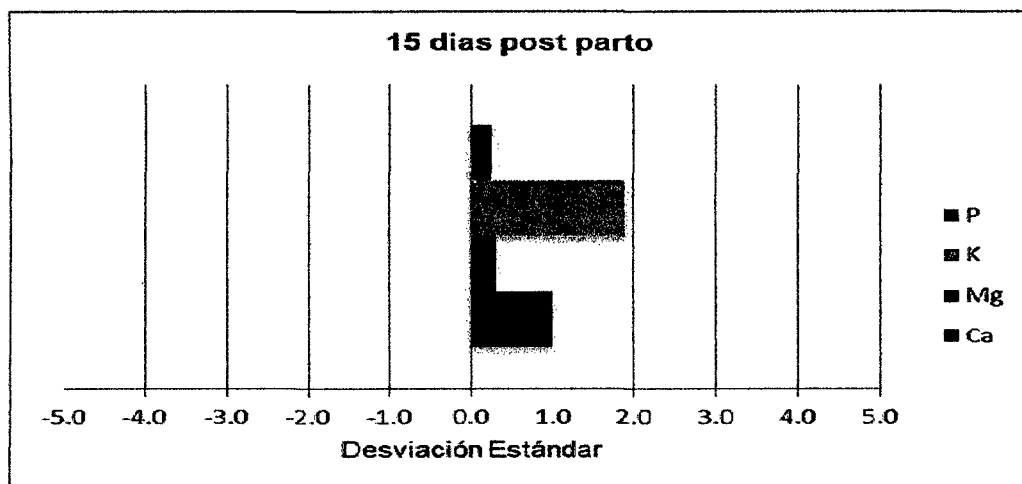
**Cuadro 10.** Concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas con suplemento a los quince días post parto en mmol/L.

PERIODO	MUESTRA	Ca	Mg	K	P
15ÍAS POS PARTO	1	2.4	0.6	5.6	1.8
	2	2.2	0.4	6.3	2.4
	3	2.5	0.5	5.5	2.1
	4	2.1	0.6	6.5	1.8
	5	2.2	0.6	5.6	2.2
	6	2.3	0.7	5.6	2.2
	7	2.2	0.6	5.4	2.3
<b>PROMEDIO</b>		2.3	0.6	5.8	2.1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>		0.1	0.1	0.4	0.2
<b>HISTOGRAMA</b>		1.0	0.3	1.9	0.1

### VALORES DE REFERENCIA POBLACIONAL

<b>PROMEDIO</b>	2,2	0,5	5,0	2,1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>	0,1	0,1	0,4	0,3
<b>MINIMO</b>	2,0	0,4	4,2	1,6
<b>MAXIMO</b>	2,4	0,7	5,8	2,6

Dónde: + = vacas con mineral sérico elevado.



**Figura 13.** Histograma de vacas con suplementación en 15 días post parto.

El histograma de vacas con suplementación en 15 días post parto nos muestra, que los valores séricos obtenidos de Ca, Mg, K y P, se encuentran dentro de los valores de referencia, con una tendencia a la elevación marcada en K y leve en Ca.

#### **Perfil metabólico del periodo de treinta días post parto**

En el Cuadro 11, se muestra los resultados individuales a los treinta días post parto, se encontró tres animales con concentraciones elevadas y dos con concentraciones disminuidas de Ca y un animal con concentración disminuida de K sérico, pero no afectan el promedio de grupo respectivo.



**Cuadro 11.** Concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas con suplemento a los treinta días post parto en mmol/L.

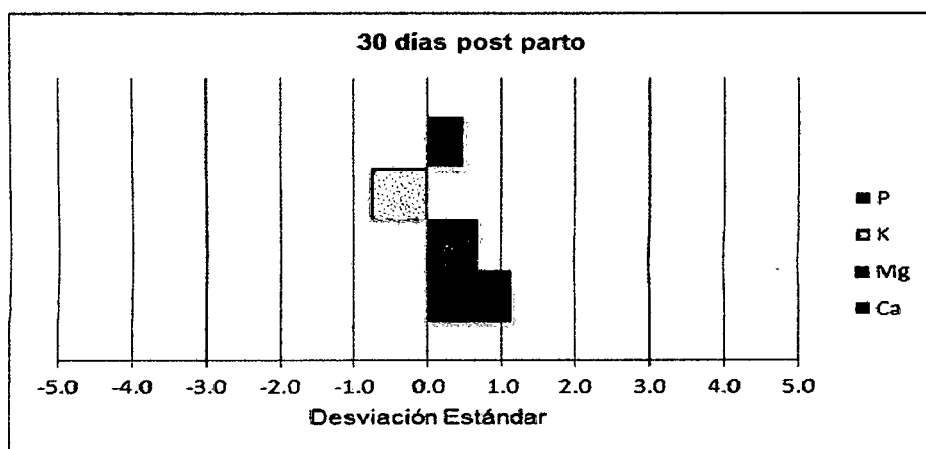
PERIODO	MUESTRA	Ca	Mg	K	P
30 DÍAS POS PARTO	1	2.4	0.5	4.8	2.4
	2	2.5	0.5	4.6	2.0
	3	2.6	0.5	4.7	2.0
	4	1.9	0.5	4.7	2.2
	5	2.6	0.7	5.1	2.4
	6	2.3	0.6	4.0	2.3
	7	1.9	0.7	4.8	1.9
<b>PROMEDIO</b>		2.3	0.6	4.7	2.2
<b>DESVIO ESTANDAR</b>		0.3	0.1	0.3	0.2
<b>HISTOGRAMA</b>		1.1	0.7	-0.8	0.2

**VALORES DE REFERENCIA POBLACIONAL**

<b>PROMEDIO</b>	2,2	0,5	5	2,1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>	0,1	0,1	0,4	0,3
<b>MINIMO</b>	2,0	0,4	4,2	1,6
<b>MAXIMO</b>	2,4	0,7	5,8	2,6

Dónde: + = vacas con mineral sérico elevado.

Dónde: - = vacas con mineral sérico disminuido



**Figura 13.** Histograma de vacas con suplementación en 30 días post parto.

El histograma en vacas con suplementación en 30 días post parto nos muestra, que los valores séricos obtenidos de Ca, Mg, K y P, se encuentran dentro de los valores de referencia.

### Perfil metabólico del periodo de cuarenta y cinco días post parto

En el Cuadro 12, se muestra los resultados individuales a los cuarenta y cinco días post parto, se encontró cuatro animales con concentraciones séricas disminuidas dos de calcio y dos de K, respectivamente, y dos animales con concentraciones elevadas de K, pero en ninguno de los casos afectan el promedio de grupo.

**Cuadro 12.** Concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas con suplemento a los cuarenta y cinco días post parto mmol/L.

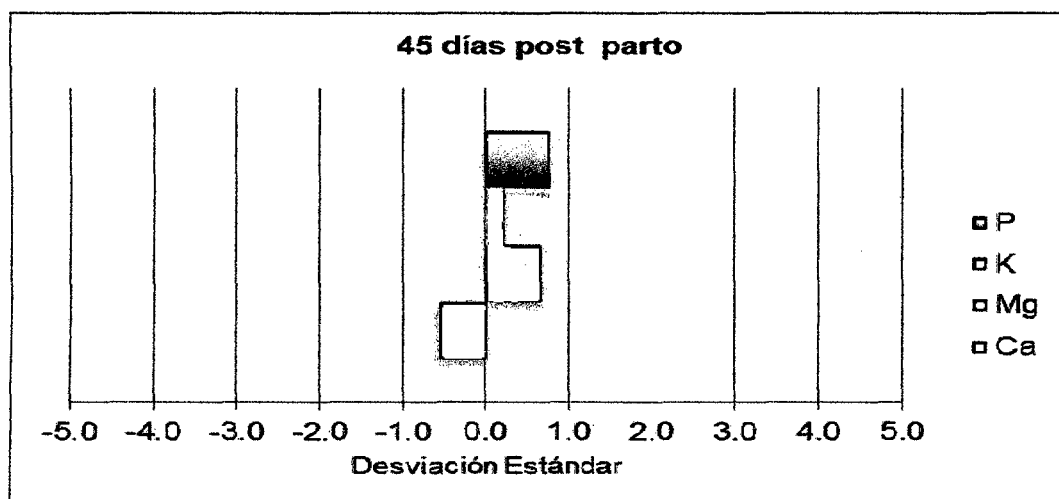
PERIODO	MUESTRA	Ca	Mg	K	P
45 DÍAS POST PARTO	1	2.5	0.6	5.3	2.2
	2	1.5	0.6	6.2	1.9
	3	2.2	0.4	4.0	2.4
	4	1.9	0.6	5.3	2.5
	5	2.0	0.5	6.9	2.3
	6	2.3	0.6	4.2	2.3
	7	2.6	0.7	3.8	2.1
<b>PROMEDIO</b>		2.1	0.6	5.1	2.2
<b>DESVIO ESTANDAR</b>		0.4	1.3	0.1	0.2
<b>HISTOGRAMA</b>		-0.6	0.7	0.2	0.3

