

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**NIVELES SÉRICOS DE CALCIO, FÓSFORO Y
MAGNESIO EN VACAS BROWN SWISS SEGÚN
NÚMERO DE PARTOS Y NIVEL DE PRODUCCIÓN**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ALFREDO YANAPA SANGA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

PUNO – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

NIVELES SÉRICOS DE CALCIO, FÓSFORO Y MAGNESIO EN VACAS
BROWN SWISS SEGÚN NÚMERO DE PARTOS Y NIVEL DE PRODUCCIÓN

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ALFREDO YANAPA SANGA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

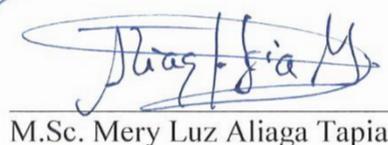
PRESIDENTE:


Dr. Máximo Melo Anccasi

PRIMER MIEMBRO:


Dr. Eliseo Pelagio Fernández Ruelas

SEGUNDO MIEMBRO:


M.Sc. Mery Luz Aliaga Tapia

DIRECTOR:


Dr. Pedro Ubaldo Cojía Añasco

Área : Fisiología Animal de Altura

Tema : Niveles séricos de calcio, fósforo y magnesio en vacas Brown Swiss

Fecha de sustentación: 30 de setiembre del 2,019

DEDICATORIA

A DIOS NUESTRO CREADOR

Quien siempre guía mis pasos,
mostrándome el camino para
el éxito y quien me acompaña
en todo lugar y en todo el
momento.

A MIS PADRES

Quienes me dieron la vida, a
mi Sr. padre Claudio quien
siempre está presente en mi
mente y corazón, a mi Sra
madre Francisca que siempre
está conmigo en las buenas y
en las malas... y, es la persona
más indispensable en mi vida.

A MIS HERMANOS

A mi hermano Henry, mi
segundo padre y pilar para mi
formación académica.

A mis hermanas Eliana, Edith
y Ruth por su apoyo moral.

A MIS TIOS Y FAMILIARES

A mi tía Dionisia y a mi tío
Adolfo, a quienes quiero como
a mis padres y a todos mis
familiares que siempre están
presentes en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco a todos los docentes y a la vez amigos de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, quienes me transmitieron mucho de su experiencia profesional para mi formación académica y que contribuye en mi desenvolvimiento laboral.
- Al Director y Asesor, por su colaboración y orientación necesaria para ejecución y sustentación de mi Tesis.
- A los trabajadores administrativos del Laboratorio de Bioquímica de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia por su apoyo incondicional.
- A mis compañeros de carpeta de la universidad quienes me brindan siempre su apoyo moral y profesional.
- Finalmente, a todos mis amigos quienes siempre están presentes en los momentos más difíciles de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE GRÁFICOS	7
INDICE DE ACRÓNIMOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.1.1. Objetivo general	12
1.1.2. Objetivos específicos.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA	13
2.1. Los minerales en el organismo animal	13
2.2. El Calcio (Ca).....	14
2.3. El fósforo (P).....	16
2.4. El Magnesio (Mg)	18
2.5. Relación Ca:P.....	20
2.6. Interrelación Ca, P y Mg	21
2.7. El Ca y P en la gestación, parto y lactancia	21
2.8. Estudios previos de Ca, P y Mg en vacunos lecheros	22
2.9. Perfil metabólico en la producción, importancia e interpretación.....	24
2.10. Metabolitos del perfil metabólico.....	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Ubicación	27
3.2. Material experimental.....	27
3.3. Métodos.....	30
3.4. Análisis estadístico	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1. Ca, P, Mg y relación Ca:P	36
4.2. Correlaciones entre Ca, P y Mg.....	45
4.3. Correlaciones para producción de leche y Ca, P, Mg	46
4.4. Correlaciones para condición corporal y Ca, P, Mg	47
V. CONCLUSIONES	49
VI. RECOMENDACIONES	50
VII. REFERENCIAS	51
ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de vacas Brown Swiss según número de partos	28
Tabla 2. Niveles séricos de Ca, P, Mg y Ca:P en mg/dL. Según número de lactaciones.	36
Tabla 3. Correlaciones de Pearson entre Ca, P y Mg.....	45
Tabla 4. Correlaciones de Pearson para producción de leche y Ca, P y Mg	46
Tabla 5. Correlaciones de Spearman para condición corporal y Ca, P y Mg	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ca sérico según número de partos

Gráfico 2. P sérico según número de partos

Gráfico 3. Mg sérico según número de partos

Gráfico 4. Ca:P según número de partos

INDICE DE ACRÓNIMOS

Ca = Calcio

P = Fósforo

Mg = Magnesio

Ca:P = Relación Ca P

mg/dL. = Miligramos por decilitro

mmol/L = Milimol por litro

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar los niveles séricos de Ca, P, Mg, la relación Ca:P y las correlaciones entre los tres minerales, entre el nivel de producción y la condición corporal, se analizaron los niveles séricos de 30 vacas en producción del distrito de Vilque, Puno a través de técnicas colorimétricas-espectrofotométricas en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano. Los datos fueron analizados en un diseño completamente al azar, para la correlación entre los tres minerales y entre el nivel de producción el Coeficiente de Pearson y para la condición corporal el Coeficiente de Spearman. Los resultados muestran una media general de 9.44 ± 0.90 , 5.40 ± 0.85 y 2.36 ± 0.35 mg/dL para Ca, P y Mg respectivamente ($p > 0.05$), mientras que para la relación Ca:P es de 1.80 ± 0.42 ($p > 0.05$). Las correlaciones entre los tres minerales son muy bajas y no significativas ($p > 0.05$). La correlación entre la producción de leche y el Ca es positiva ($r = 0.423$) y significativa ($p \leq 0.05$); mientras que P y Mg son muy bajas ($p > 0.05$). Finalmente, las correlaciones entre condición corporal y los tres minerales, son muy bajas y no significativas ($p > 0.05$). Se concluye, que los niveles séricos de Ca, P y Mg y la relación Ca:P no son afectados por el número de partos y hay una correlación positiva y significativa entre el nivel de producción con los niveles de calcio.

Palabras claves: Vacas, calcio, fósforo, magnesio, número de partos.

ABSTRACT

In order to evaluate the serum levels of Ca, P, Mg, the Ca: P ratio and the correlations between the three minerals, between the level of production and the body condition, the serum levels of 30 cows in district production were analyzed from Vilque, Puno through colorimetric-spectrophotometric techniques in the Laboratory of Biochemistry of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the National University of the Altiplano. The data were analyzed in a completely randomized design, for the correlation between the three minerals and between the level of production the Pearson Coefficient and for the body condition the Spearman Coefficient. The results show a general average of 9.44 ± 0.90 , 5.40 ± 0.85 and 2.36 ± 0.35 mg/dL for Ca, P and Mg respectively ($p > 0.05$), while for the Ca:P ratio it is 1.80 ± 0.42 ($p > 0.05$). The correlations between the three minerals are very low and not significant ($p > 0.05$). The correlation between milk production and Ca is positive ($r = 0.423$) and significant ($p \leq 0.05$); while P and Mg are very low ($p > 0.05$). Finally, the correlations between body condition and the three minerals are very low and not significant ($p > 0.05$). It is concluded that the serum levels of Ca, P and Mg and the Ca: P ratio are not affected by the number of births and there is a positive and significant correlation between the level of production with calcium levels.

Keywords: Cows, calcium, phosphorus, magnesium, number of births.

I. INTRODUCCIÓN

En la Región Puno, la producción de leche mantiene una tendencia creciente como producto de la selección, del mejoramiento genético y de la alimentación; pero como consecuencia de este aumento en la producción también hay un alza en la incidencia de enfermedades metabólicas, conocidos como enfermedades de la producción (Álvarez, 2008). Por ejemplo, con una elevada producción por lactancia la incidencia la hipocalcemia puede incrementarse hasta en un 50%, la fertilidad se ve disminuida y también aumentan los casos de distocia, retención de placenta, abortos, entre otros (Vargas, 2009).