#### VALORES DE REFERENCIA POBLACIONAL

<b>PROMEDIO</b>	2,2	0,5	5	2,1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>	0,1	0,1	0,4	0,3
<b>MINIMO</b>	2,0	0,4	4,2	1,6
<b>MAXIMO</b>	2,4	0,7	5,8	2,6

Dónde: + = vacas con mineral sérico elevado.

Dónde: - = vacas con mineral sérico disminuido.



**Figura 14.** Histograma de vacas con suplementación en 45 días post parto.

El histograma de vacas con suplementación en cuarenta y cinco días post parto nos muestra, que valores séricos obtenidos de Ca, Mg, K y P, se encuentran dentro de los valores de referencia.

#### **Perfil metabólico del periodo de sesenta días post parto**

En el Cuadro 15, se muestra los resultados individuales a los sesenta días post parto, se encontró dos animales con concentraciones séricas disminuidas de K sérico, pero no afectan el promedio de grupo.

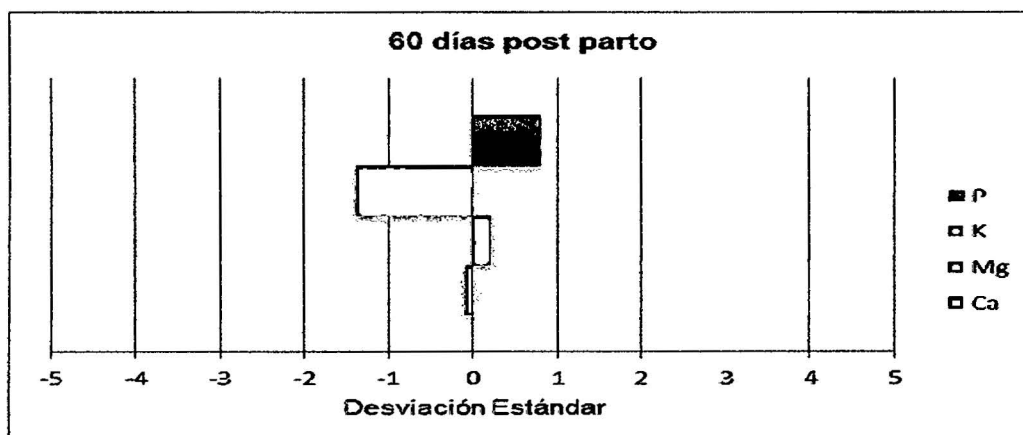
**Cuadro 13.** Concentración sérica de Calcio, Magnesio, Potasio y Fósforo en vacas con suplemento a los sesenta días post parto en mmol/L.

PERIODO	MUESTRA	Ca	Mg	K	P
60 DÍAS POST PARTO	1	2.2	0.5	4.9	2.4
	2	2.1	0.4	3.6	1.9
	3	2	0.6	5.3	2.5
	4	2.2	0.5	4.3	2.2
	5	2.4	0.6	4.2	2.4
	6	2.4	0.5	5.4	2.3
	7	2	0.7	3	2.1
<b>PROMEDIO</b>		2.2	0.6	4.4	2.3
<b>DESVIO ESTANDAR</b>		0.2	0.1	0.9	0.2
<b>HISTOGRAMA</b>		-0.1	0.2	-1.4	0.3

**VALORES DE REFERENCIA POBLACIONAL**

<b>PROMEDIO</b>	2,2	0,5	5,0	2,1
<b>DESVIO ESTANDAR</b>	0,1	0,1	0,4	0,3
<b>MINIMO</b>	2,0	0,4	4,2	1,6
<b>MAXIMO</b>	2,4	0,7	5,8	2,6

Dónde: - = vacas con mineral sérico disminuido.



**Figura 15.** Histograma de vacas con suplementación en 60 días post parto.

El histograma de vacas con suplementación en dos días post parto nos muestra valores séricos de Ca, Mg, K y P, se

encuentran dentro de los valores de referencia, con tendencia a la disminución en el K.

#### **4.3. Comparación de los promedios de las concentraciones séricas de minerales de grupo y poblacional mediante la Prueba de Z en mmol/L**

En el Cuadro 14 se observa que las concentraciones de Ca en los periodos de 2, 30, 45 y 60 días post parto son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ) entre los promedios de grupo y los valores referenciales promedio de la población, el periodo de pre parto y 15 días post parto no presentan diferencias significativas ( $P > 0.05$ ); las concentraciones de Mg sólo presentaron diferencias significativas en el periodo de 30 días ( $P < 0.05$ ), los demás periodos no presenta diferencias significativas ( $P > 0.05$ ); el K en los periodos de 2, 30 y 60 días post parto hay diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) y en los demás periodos es no hay diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), las concentraciones de P en el periodo de 2 días post parto son diferentes significativamente ( $P < 0.05$ ) y los demás periodos se encontró diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). Estos resultados indican que las concentraciones de los minerales estudiados para éste grupo de animales, en los periodos donde existe significancia ( $P < 0.05$ ) presentan alteraciones ya sea de aumento o disminución respecto a los valores de referencia de la población establecidos para éste estudio, y en los periodos donde no existe diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), no presentan alteraciones de aumento o disminución respecto a los valores de referencia.

En el Cuadro 15 se observa que en todos los periodos, las variables en estudio: Ca, Mg, K y P no presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), lo cual indicaría que las concentraciones de éstos minerales estudiados para éste grupo de animales no presentan alteraciones de

aumento o disminución respecto a los valores de referencia de la población establecidos para éste trabajo.

**Cuadro 14.** Comparación de los promedios de las concentraciones séricas de minerales de grupo y poblacional mediante la Prueba de Z en vacas no suplementadas.

Periodo	MINERALES (mmol/L)							
	Ca		Mg		K		P	
	X grupo	Significancia	X grupo	Significancia	X grupo	Significancia	X grupo	Significancia
Pre parto	1,9	P>0,05	0,6	P>0,05	5,5	P>0,05	2,1	P>0,05
Post parto								
2	1,6	P□0,05	0,6	P>0,05	4,3	P□0,05	1,3	P□0,05
15	2,2	P>0,05	0,6	P>0,05	5,0	P>0,05	2,1	P>0,05
30	2,3	P□0,05	0,6	P□0,05	4,7	P□0,05	2,2	P>0,05
45	2,0	P□0,05	0,5	P□0,05	5,2	P□0,05	2,2	P>0,05
60	2,1	P□0,05	0,5	P>0,05	5,5	P□0,05	2,1	P>0,05
<b>Valores de referencia poblacional</b>								
Promedio poblacional	Pre parto	2,3		0,5		5,2		2,1
	Post parto	2,2		0,5		5,0		2,1

**Cuadro 15.** Comparación de los promedios de las concentraciones séricas de minerales de grupo y poblacional mediante la Prueba de Z en vacas con suplementación.

Periodo	MINERALES (mmol/L)							
	Ca		Mg		K		P	
	X grupo	Significancia	X grupo	Significancia	X grupo	Significancia	X grupo	Significancia
Pre parto		P>0,05	0,6	P>0,05	5,5	P>0,05	2,1	P>0,05
Post parto								
2	2,1	P>0,05	0,6	P>0,05	4,5	P>0,05	1,9	P>0,05
15	2,3	P>0,05	0,6	P>0,05	5,8	P>0,05	2,1	P>0,05
30	1,3	P>0,05	0,6	P>0,05	4,7	P>0,05	2,2	P>0,05
45	2,1	P>0,05	0,6	P<0,05	5,1	P<0,05	2,2	P>0,05
60	2,2	P>0,05	0,6	P>0,05	4,4	P>0,05	2,3	P>0,05
<b>Valores de referencia poblacional</b>								
Promedio poblacional	Pre parto	2,3		0,5		5,2		2,1
	Post parto	2,2		0,5		5,0		2,1

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se presenta la siguiente discusión.

#### 5.1. DE LAS CONCENTRACIONES DEL CALCIO

La concentración promedio de Ca sérico encontrado en el periodo de pre parto en el presente estudio es diferente a la reportada por Soto (1981), quién encontró un valor promedio de 2,6 mmol/L para vacas en seca, no indica el momento de la toma de muestra durante el periodo seco, ni el sistema de manejo y alimentación de los animales. Nuestro resultado es similar a lo reportados por Gonzales (2001), quien encontró un valor promedio de 2.25 mmol/L. Esto se debería a la similitud entre las variables de estudio, tal como el momento del muestreo (15 días pre parto), un probable sistema de manejo y alimentación parecida al grupo de vacas, pero sin suplementación.

Las concentraciones promedio de Ca sérico en el post parto hasta los 60 días de lactación encontrados en el presente estudio son diferentes a los reportados por Soto (1981), quien encontró una concentración promedio de 2,7 mmol/L, a los reportados por Figueroa (2006), quien obtuvo una concentración promedio de 1.34 mmol/L y similar a los obtenidos por Bardales (2010), quien encontró una concentración promedio de 2.1 mmol/L. La diferencia con Soto ha podido deberse a que en este estudio las concentraciones de Ca fueron obtenidas



durante toda la campaña sin considerar al primer, segundo o tercer tercio de lactación y a un probable sistema de manejo y alimentación diferente, la diferencia con Figueroa (2006) se debería a que las muestras han sido tomadas de los mismos animales durante el primer tercio de lactación en intervalos de 15 días. Pero tiene una mayor similitud a las concentraciones reportadas por Bardales (2010) las cuales se han tomado como valores de referencia para el presente trabajo.

El Ca se tiene una disminución a los dos días post parto, siendo más notorio en vacas bajo el sistema de manejo extensivo sin suplemento 1.6 mmol/L. Esto ha podido deberse al temporal desbalance entre la disponibilidad y su alta demanda propio de la hipocalcemia que en su forma típica afecta a la vaca en su día previo, durante y hasta las 72 post parto (Contreras, 1996; Payne, 2002), en los periodos de 15 y 30 treinta días se observa una estandarización y regularización del promedio de Ca sérico frente a los valores de referencia, probablemente se deba a que la glándula paratiroidea es extremadamente sensible a pequeñas desviaciones en la concentración iónica de Ca ya que a los dos días se encuentran disminuidos y cuando las concentraciones decaen, se secreta la parathormona (PTH), (Brow, 1991; Contreras, 1996), la cual promueve la liberación de este mineral de los huesos, aumenta la reabsorción de Ca en el riñón y activa la vitamina D3 y ésta a su vez aumenta la absorción del Ca desde el intestino (Underwood, 2002). A los 45 y 60 se observa una tendencia leve a la disminución del Ca sérico frente a los valores de referencia, probablemente se deba a que el Ca forma gran parte de la materia mineral de la leche (Morrinsón, 1965; Payne, 1981) y al agotamiento a largo plazo (Payne, 1981).

La concentración promedio de Ca sérico a los dos días post parto fue mayor en las vacas suplementadas, esto se debería a que la absorción del Ca depende de la cantidad contenida en la dieta (Doxey, 1987).

## 5.2. DE LA CONCENTRACIÓN DEL MAGNESIO

Las concentraciones promedio de Mg sérico encontrados en el presente trabajo son inferiores a las reportadas por Fernández (1987) para la campaña de Cajamarca quién halló un valor promedio de 0.9 mmol/L, siendo además distintas a las reportadas por Díaz (1982), quién encontró un valor promedio de 1,1 mmol/L, Fernández (1987) no menciona las características de los animales en estudio, ni sistema de manejo, alimentación, clima y los diferentes periodos productivos en los que se encontraban los animales; la diferencia con Díaz se debería a que él estudió vacas alimentadas con Rye grass-Trébol (*Lolium perenne* – *Trifolium repens*) y suministro de sales minerales, pero no especifica el periodo productivo de estos animales, pero si existe una similitud con el valor promedio 0,54 mmol/L reportado por Figueroa (2006) para los periodos de preparto y post parto. El estudio realizado por Figueroa (2006) tiene mayor similitud a este trabajo y las muestras fueron tomadas en iguales condiciones.

En este estudio, las concentraciones séricas de Mg disminuyen a los 45 y 60 días post parto en las vacas bajo el sistema de manejo extensivo sin suplementación, esto se debería a un agotamiento de la tercera parte del Mg contenido en los huesos que está disponible para ser movilizado hacia los tejidos blandos si se presenta una disminución en el consumo (Mayrnad, 1997), al alto contenido de K en el forraje y a que las muestras fueron tomadas en la época lluviosa donde los pastos son muy tiernos y se encuentran desbalanceados sus componentes energéticos, minerales y proteicos de los animales. Situación que

aumenta el requerimiento del Mg en el organismo y a su vez dificulta la obtención del mismo, debido a que en época de lluvias la concentración de minerales contenidos en el suelo disminuyen, por efecto de lavado y como consecuencia las plantas tienen menor proporción de estos minerales.

En las vacas bajo el sistema de manejo extensivo con suplementación no hubo variación en ningunos de los periodos, esto ha podido deberse a que el concentrado habría aportado lo suficiente de este mineral y a que la paratiroides actúa sobre la homeostasis de Mg. La tiroides y glándulas adrenales también se encuentran implicadas (Payne, 2002).

### **5.3. DE LAS CONCENTRACIONES DE POTASIO**

La concentración promedio de K sérico encontrado en el presente trabajo para el periodo de pre parto es mayor a los valores reportados por Roldán (2006) quien encontró 5,23 mmol/L, 5,21 mmol/L de la cuenca del Salado y del Pilar (Colombia) respectivamente, esto ha podido deberse a una mayor concentración de K en el forraje para los animales de la campiña de Cajamarca, sin embargo el promedio de K sérico encontrados en el presente trabajo para el post parto es similar a lo reportado por Roldán (2006) quién encontró valores promedio de 5,01 mmol/L, 4,9 mmol/L para la cuenca del Pilar y del Salado respectivamente.

Existe una tendencia a la disminución del el K sérico respecto a los valores de referencia a los 2 días post parto, esto ha podido deberse al estrés post parto (Lee y col., 1997).

El K sérico a los 60 días post parto, en el grupo de vacas sin suplemento tiende a aumentar mientras que en el grupo de las vacas con suplemento tiende a disminuir, puede deberse a que las vacas

lecheras en lactación suplementadas pueden tener un requerimiento mayor asociado con mayor producción láctea (Lee y col., 1997).