En el ganado lechero, la determinación y el monitoreo del calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) en el suero sanguíneo son muy importantes a fin de evitar patologías por deficiencias de estos minerales, las cuales pueden causar importantes pérdidas económicas en los productores. Estos tres minerales, además de cumplir funciones estructurales en el organismo animal, desarrollan actividades dinámicas en el mantenimiento de la homeostasis y en la producción.

Un aspecto fundamental en la producción lechera como consecuencia de la exigencia metabólica a las vacas de alta producción son las enfermedades carenciales, exacerbado muchas de las veces por procesos nutricionales no correctamente balanceados. Frente a esto es muy importante cuidar de la salud, nutrición y manejo de las vacas lecheras; y, una de las formas de conocer el estado de salud de los animales es estableciendo los perfiles metabólicos, herramienta que permite diagnosticar a tiempo las enfermedades de la producción. Afortunadamente, los avances científicos y tecnológicos en el campo de la sanidad animal y, específicamente, en el diagnóstico de laboratorio, permiten realizar una serie de análisis bioquímicos con el fin de determinar el estado de salud del animal.

El propósito del presente estudio es contribuir con el establecimiento del perfil mineral del ganado lechero predominante (Brown Swiss) criado en el altiplano peruano en función a número de partos y el nivel de producción del animal.

En vacunos, existen pocos estudios en la región con referencia a estos tres macroelementos, tampoco está bien establecido el perfil mineral en función al número de lactaciones y a sus requerimientos productivos; y, como se sabe, en muchos casos, los problemas de deficiencia de uno o más minerales se presentan en forma subclínica, la cual no es fácilmente diagnosticada, conduciendo a importantes pérdidas económicas.

1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. Objetivo general

Evaluar los niveles de Ca, P, Mg, la proporción Ca:P y la correlación Ca, P, Mg en el suero sanguíneo de vacas de raza Brown Swiss en función al número de partos del animal y nivel de producción diaria de leche.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar los niveles séricos de Ca, P y Mg, así como la relación Ca:P en suero sanguíneo de vacas lecheras Brown Swiss según el número de partos.
- Determinar el grado de asociación existente entre el Ca, P y Mg en vacas lecheras
- Determinar la correlación existente entre el nivel de producción diaria de leche con los niveles de Ca, P y Mg en vacas lecheras.
- Determinar la correlación existente entre la condición corporal del animal con los niveles de Ca, P y Mg en vacas lecheras.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Los minerales en el organismo animal

Los minerales representan del 4,3 al 4,7% de la masa total de los animales superiores. Estos minerales se pueden encontrar como iones, en forma de sales no disociadas o en combinaciones con otros compuestos orgánicos, siendo las formas iónicas las de mayor importancia (Hernández, 1999).

Algunos de los minerales están en pequeñas cantidades (≤ 50 mg/kg de materia seca), son los elementos traza. Otros se encuentran en mayores proporciones, son los macroelementos y comprenden la mayor parte de las cenizas, entre ellos se encuentran el Ca, el P, el potasio, el sodio y el Mg. Entre los factores que afectan la concentración de minerales en los tejidos animales incluyen: la especie, el tipo de tejido, tipo músculo, el sexo, la edad, el tipo de crianza y la dieta (Mahgoub et al, 2012).

Las funciones de los minerales en el organismo animal son numerosas, algunos forman parte de la estructura de los tejidos (elementos plásticos) otros actúan como iones manteniendo el equilibrio iónico o electrolítico y otros en los procesos de biocatálisis actuando como cofactores enzimáticos. Además de estos aspectos, los minerales intervienen, prácticamente, en todas las funciones biológicas, (Hernández, 1999).

Los minerales son necesarios para transformar la proteína y la energía de los alimentos en componentes del organismo o en productos animales (leche, carne, crías, piel, lana, etc.). Además, mantienen al animal en buen estado de salud. Se considera que los minerales son el tercer grupo limitante en la nutrición animal, siendo a su vez, el que tiene mayor potencial y menor costo para incrementar la producción del ganado (Agudelo, 2008)

El Ca, P y Mg son elementos esenciales en muchos procesos biológicos, por lo que su homeostasis es esencial para la supervivencia (Albalate et al., 2017).

2.2. El Calcio (Ca)

a) Funciones del Ca

Es un constituyente importante de los tejidos de sostén que vienen formando la estructura de los dientes y del esqueleto, en los que se encuentra el 99% del Ca total del organismo, siendo estos la reserva o el acumulador del Ca y P; de tal manera que cuando la ingestión de alguno de ellos no es suficiente, el organismo los toma de esas reservas satisfaciendo momentáneamente los requerimientos (Mc Donald y Edward, 1999; De Luca, 2003).

El 99% del Ca se encuentra en los huesos, el 1% restante en los tejidos blandos y fluidos del organismo. El Ca iónico está involucrado en diversas funciones, tales como: contracción muscular, transmisión del impulso nervioso, la activación de las reacciones enzimáticas, el funcionamiento de las membranas celulares, coagulación de la sangre, en el metabolismo del glucógeno y otras (Anderson y Guttman, 1988).

El Ca es un factor importante de la regulación de la permeabilidad celular y para que la excitabilidad neuromuscular se mantenga normal (Kolb, 1979).

b) El Ca y su regulación

El Ca en el plasma sanguíneo de los mamíferos se encuentra en tres formas: aproximadamente el 50% se encuentra como iones libres, 45% se encuentra ligado a las proteínas del plasma y el 5% se encuentra quelado con citratos y fosfatos; es un electrolito que varía muy poco en las concentraciones séricas y en sangre total de los animales clínicamente sanos (Dukes, 2015).

El contenido normal de Ca en plasma sanguíneo de los mamíferos domésticos es de 9-11 mg/dL. Su regulación está a cargo de la parathormona y la calcitonina. Cuando esta concentración decae se libera parathormona y hay una movilización más intensa de

minerales del hueso, el cual actúa como almacén en el metabolismo del Ca y P (Kolb, 1979).

En la mayoría de los animales la concentración sanguínea del Ca es de 9.0 – 11.0 mg/dL (Bondi, 1988).

El nivel de Ca sanguíneo depende del tipo de alimentación y es un reflejo del equilibrio entre la absorción, retirada o deposición en el hueso y excreción vía orina o heces, además los valores de Ca en el organismo no son constantes y varían según edad (Church, 1974).

La concentración de Ca en suero y orina está regulada por la acción de factores tales como niveles de parathormona, vitamina D y P. Observándose fluctuaciones fisiológicas debido al sexo, edad, actividad física y cambios estacionales (Wiener, 2000).

En el organismo animal existe un complejo sistema regulador del metabolismo del Ca representado por la vitamina D y las hormonas calcitonina y paratohormona, las cuales intervienen destacadamente en todo el metabolismo del Ca (Cunningham, 2003).

El valor bioquímico del suero de los animales domésticos puede variar según los factores geográficos (altitudinal y latitudinal) y disponibilidad de alimentos (Fowler & Zinkl, 1989).

Una deficiencia de Ca sérico puede producir una hipocalcemia que se manifiesta con tetania y convulsiones. También presenta manifestaciones clínicas en el estado reproductivo, similares a la del P, a las que se suman involución retardada del útero durante el postparto y atraso en la función ovárica. Bajo estas condiciones se incrementa el peligro de caída de la vaca (hipocalcemia) (Bouda et al., 2009).

2.3. El fósforo (P)

a) Funciones del P

El P es el segundo mineral más abundante del organismo y tiene más funciones conocidas en el organismo que cualquier otro elemento. Su mayor concentración se encuentra en los huesos, donde se localiza el 85% del P del organismo. Además, tiene también una función especial en el crecimiento celular y juega un papel clave en muchas otras funciones metabólicas (Hernández, 1999).