#### 5.4. DE LAS CONCENTRACIONES DE FÓSFORO

Las concentraciones promedio de P sérico encontrados en el presente estudio son distintas a las reportadas por Soto (1981) para la campaña de Cajamarca quién halló un promedio de 1,5 mmol/L, esta diferencia ha podido deberse a que las concentraciones obtenidas fueron hechas para el periodo seco, lactación y vaquillonas sin tomar en cuenta dentro del periodo de lactación al primer, segundo o tercer tercio de lactación y también probablemente a un distinto sistema de manejo y alimentación. También tiene una leve diferencia a lo reportado por Díaz (1981), quién halló 1,8 mmol/L de P sérico de vacunos provenientes de 10 fundos de la campaña de Cajamarca, esta diferencia puede deberse a que las muestras hayan sido tomadas de vacunos de diferentes edades, distintos periodos productivos, bajo otro o similar sistema de manejo y alimentación ya que no especifica ningún otro parámetro muestral, pero es similar a lo reportado por Reyes (1982), quien encontró 2.1 mmol/L en vacunos de 2 a 4 años de edad y 2.0 mmol/L en vacunos de 4 a 6 años de edad para la campaña de Cajamarca y también es similar a lo reportado por Bardales (2010), quien encontró un valor promedio de 2,05 mmol/L y 1.57 mmol/L como valor mínimo, 2.53 mmol/L como valor máximo los cuales se han tomado como valores de referencia para el presente estudio por tener parámetros de estudios similares.

En el P sérico los 2 días post parto en el grupo de vacas sin suplementación es menor al grupo de vacas con suplementación, esto ha podido deberse a que la absorción del P depende de la cantidad ingerida en la dieta, para lo cual deben ingerirse niveles adecuados de

este elemento para mantener niveles normales en el cuerpo (Doxey, 1987) y a que en el ganado la deficiencia más común es la falta de P en crianza al pastoreo donde los suelos y las plantas tienen baja concentración de P (Lee y col., 1997).

En el resto de periodos estudiados no existe diferencias en ninguno de los grupos de vacas, esto se debería a que el P al igual que otros aniones está en forma absorbible en la ración, debido posiblemente a una absorción uniformemente elevada de P en forrajes frescos o secos tanto en ovinos como en bovinos (Underwood y Suttle, 2003).

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

1. Las concentraciones séricas promedios de los minerales en estudio en las vacas Holstein en los periodos del preparto y post parto se encontraron dentro de los valores de referencia.
2. De acuerdo al análisis estadístico con la prueba de Z, se rechaza la hipótesis nula en el grupo de vacas bajo el sistema de manejo extensivo sin suplementación en los siguientes periodos del post parto: Ca a los 2, 30, 45 y 60 días, Mg a los 30 días, K a los 2, 30 y 60 días, P a los 2 días.
3. A los 15 días post parto se observa una estandarización de la concentración de minerales estudiados respecto a los valores de referencia a excepción del Mg, que se mantiene igual, de manera similar en el resto de periodos, con pequeñas variaciones en Ca y K.
4. Las vacas bajo el sistema de manejo extensivo sin suplementación presentaron valores séricos hipocalcémicos e hipofosfatémicos, sin la presencia de signos clínicos.

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA

1. ALLTECH BIOTECHNOLOGY CENTER (ABC). A Discussion document. Nicholasville. Kentucky. USA; Alltech Biotechnology Center. 10p. 1995. 10p. 1995.
2. AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (ARC). 1998. The nutrient requirement of ruminant livestock. 2da. Ed., Ed Commonwealth Agricultural Bureaux. London.
3. ALMEYDA, J. 2003. Manual de alimentación y manejo de ganado lechero. Facultad de Zootecnia. Programa de investigación y proyección social en leche. UNALM. Lima. Perú.
4. BARDALES, J. 2010. Determinación de las concentraciones de calcio y fósforo sérico de vacas en lactación del fundo Tartar. Tesis Facultad de Ciencias Veterinarias. U.N.C.
5. BEEDE, D.; MALLONÉE, P.; SCHNEIDER, P. y CAPUTO, S. 1983. En Proc. Florida Nutrition Conference, p. 15, St.
6. BLACK, H. 1973. Effect of a high calcium i antepartum diet on calcium homeostatic mechanisms in thyroid glands, bone and intestine of cows. Laboratory investigation. 29: N°04, 437-44B.
7. BONDI. A. 1987. Animal nutrition. Ed. Wyley- Great Britain.

8. BLOOD, D.; HENDERSON, J.; RADOSTTIS, O. 1988. Medicina Veterinaria. Edit. Interamericana. México D.F. México.
9. BROWN, W. 1991. Effects of phosphorus supplements on cattle grazing on range deficient in this mineral. Technical Bull. NO 856. United States Department of Agriculture. Washington, D.C.
10. CAPEN, C. ROSOL, T, 1989. Calcium regulatin hormones and diseases of abnormal mineral (Calcium, Phosphorus, Magnesium) Metabolism. In: Clinical Biochemistry of domestic animals. 4<sup>th</sup>. Ed. Edited by: Kaneko, j.j., 678- 752. Academic Press San Diego. California.
11. CONTRERAS, B. 1996. Consideraciones sobre la suplementación mineral para desbalances metabólicos – nutricionales en rebaños bovinos. III seminario. Aspectos técnicos y perspectivas de la producción de leche. Serie REMHUE. No. 64. OSORNO – CHILE.
12. CSEH, S. 2001. Magnesio en relación directa con la productividad de la vaca. Disponible en [www. AGROMAIL.NET](http://www.AGROMAIL.NET). Consultado el 12 de junio del 2013.
13. DE LUCA, L. 2006. Calcio fósforo vitamina D y parathormona. Curso para profesionales y profesores. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Lomas de Zamora, Bueno Aires-Argentina.
14. DÍAZ, E. 1982. Estudio de la interacción suelo-planta-animal, de calcio, fósforo y magnesio, en vacunos de 10 fundos en la campiña de Cajamarca. Tesis Facultad de Ciencias Veterinarias. U.N.C.
15. DUKES, M. 1983. Fisiología de los animales domésticos. 4ta. Ed. Aguilar. España.



16. DOXEY, D. 1987. Patología clínica y procedimientos de diagnóstico en veterinaria. Edit. Manual Moderno. México D.F. México.
17. DUA, K.; CARE, A. 1995. Impaired absorption of magnesium in the etiology of grass tetany. *British Veterinary Journal* 151, 413-426.
18. ETGEN, W.; REAVES, P. 1990. Ganado lechero: Alimentación y administración. Edit. Limusa. México D.F. México.
19. EDMONSON, A.J.; LEAN, I.; WEAVER, L.D.; FARVER, T.; WEBSTER G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 72: 68-78.
20. FATTORUSSO. V.; RITTER, O. 2001. Vademécum clínico de diagnóstico y tratamiento. Edit. El ATENEO. España.
21. FENNER, W. 1997. Medicina Veterinaria de pequeñas especies. 2da. Ed. Editorial LIMUSA, S. A. México. Pgs. 581-583.
22. FERNANDEZ, F. 1987. Determinación de magnesio sérico en vacunos en producción en seis establos de la campiña de Cajamarca.
23. FIELD, A.; WOOLLIAMS, J.; DINGWALL, R.; MUNRO, C. 1984. Animal and dietary variation in the absorption and metabolism of phosphorus by sheep. *Journal of agricultural Science, Cambridge* 103, 283-291.
24. FIGUEROA, C. 2006. Determinación de Ca y Mg sérico en vacas en el primer tercio de lactación en la campiña de Cajamarca. Tesis Fac. Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
25. FLORES, J. 1985. Manual de la alimentación animal. 1ra Ed. Editorial LIMUSA. México.

26. GARDNER, J. 1973. Control of serum magnesium levels in sheep. *Research in Veterinary Science* 15, 149-157.
27. GÓMEZ, C.; FERNÁNDEZ, M. 2001. Minerales para mejorar la producción de leche y la fertilidad en vacas lecheras. Departamento de nutrición. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
28. GONZÁLES, S. 2001. Tratamiento profiláctico de hipocalcemia con cloruro cálcico gel en vacas lecheras de la campiña de Cajamarca. Peru.
29. HARESING, W. 1988. Avances en nutrición de los rumiantes. Ed. Acriba. Zaragoza. España.
30. HAYLETT, J. y BINDER, H. 1982. Mechanism of potassium adaptation. *American journal of physiology* 243, F103 – F112.
31. JARRIGE, R. 1981. Alimentación de los rumiantes. Ed. Mundi-prensa. España.
32. KELLY, J. 2002. The health of dairy cattle. Edited by Andrews, A. Ed. Blackwell Science. London. U.K.
33. KEM, D.; TRACHESWSKY, D. 1983. Potassium metabolism. In: Whang, R. ed. *Potassium: Its Biological Significance*. CRC Press, Boca Raton Florida, pp. 25-31.
34. LACHMANN, G. 1980. Clinical symptoms of parturient paresis due to hypophosphatemia. *Mschr. Vet. Med.* 35(2), 59-63.

35. LANYON, L.; SMITH, F. 1985. Potassium nutrition of alfalfa and other forage legumes: temperate and tropical. In. Munson, R.D. ed. Potassium in agriculture. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp. 861-894.
36. LANGLANDS, J. 1987. Assessing the nutrient status of herbivores.
37. LEE, McD.; VELÁSQUEZ, J.; VALLE, G. 1997. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. 3ra. Ed. P. cm. (Boletín).
38. LINDEMAN, R.; PEDERSON, J. 1983. Hypokalaemia. In: Whang, R. ed. Potassium: Its Biological Significance. CRC Press, Boca Raton Florida, pp. 45-55.
39. MARTENS, H.; BLUME, I. 1986. Effect of intraruminal sodium and potassium concentrations and of the transmural potential difference on magnesium absorption from the temporarily isolated rumen of sheep. Journal of Experimental Physiology 71, 409-415.
40. MAYRNARD, L. 1997. Nutrición Animal 7ma. Ed. McGraw-Hill. México.
41. Mc DOWELL, L. 1997. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales 3ra. Ed. departamento de zootecnia. Universidad de Florida.
42. MUFARREGUE, D. 2002. Los minerales en la alimentación de vacunos de carne en la Argentina. Trabajo de divulgación técnica. Estación experimental agropecuaria INTA de Mercedes. Corrientes. Argentina.
43. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1988. Nutrients requirements of dairy cattle. 6ta. Ed. National Academy Research. Washington Dc.

44. OETZEL, G. 1996. Effect of calcium chloride gel treatment in dairy cows on incidence of periparturient diseases. *Journal of the American Veterinary Association*, Vol. 2009.
45. ORTOLANI, E.L. 1995. Aspectos clínicos, epidemiológicos e terapéuticos da hipocalcemia de vacas leiteiras. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, v.47, n.6, p.799 - 808.
46. PAYNE, J. 2002. Enfermedades metabólicas de los animales zootécnicos. Edit. Acribia. Zaragoza. España.
47. PAYNE, J.; DEWER, S.; MANSTON, R.; FAULKS, M. 1970. The use of a metabolic profile test in dairy herds. *Vet. Rec.* 87: 150-158.
48. RAVINOWITZ, L. 1988. Model of homeostatic regulation of potassium excretion in sheep. *Wisconsin*, p. 595-617.
49. REYES, J. 1982. Determinación de los niveles de Ca y Co séricos de vacunos provenientes de fundos experimentales del Ministerio de Agricultura y Alimentación. Tesis Med. Vet. Fac. Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú.
50. ROLDÁN, J. 2006. Evaluación de Minerales en bovinos lecheros en etapa de gestación de la región centro de Santa Fé.
51. SENAMI. 2013. Estación meteorológica, "Augusto Weberbauer". Cajamarca.
52. SCOTT, D. 1996. The effects of sodium depletion and potassium supplementation upon electrical potentials in the rumen of the sheep. *Quarterly Journal of Experimental Physiology* 51, 60-60.

53. SMITH, B. 1990. Large Animal Internal Medicine. St. Louis (Mo). Mosby.
54. SODIKOFF, C. 1996. Pruebas diagnósticas y de laboratorio en las enfermedades de pequeños animales. Segunda Edición. Editorial Mosby-Doyma Libros S.A. España. Pgs. 14, 73-78, 124, 136-137, 144 y 210.
55. SOTO, J. 1981. The mineral nutrition of livestock. 2da. Ed. Commonwealth Agricultural Bureaux. London.
56. THOMPSON, D. 1972. Potassium in animal nutrition. International Minerals and Chemical Corporation, Liberty ville, Illinois.
57. TURNER, M.; NEALL, V.; WILSON, G. 1978. Survey of magnesium content of soils and pastures an incidence of grass tetany in three selected areas of Taranaki. New Zealand Journal of Agricultural Research 21, 583-592.
58. UNDERWOOD, E. 2002. The mineral nutrition of livestock. 2da. Ed. Commonwealth Agricultural Bureaux. London.
59. UNDERWOOD, E.; SUTTLE, N. 2003. Los minerales en la nutrición del Ganado. 3ra. Ed. Edit. Acribia. Zaragoza. España.
60. WILCOX. G. 1974. Grass tetany: a hypothesis concerning its relationship with ammonium nutrition of spring grasses. Journal of Dairy Science 57, 1085-1089.
61. WITTEWER, M.; BOHMWALD, L. 1987. Manual de Patología Clínica Veterinaria. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias.

## ANEXO

### ANEXO 1.

#### TÉCNICA PARA VALORAR EL CALCIO SÉRICO

##### Prueba fotométrica colorimétrica para la determinación de Ca sérico

##### Significancia clínica

El calcio es importante en la mayoría de las reacciones de coagulación y la regulación de la excitabilidad de las fibras musculares. Su concentración en el suero o en la orina está regulado por diversos factores tales como los niveles de parathormona, vitamina D y P, observándose fluctuaciones fisiológicas debidas a la edad, sexo, embarazo, lactancia, actividad física y cambios estacionales (por acción de la luz solar).

La hipercalcemia está relacionada con distintas patologías como hiperparatiroidismo, neoplasias óseas, intoxicaciones con vitamina D o mala absorción.

##### Fundamento del método

El fundamento de la técnica se basa en que los iones de Ca reaccionan con o-cresolftaleína-complexona (Cfx) en un medio alcalino, para formar un complejo de color púrpura.

La absorbancia de este complejo es directamente proporcional a la concentración de calcio en la muestra.

**Reactivos**

- **BUF: 100ml solución Buffer**

Buffer Lisina (pH: 11.1)	0,2 mol/l
Azida de sodio	0.095%

- **RGT: 100 ml Reactivo de color**

8-hidroxiquinolina	14 mmol/l
o-cresoltaleína-complexona	0.1 mmol/l
Ácido clorhídrico	40 mmol/l

- **STD: 3 ml patrón**

Calcio (II)	8 °C.mg/dl ó 2mmol/l
Azida de sodio	0.095%

**Preparación de los reactivos**

Añada RGT a un volumen igual de BUF según se requiera, mezcle y deje reposar por 30 minutos a temperatura ambiente antes de su uso.

**Estabilidad de los reactivos**

Los reactivos y el patrón son estables hasta la fecha de caducidad aun después de abiertos cuando se almacenan de 2...25°C.

El reactivo de trabajo es estable por 7 días de 2...8°C o por tres días de 15...25°C.

**Muestra**

Suero o plasma

Estabilidad en suero: 2...25°C - 10 días

**Ensayo**

Longitud de onda: 570nm, Hg 578nm, 546nm

Paso de la luz: 1cm

Temperatura: 20...25°C

Medición: Frente al Blanco reactivo. Sólo se requiere un blanco reactivo por serie.

### Esquema de pipeteo

Pipeteo en cubetas:	Blanco reactivo	Muestra	STD
Muestra/STD Reactivo de trabajo	..... 1000ul	20ul 1000ul	20ul 1000ul
Mezcle y mida la absorbancia de la muestra ( $\Delta A_{\text{muestra}}$ ) y del patrón ( $\Delta A_{\text{STD}}$ ) contra el blanco reactivo en un lapso de 5 a 30 minutos.			