El P se encuentra en las fosfoproteínas, en los ácidos nucleicos y en los fosfolípidos. Este elemento juega un rol importante en el metabolismo de los carbohidratos al formar los hexafosfatos y los adenosin di y trifosfatos. Funciona en el metabolismo energético como componente de sustancias ricas en energía como el ADP, ATP y fosfocreatina. Las reacciones metabólicas de los carbohidratos, proteínas y lípidos se realizan a través de compuestos intermediarios fosforilados. El P forma parte de los fosfolípidos, que son importantes en el transporte de lípidos y su metabolismo, y como componente de las membranas celulares. El P forma parte del RNA Y DNA, componentes celulares vitales esenciales para la síntesis proteica (Mc Donald y Edward, 1999; Bondi, 1988).

Dentro de la célula el P regula numerosos procesos enzimáticos y es un componente esencial de los ácidos nucleicos y las membranas. El 85% está en el hueso (en forma de hidroxiapatita) y menos del 1% circula en una proporción de 4:1 de HPO_4^{2-} y H_2PO_4^- a un pH de 7,4. Esta mezcla de aniones es lo que se conoce como fosfato sérico (Pi) (Albalate et al., 2017).

El P está ampliamente distribuido en los tejidos animales. El contenido en P de las cenizas óseas está en el orden de 16-17%, aproximadamente el 4-4.5% del tejido óseo fresco y se encuentra una relación casi constante Ca:P de 2:1. La cantidad de P en los

huesos de los animales jóvenes puede ser menor que la de los adultos, ya que sus huesos no están completamente mineralizados (Dukes, 2015).

La baja ingestión de P se ha asociado con una disminución de la fertilidad. La aparente disfunción de los ovarios causa inhibición, depresión o irregularidad en la aparición de celo. Existen muchos casos en el mundo de que una suplementación con P aumento la fertilidad del ganado vacuno en pastoreo (Mc Donald y Edward, 1999; Bondi, 1988).

b) El P plasmático y su regulación

El P en el suero sanguíneo de los animales domésticos oscila entre 2 y 8 mg/dL. Su deficiencia tiende a desarrollar raquitismo debido a una falta de fijación de fosfato tricálcico en los huesos (Dukes, 2015).

El valor de P sérico en los animales domésticos es de 4 mg/dL a 9 mg/dL y gran parte del fosfato del plasma esta ionizado, pero una pequeña cantidad se encuentra formando complejos con proteínas, lípidos y carbohidratos (Bondi, 1998).

El nivel plasmático de fosfato inorgánico y su concentración, no está tan estrechamente regulado como la del Ca. El efecto de la PTH es aumentar el Ca y reducir el fosfato sérico, mientras que la vitamina D es elevar el Ca y los fosfatos (Flórez, 2005).

En humanos, por ejemplo, la concentración normal el P sérico (Pi) es de 3 a 4,5 mg/dL. No obstante, estos valores se modifican en función a una serie de parámetros: edad (es más alto en niños que en adultos), momento del día (más baja al mediodía), estación del año, dieta, hormonas y otras condiciones físicas, como el pH (Albalate et al., 2017).

Las deficiencias de P en el animal conducen a una menor tasa de crecimiento, ineficiente utilización del alimento, pica, baja producción de leche, alteración de los ciclos estruales, mayor susceptibilidad al meteorismo, menor consumo y menor

conversión alimenticia. Y en casos graves, a osteomalacia, osteoporosis, raquitismo y rigidez articular (Bouda et al., 2009)

2.4. El Magnesio (Mg)

a) Funciones del Mg

El Mg está íntimamente relacionado con el metabolismo de Ca y P. Cerca del 70% total orgánico forma parte del esqueleto, el resto se encuentra distribuido en forma muy similar al P. Tiene una destacada participación en la mayoría de las enzimas de fosforilación, principalmente en la hexoquinasa y la fructoquinasa; participa en la contracción muscular donde inhibe la acción del ATP de la miosina, al contrario del Ca que la estimula; asimismo participa en la transmisión del impulso nervioso, fundamentalmente como modulador de este sistema (Álvarez, 2001).

El Mg es el segundo catión intracelular más abundante tras el potasio. Está implicado en la mayoría de procesos metabólicos, tales como: función mitocondrial, procesos inflamatorios e inmunológicos y actividad neuronal, neuromuscular y vasomotora; formando parte del DNA y la síntesis proteica (Albalate et al., 2017).

El 60% del Mg del organismo se encuentra en los huesos y el resto está repartido entre músculos y otros tejidos blandos. El Mg cumple un rol muy importante en la fisiología animal, participa en el metabolismo energético a través de la activación del ATP, en la transferencia de fosfatos de alta energía y es el ion activador de muchas enzimas involucradas en el metabolismo de lípidos, carbohidratos y proteínas, el Mg es un mediador en mecanismos de conducción y transporte a través de las membranas. Es esencial en la preservación de estructuras macro moleculares del DNA, RNA, ribosomas, en la formación del hueso y mantenimiento de la presión osmótica; la hipomagnesemia está muy asociada a la deficiencia de otros iones como el P, K, Ca (Wiener, 2000).

b) El Mg plasmático y su regulación

En los animales, la concentración promedio del Mg en la sangre es de 2-3 mg/dL, parte del cual se encuentra en forma iónica y el resto unido a proteínas (Moe, 2005).

El nivel de Mg en el plasma sanguíneo de los animales es de 1.8-3.2 mg/dL. Con valores inferiores a 1.0 mg/dL se observan síntomas clínicos de enfermedad como tetania, calambres violentos en distintos grupos de músculos (Kolb, 1979).

Este mineral no cuenta con mecanismo de control efectivo que regule sus concentraciones sanguíneas y mantenga eficientemente los valores constantes. No obstante, se conoce que el contenido de Mg en el plasma sanguíneo, se encuentra, en parte ligado a las proteínas al igual que el Ca. La competencia por los mismos receptores proteicos ocasiona que disminuya los niveles de proteínato magnésico y aumente el Ca iónico cuando los niveles de Ca aumentan. La excreción renal y urinaria juega también un papel importante en la regulación de la magnesemia (Álvarez, 2001).

El Mg es un mineral sin depósito y cuyo nivel plasmático depende fundamentalmente de la ingesta diaria y que no está regulado por el sistema humoral (Kaneko et al., 2008).

En el ganado vacuno el contenido normal de Mg en la sangre oscila entre 1.7 y 4.0 mg/dL de suero, aunque a menudo se registran niveles inferiores a 1.7 (Mc Donald y Edward, 1999).

En humanos, la concentración normal de Mg en plasma es de 1,8 a 2,4 mg/dL. El 30% está unido a proteínas y el 70% es difusible (Albalate et al., 2017).

La deficiencia de Mg conduce a anorexia, pérdida de peso y tetania hipomagnesémica en casos graves (Bouda et al., 2009)

2.5. Relación Ca:P

El Ca y el P son esenciales para la función y estructura de los tejidos; su fisiología y metabolismo están modulados e interrelacionados por otros nutrientes, por hormonas y por la vitamina D. Como el Ca y P representan el principal componente mineral del hueso, ambos deben estar disponibles simultáneamente y en cantidades suficientes, para que la mineralización ósea sea adecuada, la carencia de uno de ellos, de ambos o de la vitamina D da lugar a complicaciones, especialmente osteopenia, raquitismo y fracturas (Carbona et al, 1994).

El Ca y el P en el organismo interactúan en numerosos procesos del organismo y existe una estrecha coordinación en la regulación de ambos minerales. Cuando la coordinación de su regulación se ve alterada, hay consecuencias importantes para la salud. Por ejemplo, la falta de regulación de los niveles de P ocasiona un peligroso depósito de Ca en tejidos blandos, que puede elevar el riesgo de mortalidad (Kalantar-Zadeh et al, 2010).

Debido a la estrecha interdependencia del metabolismo del Ca y del P en los mamíferos, se considera como óptima una proporción de Ca:P de 1,5:1, se puede considerar variaciones de 2:1 (Kolb, 1979).