### Cálculo de las concentraciones de calcio

$$C = 8 \times (\Delta A_{\text{muestra}}) / (\Delta A_{\text{STD}}) \text{mg/dl}$$

$$C = 2 \times (\Delta A_{\text{muestra}}) / (\Delta A_{\text{STD}}) \text{mmol/L}$$

### Características de la ejecución

Linealidad

La prueba es lineal hasta una concentración de calcio de 15 mg/dl ó 3.75 mmol/l.

### Métodos de control de calidad

Standatrol S-E 2 niveles

### Valores de referencia

Suero: 8,5 – 10,5 mg/d ó 2.02 – 2.06 mmol/L

### Limitaciones del procedimiento

Ver sustancias inherentes conocidas MUESTRAS.

Contaminaciones: El material a utilizar debe estar rigurosamente limpio, libre de Ca de toda traza de anticoagulante. Para ello deberá lavarse con detergentes no iónicos o ácidos minerales diluidos, efectuando un enjuague final con agua destilada.

Las pipetas y tubos de fotocolorímetro se prepararán para uso exclusivo de esta determinación.



**Nota**

El suero se debe obtener de la manera usual. Y se debe tener cuidado de que no exista presencia de sustancias interferentes conocidas como anticoagulantes que acomplejan el Ca produciendo resultados erróneos.

La prueba no es afectada por concentraciones de proteínas hasta 15 g/L, fosfatos hasta 5 g/L, bilirrubina hasta 200mg/L, hemolisis intensa o lipemia hasta 15 g/L. las muestras se analizarán preferentemente frescas. Caso contrario se conservarán una semana en refrigerador (2-10°C) o más de 5 meses en el congelador, sin agregado de conservantes.

## **ANEXO 2.**

### **TÉCNICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE MAGNESIO SÉRICO**

#### **Método colorímetro directo para la determinación cuantitativa de magnesio en líquidos biológicos**

##### **Significación Clínica**

El magnesio es esencial en la preservación de estructuras macromoléculas de ADN, ARN, ribosomas y en la formación del hueso y el mantenimiento de la presión osmótica. La hipomagnesemia está muy asociada a la deficiencia de otros iones como el P, K y Ca.

El exceso de Mg puede darse por incorporación o administración excesiva de sales de Mg y en general se asocia a falla renal.

##### **Fundamento del método**

El magnesio, en medio alcalino, reacciona con el xylidylblue formando un complejo de color púrpura cuya intensidad es proporcional a la concentración de magnesio presente en la muestra. La incorporación del complejante EGTA al reactivo elimina la interferencia de los iones de calcio.

##### **Reactivos Provistos**

Listos para usar.

- Reactivo A: solución de xylidylblue 0.1 mg/ml y EGTA 0,04 mg/ml en buffer Tris 0.2 M, pH 11.3
- Standard: solución de magnesio 3 mg/dl.

##### **Reactivos No Provistos**

- calibrador A plus de Winerlab.

**Estabilidad e instrucciones de almacenamiento**

El reactivo de color y Stándard son estables a temperatura ambiente (<25") hasta la fecha de vencimiento indicada en la caja. Es importante cerrar perfectamente el frasco de Reactivo de color una vez utilizado.

**Muestra**

Suero o plasma sanguíneo. La obtención de la muestra es de la manera habitual. De usarse un anticoagulante sólo sería la heparina; debido a que de usarse otro anticoagulante se formarían complejos con el magnesio, provocando resultados erróneos. No se debe usar muestras hemolizadas debido a la gran concentración de Mg presente en los glóbulos rojos.

No interfieren: bilirrubina hasta 20 mg/100 ml, calcio hasta 15 mg/100 ml. Hemoglobina hasta 3.5 fl, ni lipemia ligera o moderada.

La muestra debe ser perfectamente fresca. Puede conservarse 2 semanas en refrigerador (2-8°C) o más de un mes congelada (-20 °C) sin agregado de conservadores.

**Material Requerido**

Espectrofotómetro.

Micropipetas y pipetas para medir los volúmenes indicados.

Cubetas espectrofométricas.

Reloj.

**Condiciones de reacción**

La longitud de onda en espectrofotómetro es de 510 nm.

Temperatura de reacción: temperatura ambiente (15-25°C).

Tiempo de reacción: 5 minutos.

Volumen final de reacción es de 1.01 ml.

**Procedimiento**

En tres tubos de fotocolorímetro marcados B (blanco), C (calibrador o Standard) y D (desconocido), colocar:			
	B	C	D
Muestra	-	-	10u
Calibrador o standard	-	10 ul	-
Agua destilada	10u	-	-
Reactivo de color	10u	1ml	1ml
Mezclar e incubar 5 minutos a temperatura ambiente (15 -25 °C). Leer el espectrofotómetro a 510 nm llevando el aparato a cero con el blanco.			

**Estabilidad de la mezcla de reacción final**

El color de la reacción final es estable por lo menos 1 hora, por lo que la absorbancia debe ser leída dentro de ese lapso.

**Cálculo de los resultados**

**Magnesio (Mg/dl) = D x f**

$$f = \frac{\text{Valor del Standard (mg/100 ml)*}}{C}$$

C= Concentración de Mg en el Calibrador o en el Standard.

**Conversión de unidades**

Mg (mg/dl): Mg (mmol/L) x 2'43Mg

Mg (mmol/L): (mg/dl) x 0'41

**Método de control de calidad**

Standatrol S-E 2 niveles.

### ANEXO 3.

## TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN DE POTASIO SÉRICO

### Prueba fotométrica turbidimétrica

Presentación del equipo

Cat.- No 10 118 100ml Equipo completo

### Método

Los iones de potasio en un medio alcalino libre de proteínas reaccionan con tetrafenilboronato de Na produciendo una suspensión turbia con finísima dispersión de tetrafenilboronato de K. La turbidez producida es proporcional a la concentración de K.

### Contenido

- PREC: 50 ml **Precipitante** (tapa blanca)  
Ácido tricloroacético 0,3 mol/l
- NAOH: 50 ml **Reactivo NaOH**(tapa roja)  
Hidróxido de sodio 2.0 mol/l
- STD: 5ml **Patrón**  
Potasio (K) 5.0 mmol/l
- TPB:50 ml **Reactivo TPB-Na**(tapa negra)  
Tetrafenilboronato de sodio 2.0mmol/l

### Preparación de reactivos

Mezclar el contenido de frasco **TPB** con el contenido del frasco **NaOH**. Para preparar cantidades más pequeñas del reactivo de trabajo, mezclar el reactivo de TPB del frasco y el reactivo **NaOH**. En una proporción de 1+1.

Se debe dejar reposar por 5-30 min antes de usarse.

El precipitante y el estándar de K están listos para ser usado.

### Estabilidad de reactivos

Los reactivos son estables hasta su fecha de caducidad cuando son almacenados de 2-25°C.

El reactivo de trabajo es estable 30 días de 15 a 25°C y 60 días de 2 a 8°C.

### Muestra

Suero y plasma litio-heparina.

### Ensayo

Longitud de onda: 578 nm, Hg 578 nm

Paso de luz: 1cm

Temperatura: 20 a 25 °C

Medición: Frente a un blanco de reactivo. Solo un blanco de reactivo/ serie.

### Esquema de pipeteo

Precipitación		
Pipetear en tubos de centrifuga		
	Macro	Semi-micro
Muestra	100 ul	50 ul
Precipitante	1000 ul	500 ul

Mezclar cuidadosamente, centrifugar a altas revoluciones por 5 a 10 min.

### Determinación

Pipetear en las cubetas:				
	Estándar	Muestra	Estándar	Muestra
Reactivo de trabajo	2000 ul	2000 ul	1000 ul	1000 ul
Standard	200 ul	-	100 ul	-
Sobrenadante	-	200 ul	-	100ul

Para producir una turbidez homogénea, el standard y el sobrenadante deben ser agregados centralmente a la superficie del reactivo de trabajo en la cubeta. Mezclar cada cubeta cuidadosamente antes de la siguiente muestra. Dejar reposar por 5 minutos.

Medir la absorbancia del estándar ( $\Delta A$  Standard) y de la muestra ( $\Delta A$  muestra) frente al blanco del reactivo dentro de los 5 y 30 minutos.

**Calcular la concentración del K**

$$C = 5 \times (\Delta A_{\text{muestra}} / \Delta A_{\text{STD}}) \text{mmol/L} \text{ ó } [\text{meq/L}]$$

**Linealidad**

La concentración es lineal hasta concentraciones de K de 10mmol/L muestras con más altas concentraciones deben ser diluidas 1+1 con solución salina fisiológica (NaCl 0.9 %). Multiplicar el resultado x 2.

**Valores normales**

Suero: 3.6 – 5.5 mmol/L

Plasma: 4.0 – 4.8 mmol/L

## **ANEXO 4.**

### **TÉCNICA PARA VALORAR EL FÓSFORO SÉRICO**

#### **Método UV para la determinación de fosforo inorgánico (Pi) en suero, plasma u orina**

##### **Significancia clínica**

El P se encuentra en el organismo formando partes de compuestos orgánicos (Proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos, etc.) o como fosfatos inorgánicos, cumpliendo diversas funciones (transporte de energía, estructura de los tejidos, mantenimiento del pH de los líquidos corporales). Es constituyente esencial de los tejidos óseo y muscular y participa en la composición del tejido nervioso. Su concentración en la circulación está regulada entre otros factores por los niveles de vitamina D y las glándulas endocrinas, observándose variaciones fisiológicas de acuerdo a la edad, ingesta, actividad física, embarazo, etc. Existen situaciones patológicas en las que se altera este equilibrio, produciéndose anomalías en la concentración de fósforo circulante. Niveles elevados de fósforo séricos son encontrados en el hipoparatiroidismo, mientras que el hiperparatiroidismo conduce a la situación contraria. También puede encontrarse hiperfosfatemia por hipervitaminosis D y diversos trastornos renales, mientras que la hipofosfatemia se relaciona con deficiencia de vitamina D y defectos en la reabsorción de fósforo a nivel renal.

##### **Fundamento del método**

El fosforo inorgánico reacciona en medio ácido con el molibdato para dar un complejo fosfomolibdico, que se mide espectrofotométricamente a 430 nm.

##### **Reactivos provistos**

- Reactivo **A**: Solución de molibdato de amonio 2mmol/L en ácido sulfúrico 1%.



- Standard: solución estabilizada de fosfatos que equivale a 4mg/dL de fósforo inorgánico.

### **Reactivos no provistos**

- Calibrador A plus de WinerLab.

### **Instrucciones para su uso**

Reactivos provistos: Listos para usar

### **Precauciones**

El reactivo A es corrosivo. Los reactivos son para uso diagnóstico "in vitro".

### **Estabilidad e instrucciones de almacenamiento**

Los reactivos provistos: son estables a temperatura ambiente hasta la fecha de vencimiento indicada en la caja.

### **Indicaciones de inestabilidad o deterioro de los reactivos**

Cuando el espectrofotómetro ha sido llevado a cero con agua destilada, la lectura de la absorbancia del reactivo A no debe ser superior a 0.500 D. O. En caso contrario desechar.

Valores del blanco superiores a 0.050 D. O. indican contaminación de los reactivos. En tal deben desecharse.

### **Muestra**

Suero plasma u orina. Recolección: se debe obtener suero o plasma de la manera usual. Plasma con EDTA o citrato, también puede realizarse la determinación en orina. En éste caso la muestra a utilizar ha sido suero.

Estabilidad e instrucciones de almacenamiento: El suero debe ser separado de los glóbulos rojos dentro de las dos horas de extraído y la determinación debe ser efectuada inmediatamente; de lo contrario debe ser refrigerada la

muestra para evitar aumento de fosforo inorgánico producido por hidrolisis enzimática de los esteres orgánicos lábiles.

### Material requerido (provisto)

- Espectrofotómetro o fotocolorimétrico.
- Micropipetas y pipetas para medir los volúmenes indicados.
- Cubetas espectrofotométricas.
- Tubos de ensayo y de fotocolorímetro.
- Reloj o timer.

### Condiciones de reacción

Longitud de onda: 340 nm (Hg 344 ó 366) en espectrofotómetro.

Temperatura de reacción: Temperatura ambiente.

Tiempo de reacción: 10 minutos.

Volumen de muestra: 10 ul

Volumen final de reacción: 1,01 ml

### Procedimiento

En tres tubos de fotocolorímetro marcados B (Blanco), S (Standard) y D (Desconocido).			
	B	S	D
Standard		10 ul	
Muestra			10 ul
Reactivo	1ml	1ml	
Incubar 10 minutos a temperatura ambiente. Luego leer en espectrofotómetro a 340 nm (Hg 334 ó 366nm), llevando al aparato a cero con el blanco.			

### Cálculo de los resultados

Suero o plasma

Fósforo inorgánico (Pi) (mg/dl) = D x f

$$\text{Donde } f = \frac{4\text{mg/dl}}{s}$$

**Método de control de calidad**

Standatrol S-E 2 niveles.

**Limitaciones del procedimiento**

Ver Sustancias interferentes conocidas en la MUESTRA.

Contaminación con fosfatos: todo el material de vidrio usado (incluso en la recolección de la muestra) debe estar libre de fosfatos.

**ANEXO 5.**

**Prueba de Z**

Comparación de los promedios de las concentraciones séricas de minerales de grupo y poblacional mediante la Prueba de Z en vacas no suplementadas.

Periodo	MINERALES (mmol/L)											
	Ca			Mg			K			P		
	X grupo	Prueba de Z	Significancia	X grupo	Prueba de Z	Significancia	X grupo	Prueba de Z	Significancia	X grupo	Prueba de Z	Significancia
Pre parto	1.9	-0.5	P>0.05	0.6	0.1	P>0.05	5.5	0.3	P>0.05	2.1	0.0	P>0.05
Post parto												
2	1.6	-15.3	P<0.05	0.6	0.6	P>0.05	4.3	-4-5	P<0.05	1.3	-2-6	P<0.05
15	2.2	-1-1	P>0.05	0.6	0.8	P>0.05	5.0	0.2	P>0.05	2.1	0.2	P>0.05
30	2.3	2.3	P<0.05	0.6	2.6	P<0.05	4.7	-2.0	P<0.05	2.2	0.5	P>0.05
45	2.0	-4.2	P<0.05	0.5	0.3	P<0.05	5.2	1.5	P<0.05	2.2	0.5	P>0.05
60	2.1	-3.8	P<0.05	0.5	0.0	P>0.05	5.5	3.1	P<0.05	2.1	0.2	P>0.05
<b>Valores de referencia poblacional</b>												
Promedio poblacional	Preparto	2.3		0.5			5.2			2.1		
	Post parto	2.2		0.5			5.0			2.1		

Comparación de los promedios de las concentraciones séricas de minerales de grupo y poblacional mediante la Prueba de Z en vacas con suplementación.