La relación del Ca:P debe encontrarse en relación casi constante 2:1. La cantidad de P en los huesos de los animales jóvenes puede ser menor que la de los adultos, ya que no están completamente mineralizados (Dukes, 2015).

La relación Ca:P se mantienen a nivel constante por la acción reguladora de tres hormonas: hormona paratiroidea (PTH), calcitonina y el metabolito activo de la vitamina D3. Los rumiantes en crecimiento pueden tolerar un amplio intervalo en la relación Ca y P, incluso de 7:1. El exceso de Ca en la relación reduce la absorción y utilización de los minerales, especialmente el P y los minerales traza (Bondi, 1988).

2.6. Interrelación Ca, P y Mg

La interrelación entre el sistema hormonal y los niveles séricos de Ca, P y Mg son tan estrechas que, con frecuencia, la interpretación de los cambios debe ser realizada en conjunto para que tenga sentido fisiopatológico. Aunque la regulación de la cinética del Mg no está tan clara como en el caso del Ca y el P, circunstancias que aumentan los niveles de Ca y P promoverían una pérdida renal de Mg. El Mg se ha involucrado en el mecanismo de sensor del Ca de la PTH y, a través de la misma, participaría de la regulación del Ca, siendo la hipermagnesemia una de las causas de hipocalcemia (Rodríguez et al., 2004).

Los cambios de estacionalidad producen fluctuaciones muy marcadas en la cantidad y calidad los pastizales y cultivos forrajeros, base de la alimentación del animal herbívoro. Estos cambios estacionales en el suministro de los alimentos en muchos casos están bien definidos para cada región. En la mayoría de los casos el animal deriva sus minerales a partir de su concentración en el forraje que consumen, por lo que es importante conocer los factores que determinan la concentración de estos elementos en las plantas. La concentración de los minerales en las plantas es afectada por varios factores tales como: género, especie o variedad, tipo de suelo y fertilizantes, estado de madurez. Con respecto a este último factor, el P y potasio declinan a medida que avanza la madurez. Durante la época de sequía hay un menor contenido de proteína cruda, P, cobre manganeso y Ca. Esta variación es mayor para el Ca y Mg, seguido por el P, cobalto, molibdeno y cobre (San Martín, 1999).

2.7. El Ca y P en la gestación, parto y lactancia

La gestación, parto y lactancia son considerados estados en los que el organismo está bajo un estrés metabólico y asociado a esto se han comunicado algunos cambios bioquímicos y hematológicos en distintas especies y razas de animales (Azab et al., 1999).

La gestación y lactancia son dos periodos de mayor demanda nutricional en la vida de la hembra, ya que tienen que cubrir las necesidades nutricionales de la madre, del feto en crecimiento y de la cría en los primeros meses de vida. Durante la gestación se producen una serie de cambios hormonales que dirigen los nutrientes hacia la placenta para favorecer su transferencia al feto y promover su crecimiento. En la sangre se produce hemodilución afectando su composición, disminuyendo la concentración proteínas, hemoglobina y otros (Díaz, 2013).

Durante la gestación y la lactancia en la madre se produce una combinación de adaptaciones metabólicas cuyo resultado final es asegurar el adecuado desarrollo mineral del feto y la protección necesaria al esqueleto materno. Durante estas dos situaciones fisiológicas, los requerimientos de Ca se incrementan (Glerean y Plantalech, 2000).

2.8. Estudios previos de Ca, P y Mg en vacunos lecheros

Se determinaron las concentraciones séricas de Ca, P y Mg de bovinos en dos épocas del año en el municipio de Montería (seca y lluviosa), Colombia, se tomaron muestras 80 bovinos de tres edades y mantenidos en pastoreo de cuatro zonas ganaderas. La técnica utilizada fue por espectrofotometría de absorción atómica. Los resultados se analizaron en un diseño factorial 2x3x4 (época, edad y zona). Los resultados muestran que los niveles de Ca y Mg son mayores en época seca que lluviosa ($P \leq 0,05$) pero es igual en el P ($P > 0,05$). Asimismo, se determinó que los niveles de P son iguales en las cuatro zonas estudiadas ($P > 0,05$) pero los niveles de Ca y Mg sí difieren ($P \leq 0,05$). No se encontró diferencias entre las tres edades estudiadas en los tres minerales ($P > 0,05$). Los promedios generales de Ca, P y Mg fueron de 2,28, 2,37 y 0,96 mmol/L, respectivamente (Betancur et al., 2012).

En 120 vacas en producción Holstein mestizo de Cuenca-Ecuador, se determinaron los niveles de Ca, P y Mg según nivel de producción (alta, >12 ; media, de

7-11; y baja, <6 L/día). Los rangos obtenidos fueron de Ca (en mg/dL) fueron 5,74-6,99 para alta producción, 8,07-8,31 para producción media y 6,19-7,53 para producción baja ($P \leq 0,05$). No se encontró diferencias estadísticas en los tres niveles de producción para P y Mg, siendo el rango de 5,46-6,33 mg/dL y 1,91-2,09 mg/dL, respectivamente (Barros y Sinchi, 2012).

Se determinaron las concentraciones de Ca, P y Mg por colorimetría en 30 vacas lecheras de seis rebaños de Manizales, Colombia, desde la cuarta semana preparto hasta la octava semana postparto. El promedio de Ca fue de 2,40 mmol/L, no existiendo diferencias según la cantidad de leche producida, pero sí según la semana productiva. La media de P fue de 2,27 y 1,91 mmol/L para vacas de baja y alta producción, respectivamente ($P \leq 0,05$). Y el nivel de Mg fue 0,83 mmol/L, no se observaron diferencias entre grupos ($P > 0,05$) (Ceballos et al., 2004).

Se determinaron los niveles séricos de Ca, P y Mg en 150 vacas adultas productoras de leche de la hoya de Loja, Ecuador. El promedio de Ca fue de 9.81 mg/dL, de P de 6.2 mg/dL y de Mg de 2.55 mg/dL, resultados que se encuentran dentro del rango de los parámetros normales (Loján, 2011).

Se extrajeron muestras de sangre mensuales 30 días antes del parto hasta 90 días después de 49 vacas de raza Rubia Gallega a fin de establecer diferentes parámetros bioquímicos para la raza, entre ellos, Ca, P y Mg. Los resultados indicaron que todos los metabolitos se encontraron dentro de los rangos referidos en la bibliografía para el ganado vacuno. Además, se comprobó que existe efecto del parto en todos los metabolitos, excepto en el Ca. La estación del año afecta los niveles de P. Finalmente, el número de partos influyó significativamente en los valores séricos de los tres elementos, siendo más elevados en novillas que en multíparas (Quintela et al., 2011).

Se evaluaron la concentración de Ca, P y Mg en sangre de vacas lecheras en el periodo seco, postparto y pico de la producción en dos regiones de altura en Mariño, Colombia. Se utilizaron 351 vacas Holstein de ganaderías ubicadas entre 2600 y 3200 msnm. Los animales se dividieron en tres grupos de acuerdo a su estado productivo. Los resultados indican que a diferencia de los resultados encontrados para Ca (2,3 mmol/L), no se encontraron diferencias para P (1,81 mmol/L) y Mg (1,03 mmol/L) según a región, estado productivo o número de partos de la vaca ($P>0,05$) (Cedeño et al., 2011).

2.9. Perfil metabólico en la producción, importancia e interpretación

El perfil metabólico es un conjunto de determinaciones de laboratorio que permiten la caracterización de un individuo o grupo de ellos y tiene por objeto aportar una ayuda clínica para estudiar la naturaleza de los trastornos metabólicos (Vargas, 2009; Cevallos et al., 2002). También ayuda a valorar el estatus nutricional y refleja la dinámica metabólica del animal (Campos et al., 2007).