Periodo	MINERALES (mmol/L)											
	Ca			Mg			K			P		
	X grupo	Prueba de Z	Significancia	X grupo	Prueba de Z	Significancia	X grupo	Prueba de Z	Significancia	X grupo	Prueba de Z	Significancia
Pre parto	2.2	0.0	P>0.05	0.6	0.4	P>0.05	5.6	0.3	P>0.05	2.2	0.1	P>0.05
Post parto												
2	2.1	-0.5	P>0.05	0.6	0.1	P>0.05	4.5	-0.7	P<0.05	1.9	-0.1	P<0.05
15	2.3	0.3	P>0.05	0.6	0.1	P>0.05	5.8	0.7	P>0.05	2.1	0.0	P>0.05
30	2.3	1.1	P>0.05	0.6	0.5	P<0.05	4.7	0.4	P<0.05	2.2	0.3	P>0.05
45	2.1	-0.2	P>0.05	0.6	0.2	P<0.05	5.1	0.1	P<0.05	2.2	0.1	P>0.05
60	2.2	-0.1	P>0.05	0.5	0.0	P>0.05	4.4	-0.6	P<0.05	2.3	0.1	P>0.05
<b>Valores de referencia poblacional<sup>1</sup></b>												
Promedio poblacional	Preparto	2.3		0.5			5.2			2.1		
	Post parto	2.2		0.5			5.0			2.1		

## ANEXO 6.

	M	FUNDO	PRODUC	CC	Ca	Mg	k mmol/L.	P mmol/L.	
					mmol/L.	mmol/L.			
PRE PARTO	SUPLEMENT	1	kort	seca	3.5	2.1	0.64	6	2.2
		2	Tart	seca	3.25	2.7	0.6	5.8	2.4
		3	Kort	seca	3.5	1.1	0.6	4.5	1.8
		4	T.M.	seca	3.25	2.1	0.7	6.2	2.5
		5	S.R.	seca	3.5	2.4	0.6	5.1	1.9
		6	S.R.	seca	3.5	2.7	0.6	5.9	2.0
		7	T.M.	seca	3.25	2.6	0.6	5.3	2.3
	SIN SUPLEMENT	1	Arg	seca	3.25	1.8	0.5	5.4	2.0
		2	Huyra	seca	3.5	1.9	0.5	5.6	2.2
		3	Arg	seca	3.25	1.8	0.6	5.5	2.1
		4	L.V.	seca	3.0	2.0	0.5	5.3	2.1
		5	L.V.	seca	3.25	1.7	0.5	6.1	1.9
		6	L.V.	seca	3.25	1.7	0.5	5.2	2.0
		7	L.V	seca	3.5	1.9	0.8	5.3	1.8
2 DÍAS POST-PARTO	SUPLEMENT	1	T.M.	calostro	3.25	1.9	0.5	3.9	1.8
		2	TT	calostro	3.0	2.2	0.7	4.3	2.1
		3	kor	calostro	3.25	2.2	0.5	4.3	1.9
		4	kor	calostro	3.25	2.0	0.7	3.8	2.0
		5	kor	calostro	3.75	2.2	0.6	5.0	1.6
		6	S.Roq	calostro	3.5	1.7	0.6	5.2	2.1
		7	T.M.	calostro	3.5	2.3	0.4	5.1	1.8
	SIN SUPLEMENT	1	L.V.	calostro	23	1.7	0.6	4.7	1.3
		2	Huyra	calostro	2.75	1.6	0.7	3.9	1.2
		3	Arg	calostro	3.25	1.5	0.5	4.1	1.5
		4	Arg	calostro	3.25	1.6	0.7	4.0	1.4
		5	Arg	calostro	3.25	1.5	0.6	4.9	1.4
		6	La Vict	calostro	3.0	1.8	0.5	4.6	1.3
		7	La Vict	calostro	3.0	1.7	0.6	3.9	1.1

	M	FUNDO	PRODUC	CC	Ca mmol/L.	Mg mmol/L.	k mmol/L.	P mmol/L.	
15 DÍAS POST PARTO	SUPLEMENT	1	Tt	22	2.5	2.4	0.6	5.6	1.8
		2	S.R.	25	2.75	2.2	0.5	6.3	2.4
		3	T.M	22	2.75	2.5	0.6	5.5	2.1
		4	T.M	14	3.0	2.1	0.6	6.5	1.8
		5	T.M.	28	3.25	2.2	0.6	5.6	2.2
		6	Tt	27	3.25	2.3	0.6	5.6	2.2
		7	TT	22	3.0	2.2	0.6	5.4	2.3
	SIN SUPLEMENTO	1	Arg	24	2.5	2.1	0.6	5.5	1.9
		2	L.V.	23	2.75	2.3	0.4	5.1	1.9
		3	L.V.	22	2.75	2.3	0.5	5.5	2.2
		4	L.V.	19.5	2.5	2.0	0.6	6.4	2.0
		5	Arg	29	2.75	2.5	0.6	4.6	2.4
		6	Arg	16	2.75	2.4	0.7	4.6	2.2
		7	Huayra	15	2.75	1.5	0.6	3.5	2.1
30 DÍAS POST PARTO	SUPLEMENT	1	T.M	18	3.0	2.4	0.5	4.8	2.4
		2	Kort	26	2.25	2.5	0.5	4.6	2.0
		3	T.M.	23	2.75	2.6	0.5	4.7	2.0
		4	kor	28	2.75	1.9	0.5	4.7	2.2
		5	Kort	27	2.75	2.6	0.7	5.1	2.4
		6	T.M	20	3.0	2.3	0.6	4.0	2.3
		7	TT.	14	2.75	1.9	0.7	4.8	1.9
	SIN SUPLEMENTO	1	L.V.	18	2.75	2.5	0.7	4.5	2.3
		2	L.V.	23	2.75	2.2	0.4	4.1	1.9
		3	L.V.	19	2.5	2.5	0.6	4.7	2.3
		4	Arg	15	2.75	2.3	0.5	5.1	2.0
		5	Arg	19	2.75	2.2	0.7	4.8	2.4
		6	Arg	16	2.75	1.8	0.6	5.5	2.5
		7	Arg	20	2.75	2.5	0.8	4.1	2.0

	M	FUNDO	PRODUC	CC	Ca mmol/L.	Mg mmol/L.	k mmol/L.	P mmol/L.	
45 DÍAS POST PARTO	SUPLEMENT	1	T.M	24	2.75	2.5	0.6	5.3	2.2
		2	kortijo	21	2.75	1.5	0.6	6.2	1.9
		3	kortijo	27	2.5	2.2	0.4	4.0	2.4
		4	kortijo	15	2.5	1.9	0.6	5.3	2.5
		5	TT	20	2.5	2.0	0.5	6.9	2.3
		6	TT.	21	2.5	2.3	0.6	4.2	2.3
		7	TT.	2.5	2.5	2.6	0.7	3.8	2.1
	SIN SUPLEMENT	1	Arg	23	2.5	2.1	0.6	5.1	2.30
		2	Arg	21	2.25	1.6	0.3	5.3	2.10
		3	Huayra	19	2.25	2.1	0.5	5.5	2.20
		4	La vict	17	2.5	1.8	0.6	6.2	2.20
		5	La vict	19	2.5	2.3	0.7	4.7	2.10
		6	Arg	15	2.5	2.2	0.4	5.3	2.00
		7	Huayra	10	2.5	2.2	0.7	4.6	2.40
60 DÍAS POST PARTO	SUPLEMENTADAS	1	Tt	24	2.25	2.2	0.5	4.9	2.4
		2	T.M	20	2.25	2.1	0.4	3.6	1.9
		3	T.M	28	2.25	2.0	0.6	5.3	2.5
		4	T.M.	25	2.5	2.2	0.5	4.3	2.2
		5	Kor	22	2.5	2.4	0.6	4.2	2.4
		6	Kortij	28	2.5	2.4	0.5	5.4	2.3
		7	TT	21	2.5	2.0	0.7	3.0	2.1
SIN SUPLEMENT	1	Arg	19	2.25	1.7	0.4	5.5	2.0	
	2	Huayra	16	2.5	2.4	0.7	5.4	2.1	
	3	L.V.	18	2.5	2.0	0.6	5.5	1.9	
	4	L.V.	16	2.25	2.3	0.4	6.0	1.9	
	5	L.V.	15	2.5	1.9	0.7	5.2	2.4	
	6	L.V.	10	2.5	2.0	0.4	6.3	2.3	
	7	Arg	15	2.5	2.1	0.7	4.5	2.2	