Es un examen paraclínico empleado en el diagnóstico de las enfermedades de la producción, mediante el cual se determina, en grupos representativos de animales, la concentración de varios constituyentes orgánicos, indicadores del balance de algunas vías metabólicas y se comparan sus resultados con los valores de referencia de la población (Álvarez, 2008).

Los perfiles metabólicos se empezaron a desarrollar desde hace aproximadamente 30 años en Inglaterra. Donde un análisis de sangre (mediciones hematoquímicas), le permite al Médico Veterinario obtener la información relacionada con la nutrición y salud y determinar la presencia de uno o más factores de riesgo que puedan incidir en el desempeño productivo del rebaño (Cevallos et al, 2002).

En ganado de leche se puede hacer los perfiles metabólicos los diferentes estadios reproductivos o productivos del animal (gestación, lactancia, antes del parto, después del

parto, etc.) o cuando una combinación de factores nutricionales y metabólicos contribuye a menudo al desarrollo de trastornos (Bradford, 2010).

Las enfermedades de la producción son provocadas por un desequilibrio entre el ingreso de elementos al organismo (ingestión), su biotransformación (metabolismo), y los egresos (orina, leche). Los perfiles metabólicos tienen como objetivo proporcionar tempranamente la interpretación de un estudio de un grupo de vacas sobre sus dietas, en términos de energía, proteína, minerales y elementos de traza (Oblitas, 2008).

La interpretación de los perfiles metabólicos es uno de los aspectos más difíciles e importantes. Es el médico veterinario quien debe juzgar la trascendencia que puede tener las alteraciones detectadas, en relación a los problemas específicos y de manejo del predio. Sin embargo, se debe tener presente que los resultados de estos perfiles no tienen valor en forma aislada; es decir, para el correcto diagnóstico del estado nutricional de un rebaño, deben confrontarse, con los datos provenientes del análisis de los animales, su comportamiento productivo y el manejo al cual han sido sometidos (Viamonte y Fajardo, 2010).

Las variaciones en los analitos de los bovinos se han atribuido a distintos estados fisiológicos, sexo, edad, época del año, lactación, gestación, raza, el nivel de producción y la alimentación. (Vargas, 2009).

El número de animales que se acepta para los perfiles metabólicos dentro de cada grupo es pequeño. En general, se recomienda un mínimo de siete animales ya que una con una cantidad menor los promedios y desvíos tiende a caer fuera de los límites estándares y a influenciar sensiblemente la significación estadística (Hincapie, 2012).

2.10. Metabolitos del perfil metabólico

En la realización de un perfil metabólico se determinan los diferentes metabolitos sanguíneos relacionados con el estado funcional de las vías metabólicas

(biotransformación) las que están determinadas por el consumo de nutrientes al seguir diferentes vías después de su ingestión en el organismo, los estados de estas vías pueden verse afectados por los desbalances en el ingreso, transformación o egreso de los ingredientes de la ración consumida por los animales (Hincapie, 2012).

Se conoce dos grandes grupos de indicadores metabólicos: los convencionales y los no convencionales (Alvarez, 2008).

Metabolitos convencionales: Son las constantes hematoquímicas comúnmente establecidas, tales como: volumen globular aglomerado, hemoglobina, glucosa, urea, proteínas totales, albuminas, globulinas, Ca, P inorgánico, Mg, potasio y sodio. Estas variables son las principales representantes de las vías metabólicas más importantes involucradas con la producción. Sus concentraciones sanguíneas en la mayoría de los casos, están regulados por el balance entre aporte de la dieta y sus productos o vías de eliminación (Hincapie, 2012).

Metabolitos no convencionales: Son los indicadores hematoquímicos incluidos por el médico veterinario de acuerdo con la problemática que se sospecha. Así entre otras variables, están los oligoelementos como cobre y zinc, PBI (proteína ligada al yodo) y tiroxina; algunos indicadores del fundamento hepático, como las transaminasas y la bilirrubina, el colesterol, la glutatión peroxidasa y los cuerpos cetónicos (Alvarez, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El trabajo se realizó en cinco establos lecheros de la Comunidad Campesina de Vizcachani, ubicado en la jurisdicción del distrito de Vilque, provincia de Puno, departamento de Puno, localizado entre las coordenadas 15° 45' 50'' de Latitud Sur, 70° 15' 30'' de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, una temperatura promedio de 8.4 °C y una precipitación pluvial anual de 636.1 mm, a una altitud de 3950 metros (SENAMHI, 2013).

Las determinaciones de calcio, fósforo y magnesio se realizaron en el Laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, Perú.

3.2. Material experimental

3.2.1. Animales

Se utilizaron 45 vacas Brown Swiss puros por cruce (PPC) que se encontraban entre el segundo y quinto mes de producción (pico de producción de leche); de las cuales se seleccionaron 10 al primer parto (de 2 a 3 años de edad), 10 al segundo parto (de 3 a 4 años) y 10 a tercer parto a más (mayores de 4 años). Se excluyeron las vacas con problemas reproductivos y enfermedades en la glándula mamarias (mastitis, mamitis, viruela entre otras).

Tomando en consideración, el último Censo Agropecuario, el número de animales en ordeño en el distrito de Vilque para el año 2010 es de 450 vacas (DIA-DRAP-MINAGRI, 2010), el tamaño de muestra se determinó mediante la fórmula de tamaño muestral de población conocida:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población total (450 vacas en producción)

Z = Nivel de confianza (95%) (Z=1.96)

p = Proporción esperada (p=0.05)

q = Proporción no esperada (q=0.95)

d = Precisión (8%)

Entonces:

n = 25,7 ~ 30 vacas.

La distribución del tamaño muestral del estudio se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Distribución de vacas Brown Swiss según número de partos

Número de partos			Total
Primer parto	Segundo parto	Tercer parto	
10	10	10	30

3.2.2. Alimentación y Sistema de crianza

La alimentación de las vacas en producción seleccionadas está dada a base de pasturas naturales en las horas de la mañana, alfalfa forrajera en las horas de la tarde en forma rotativa controladas con el uso de cercos eléctricos, complementadas con heno de avena en el momento del ordeño y ensilado de avena forrajera en una cantidad aproximada de 4 Kg/vaca, con acceso a agua por tres veces consecutivos en la mañana, medio día y en la tarde. Las vacas no reciben alimento balanceado comercial.

Las vacas seleccionadas fueron criadas en un sistema semi-extensivo en un pastoreo rotativo, los pastos cultivados tienen acceso a riego por gravedad en lo cual los animales tienen acceso a dormideros (cobertizos de adobe) en las horas de la noche y son ordeñadas 2 veces por día en forma manual.

3.2.3. Establecimiento de la producción diaria de leche

Para obtener el promedio de producción de leche de cada vaca en estudio se recurrió a los registros de producción individual de los últimos 30 días.

3.2.4. Materiales y equipos

De muestreo

- Tubos y agujas Vacutainer de 10 mL
- Caja tecknoport con hielo
- Alcohol yodado
- Algodón
- Cinta masking
- Registros de producción

De laboratorio

- Congeladora REVCO
- Centrífuga INTERNATIONAL
- Espectrofotómetro UV Genesis20
- Baño María PRECISION
- Pipetas y micropipetas
- Material de vidrio diverso
- Gradillas
- Cronómetro

Reactivos

- Kits para determinación de Ca, P y Mg (Wiener Lab ®, Buenos Aires, Argentina)

3.3. Métodos

3.3.1. Selección de animales

Los animales se eligieron tomando en consideración los criterios de inclusión y exclusión. Los animales se encontraron bajo las mismas condiciones ambientales, de alimentación y de manejo. A los animales seleccionados se les realizó un examen clínico a fin de excluir animales con signos de enfermedad, en tratamiento médico y animales muy seniles; de este modo, los animales para el estudio estuvieron en aparente buen estado de salud.

3.3.2. Muestreo de sangre, suero y conservación

Las muestras de sangre se obtuvieron entre los meses de noviembre y diciembre del año 2018. Las muestras de sangre se obtuvieron a tempranas horas de la mañana mediante punción de la vena yugular utilizando agujas y tubos vacutainer rotulados y sin anticoagulante. Se obtuvo un volumen aproximado de 5 mL los que fueron colocados en caja tecknoport con hielo para su conservación y transporte hasta el laboratorio del centro de producción.

En el laboratorio las muestras fueron centrifugadas a 3000 rpm por 15 minutos, para luego decantarlos en viales de plástico de 2 mL con su rótulo respectivo. Los viales fueron congelados a (-20°C) hasta el momento de su procesamiento bioquímico.

3.3.3. Determinación de minerales

Las determinaciones de Ca, P y Mg se realizaron mediante técnicas colorimétricas- espectrofotométricas utilizando kits de Wiener lab ®.

Determinación del Ca

Fundamento.- El Ca reacciona con la cresoltalein complexona (cfx) a pH 11, para formar un color púrpura que se mide fotocolorimétricamente a 575 nm de longitud de onda. La intensidad del color púrpura es proporcional a la concentración de Ca en la muestra (Wiener, 2000).

Reactivos

- Reactivo Cfx: solución de cresoltalein complexona 3.7 mmol/L.
- Buffer: solución de aminometil propanol (AMP) 0.2 mol/L. En metanol 35% v/v para pH final 11.
- Standard: solución de Ca 10 mg/dL.

Procedimiento

- En dos tubos marcados con S (Standard) y M (Muestra) se colocó en cada una 25 µL de reactivo cfk y buffer 1.7 mL.
- Se mezcló inmediatamente y se realizó la lectura de la absorbancia de ambos tubos en el espectrofotómetro a 570 nm de longitud de onda, llevado a cero el espectrofotómetro con agua destilada.
- Luego se agrega al tubo S, 10 µL de la solución estándar y al tubo M 10 µL de muestra (solución ácida) mezclándolos inmediatamente.
- Después de 10 minutos se realiza una segunda lectura a 570 nm.

Cálculo de resultados:

Para el cálculo de resultados se aplicó la siguiente fórmula:

$$[\text{Calcio}] = Fc \times A_m$$

Donde:

F_c = Factor de Calibración

$$F_c = \frac{[\text{Estándar}]}{A_s} = \frac{10 \text{ mg/dL}}{0.392} = 25.51 \text{ mg/dL}$$

A_m = Absorbancia de la muestra.

Expresión de resultados

Los resultados se expresan en miligramos de Ca por 100 mL de plasma (mg/dL).

Determinación del P

Fundamento.- El P inorgánico reacciona en medio ácido con el molibdato para dar un complejo fosfomolibdico que se mide espectrofotométricamente a 340 nm de longitud de onda (Wiener, 2000).

Reactivos

- Reactivo de trabajo: solución de molibdato de amonio 2 mmol/L en ácido sulfúrico al 1%.
- Standard: solución estabilizada de fosfatos equivalentes a 4 mg/dL de P inorgánico.

Procedimiento

- Se dispusieron 3 tubos marcados con B (blanco), S (estándar), y M (muestra).
- Al tubo S se agregó 10 μ L de la solución estándar y al tubo M 10 μ L de muestra (solución ácida),
- Luego se agregaron a los 3 tubos 1 mL del reactivo de trabajo.
- Se mezclaron e incubaron 10 minutos a temperatura ambiente.
- Finalmente se realizó la lectura en espectrofotómetro UV a 340 nm de longitud de onda, calibrando previamente del espectrofotómetro con agua destilada.

Cálculo de resultados

El cálculo de P inorgánico se realizó a través de la siguiente fórmula:

$$[Fósforo] = Fc \times A_m$$

Donde:

Fc = Factor de Calibración

$$F_c = \frac{[Estándar]}{A_s} = \frac{4 \text{ mg/dL}}{0.206} = 19.42 \text{ mg/dL}$$

A_m = Absorbancia de la muestra.

Expresión de resultados

Los resultados se expresan en miligramos de P inorgánico por 100 mL de plasma (mg/dL).

Determinación del Mg

Fundamento.- El Mg forma un complejo coloreado, al reaccionar con la calmagita en solución alcalina. El EGTA, elimina la interferencia del Ca. El complejo coloreado es medido a 520 nm de longitud de onda (Wiener, 2000).

Reactivos

- 2 Methyl - 2 Amino – 1 – propanol 10 ml/L.
- EGTA 210 μmol/L
- Calmagita 170 μmol/L
- Standard: Mg 2 mg/dL ó 0.82 mmol/L

Procedimiento

- Se dispusieron 3 tubos marcados con B (blanco), S (estándar), y M (muestra).
- Al tubo S se agregó 10 μL de la solución estándar y al tubo M 10 μL de muestra (solución ácida),
- Luego se agregaron a los 3 tubos 1 mL del reactivo de trabajo.

- Se incubó 5 minutos a temperatura ambiente para luego realizar la lectura a 520 nm. de longitud de onda en el espectrofotómetro.

Cálculo de resultados:

El cálculo de Mg se hizo a través de la siguiente fórmula:

$$[Magnesio] = Fc \times A_m$$

Donde:

Fc = Factor de Calibración

$$Fc = \frac{[Estándar]}{A_s} = \frac{3 \text{ mg/dL}}{0.055} = 54.54 \text{ mg/dL}$$

A_m = Absorbancia de la muestra.

[estándar] = Concentración del estándar (4 mg/dL)

Expresión de resultados:

Los resultados se expresan en miligramos de Mg por 100 mL de plasma (mg/dL).

Determinación de la relación Ca:P

La proporción Ca:P se determinó dividiendo la cantidad de Ca entre los niveles de P obtenidos.

3.4. Análisis estadístico

Para la interpretación de resultados se determinó el promedio, la desviación estándar y valores extremos. Los valores obtenidos para las variables niveles séricos de Ca, P, Mg y Ca:P en suero de vacas fueron analizados en un diseño completamente al azar (DCA), donde los tratamientos son el número de partos (primer parto, segundo parto y tercer parto) cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ii} : Niveles séricos de Ca, P, Mg y la Ca:P obtenidos en el i-ésimo numero de parto en la j-ésima vaca.

μ : Medio general de la variable en estudio

α_i : Efecto del i-ésimo número de partos (i=1, 2 y 3)

ε_{ij} : Efecto del error experimental en el i-ésimo numero de parto, j-ésima vaca (j=1, 2, ..., 10)

Para la comparación de medias se utilizó la prueba de significancia de Tukey con un nivel de significancia del 0.05.

Para determinar el grado de relación entre los niveles séricos de los Ca, P y Mg, el grado de relación de producción lechera y niveles séricos de los Ca, P y Mg, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, cuya fórmula es:

$$r = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2} * \sqrt{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

Para la determinación del grado de relación de condición corporal y los niveles séricos de los Ca, P y Mg, se usó el coeficiente de correlación de Spearman, cuya fórmula es:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde D es la diferencia entre los correspondientes estadísticos de orden de $x - y$. N es el número de parejas de datos.

El procesamiento de datos y el análisis estadístico se realizó utilizando los software Excel y SPSS Versión 22©.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ca, P, Mg y relación Ca:P

Los niveles séricos de Ca, P, Mg y Ca:P en sangre (anexo A.) en vacunos Brown swiss en primera, segunda y tercera a más lactaciones, se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Niveles séricos de Ca, P, Mg y Ca:P en mg/dL. Según número de lactaciones.

Variables	Numero de lactaciones					
	Primera		Segunda		Tercera a más	
	Promedio \pm	d.s.	Promedio \pm	d.s.	Promedio \pm	d.s.
Ca	9.27 ^a \pm	0.65	9.18 ^a \pm	0.89	9.88 ^a \pm	1.17
P	5.70 ^a \pm	0.90	5.27 ^a \pm	0.84	5.21 ^a \pm	0.82
Mg	2.39 ^a \pm	0.25	2.42 ^a \pm	0.31	2.27 ^a \pm	0.35
Ca:P	1.66 ^a \pm	0.30	1.84 ^a \pm	0.42	1.93 ^a \pm	0.30

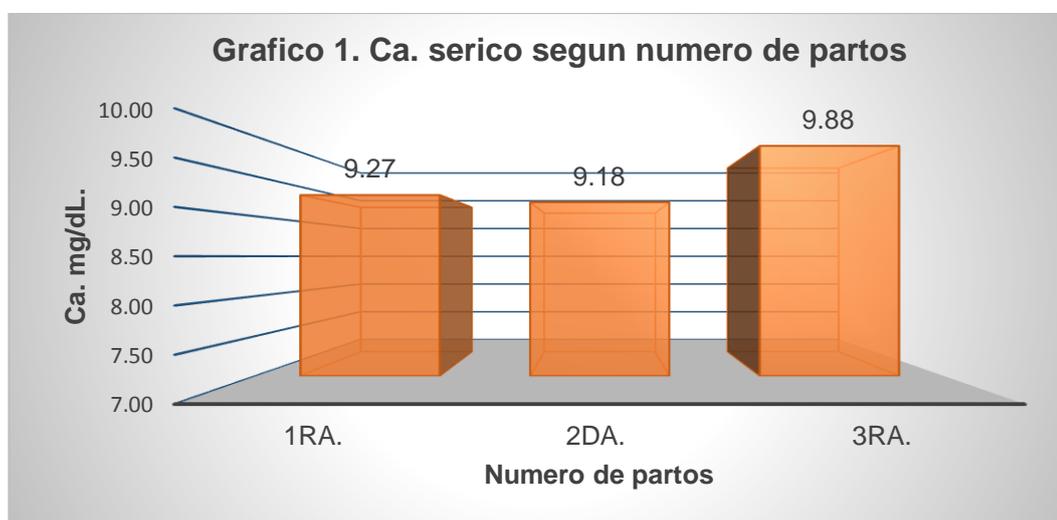
(a,b) medias con letras diferentes en la misma fila, indican diferencias estadísticas significativas.

El análisis de varianza (ANVA) para los niveles séricos de Ca, P, Mg y Ca:P, en sangre (anexo D), indica que no existe diferencias significativas ($p > 0.05$) entre el número de lactaciones para todas las variables en estudio. La prueba de comparación múltiple de Tukey (anexo E) indica que no existe diferencia significativa ($p > 0.05$), entre los promedios para los tratamientos número de lactaciones en todas las variables en estudio.

a) Calcio

Los tratamientos número de lactaciones no presenta diferencias significativas (anexos D y E) para los niveles séricos de Ca, esta similitud se debería probablemente a las condiciones de alimentación, manejo y medio ambientales similares en las que se crían las vacas utilizadas en el presente estudio. Kronqvist et al. (2011), indica que el Ca presenta diferentes mecanismos homeostáticos que tratan de mantener la calcemia dentro de un margen estrecho, con el objeto de evitar la hipocalcemia repentina que caracteriza el inicio de la lactancia, dentro de estos mecanismos se tiene la adaptación de la absorción

intestinal regulada en parte por el flujo de alimentos al intestino, el aumento de la resorción ósea, mediado por la hormona paratiroidea (PTH), y el aumento de la 1,25 dihidroxicolecalciferol (vitamina D3) con el consecuente mejoramiento de la absorción intestinal. Particularmente el Ca, está regulado bajo un estricto control homeostático que trata de mantener sus concentraciones dentro de valores considerados; por lo tanto, su inclusión en el perfil metabólico sólo tendría utilidad para conocer si la capacidad homeostática está funcionando adecuadamente y no como un reflejo del aporte en la ración Van Saun (1997).



Por otro lado, esta similitud en los niveles séricos de Ca se debería probablemente a que el nivel de producción de las vacas en estudio es similar, a su vez que el volumen producido es reducido y se encuentran en homeostasis, ya que la crianza se lleva en un sistema semi extensivo (Anexos A,B,C) gráfico 1. Al respecto, Repetto et al., (2004), menciona que los requerimientos minerales en los animales son relativamente bajos para el mantenimiento (que sirven para compensar pérdidas endógenas), mientras que los de producción (crecimiento, gestación y lactancia) varían con la edad y funciones que deben desarrollar, incluyendo la naturaleza y el nivel de producción. De esta manera queda claro que la incidencia de carencias minerales será más alta conforme sean más intensificados los sistemas de producción y el nivel genético del ganado. No obstante, aunque el Ca

cuenta con estos mecanismos de regulación homeostática, sus niveles séricos también pueden verse afectados por la concentración del mineral en la dieta (Szenci et al. 1994 y Van Saun et al. 1997).

Niveles séricos de Ca, similares a nuestro estudio son reportados por Betancur et al. (2012), en vacas paridas de razas Holstein, Pardo Suizo y Brahman, los animales fueron clasificados en tres grupos de edades: grupo 1 (animales de 3 a 5 años), grupo 2 (animales de 6 a 8 años) y grupo 3 (animales de 9 a 11 años), con valores de 9.14, 9.18 y 9.02 mg/dL. respectivamente, no encontrando diferencias significativas ($p > 0.05$), estos valores corroboran los resultados de nuestro estudio. Cedeño et al. (2011), en reporta valores promedio para Ca, de 9.78 mg/dL. en vacas lactantes en la región de Guachucal-Túquerres, Nariño, Colombia. De igual forma Lojan (2011), reporta valores séricos promedio de Ca, de 9.81 mg/dL. en 150 vacas en producción en La Hoya de Loja Ecuador.

Valores inferiores a nuestro estudio es reportado por Cedeño et al. (2011), en reporta valores para Ca, de 8.02 mg/dL. en vacas lactantes en la región de Pasto, Nariño, Colombia. Asimismo Campos et al. (2007) reporta valores de Ca, en suero de 8.02 mg/dL. en vacas de producción de diferentes razas en el trópico de Colombia, estas inferioridades se deberían probablemente a factores medio ambientales diferentes, volumen de producción y composición de la ración.

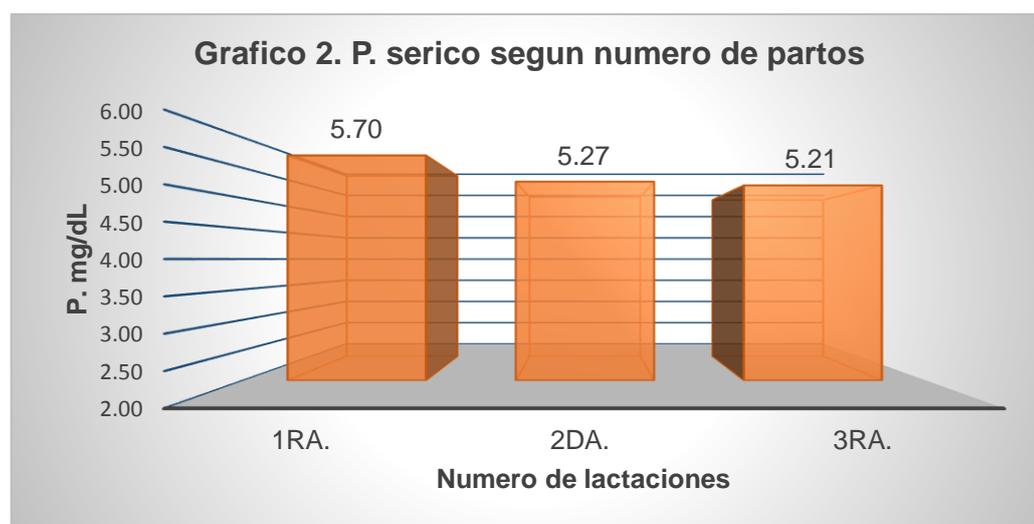
Comparando el promedio con otras especies domésticas, Shimada (2003) indica que para la mayoría de animales la concentración sanguínea del Ca fluctúa entre 9 y 11 mg/dL.

b) Fosforo

Los tratamientos número de lactaciones no presenta diferencias significativas (anexos D y E) para los niveles séricos de P, esta similitud se debería probablemente a las condiciones de alimentación, manejo y medio ambientales similares en las que se crían

las vacas utilizadas en el presente estudio, asimismo las vacas ya tendrían el peso vivo adulto, por lo cual ya no están en crecimiento. Cedeño et al. (2011), manifiesta que existe mayor variación en la concentración sérica de algunos indicadores bioquímicos nutricionales (macrominerales), es un reflejo de la acción de diversos factores que pueden inducir cambios en su concentración sérica, lo que significa que el indicador tiene entonces un menor grado de regulación homeostática y reflejaría, en mejor forma, el balance nutricional comparado con otros indicadores regulados homeostáticamente (Ca).

Estos resultados son coincidentes con reportes de Goff (2003) donde se señala que la concentración sérica de P puede variar por diversos factores; entre otros, según el estado productivo, la cantidad de leche producida y el contenido del mineral en los alimentos.



Por otro lado, esta similitud en los niveles séricos de P, se debería probablemente a que el nivel de producción de las vacas en estudio es similar, a su vez que el volumen producido es reducido y se encuentran en homeostasis, ya que la crianza se lleva en un sistema semi extensivo (Anexos A,B,C), gráfico 2. al respecto Repetto et al., (2004), menciona que los requerimientos minerales en los animales son relativamente bajos para el mantenimiento (que sirven para compensar pérdidas endógenas), mientras que los de

producción (crecimiento, gestación y lactancia) varían con la edad y funciones que deben desarrollar, incluyendo la naturaleza y el nivel de producción. De esta manera queda claro que la incidencia de carencias minerales será más alta conforme sean más intensificados los sistemas de producción y el nivel genético del ganado.

Niveles séricos de P, similares a nuestro estudio son reportados por Cedeño et al. (2011), en reporta valores promedio para P, de 5.27 y 5.76 mg/dL. en vacas lactantes en las regiones de Pasto y Guachucal-Túquerres, Nariño, Colombia. Asimismo, Campos et al. (2007) reporta valores de P, en suero de 5.27 mg/dL. en vacas de producción de diferentes razas en el trópico de Colombia., estos reportes corroboran los resultados de nuestro estudio.

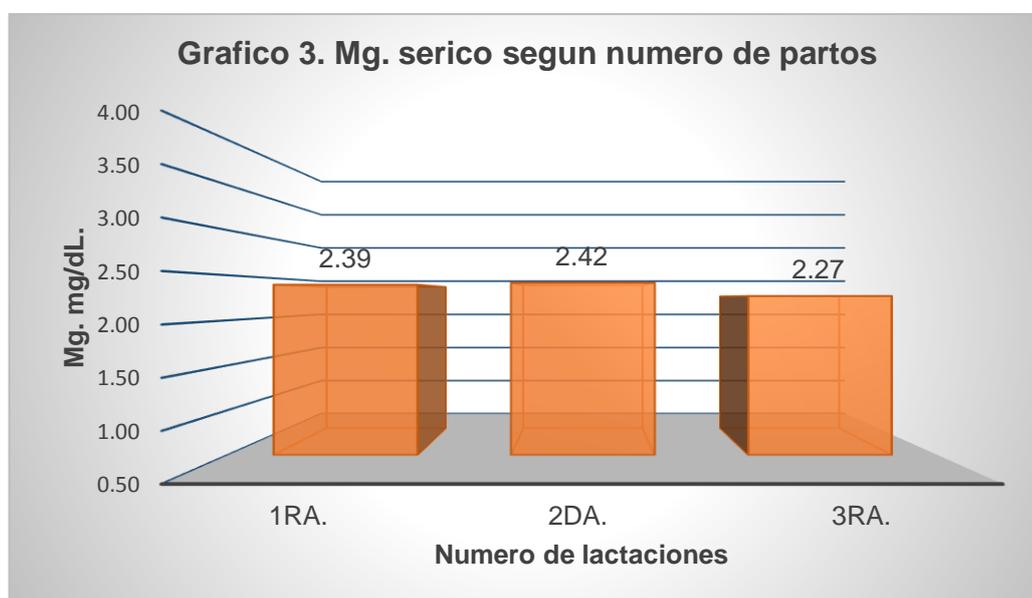
Valores superiores a nuestro estudio son reportados por Betancur et al. (2012), en vacas paridas de razas Holstein, Pardo Suizo y Brahman, los animales fueron clasificados en tres grupos de edades: grupo 1 (animales de 3 a 5 años), grupo 2 (animales de 6 a 8 años) y grupo 3 (animales de 9 a 11 años), con valores de 7.53, 7.41 y 7.09 mg/dL. respectivamente, no encontrando diferencias significativas ($p>0.05$). Lojan (2011), reporta valores séricos promedio de P, de 6.2 mg/dL. en 150 vacas en producción en La Hoya de Loja Ecuador. Estas superioridades se deberían probablemente a factores medio ambientales diferentes, volumen de producción y composición de la ración.

El promedio general de P sérico encontrado en el presente estudio es de 5.21 mg/dL, valor que se encuentra dentro del rango reportados por Dukes (2015) y Church (1974) quienes indican que el P en el plasma sanguíneo de los herbívoros domésticos varía entre 4 y 8 mg/dL, Por su parte Shimada (2003) y Bondi (1998) establecen un rango de 4 a 9 mg/dL de P sérico para los animales domésticos y agregan que gran parte del fosfato del plasma esta ionizado, pero una pequeña cantidad se encuentra formando complejos con proteínas, lípidos y carbohidratos.

c) Magnesio

Los tratamientos número de lactaciones no presenta diferencias significativas (anexos D y E) para los niveles séricos de Mg, esta similitud se debería probablemente a las condiciones de alimentación, manejo y medio ambientales similares en las que se crían las vacas utilizadas en el presente estudio, asimismo las vacas ya tendrían el peso vivo adulto, por lo cual ya no están en crecimiento. Cedeño et al. (2011), manifiesta que existe mayor variación en la concentración sérica de algunos indicadores bioquímicos nutricionales (macrominerales), es un reflejo de la acción de diversos factores que pueden inducir cambios en su concentración sérica, lo que significa que el indicador tiene entonces un menor grado de regulación homeostática y reflejaría, en mejor forma, el balance nutricional comparado con otros indicadores regulados homeostáticamente (Ca).

En tal sentido nuestros resultados no estarían afectados por factores que interfieren con la absorción del Mg, coeficiente que de por sí es bajo en rumiantes adultos; entre otros factores, se tiene la deficiencia de carbohidratos fermentables, el exceso en la concentración de nitrógeno no proteico en los forrajes, y uno de los factores que más incide sobre el metabolismo del Mg es el exceso de potasio y P de la dieta (Sandoval et al. 1998).



Por otro lado, esta similitud en los niveles séricos de P, se debería probablemente a que el nivel de producción de las vacas en estudio es similar, a su vez que el volumen producido es reducido y se encuentran en homeostasis, ya que la crianza se lleva en un sistema semi extensivo (Anexos A, B, C), grafico 3. al respecto Repetto et al., (2004), menciona que los requerimientos minerales en los animales son relativamente bajos para el mantenimiento (que sirven para compensar pérdidas endógenas), mientras que los de producción (crecimiento, gestación y lactancia) varían con la edad y funciones que deben desarrollar, incluyendo la naturaleza y el nivel de producción. De esta manera queda claro que la incidencia de carencias minerales será más alta conforme sean más intensificados los sistemas de producción y el nivel genético del ganado.

Niveles séricos de Mg, similares a nuestro estudio son reportados por Cedeño et al. (2011), en reporta valores promedio para Mg, de 2.43 y 2.48 mg/dL. en vacas lactantes en las regiones de Pasto y Guachucal-Túquerres, Nariño, Colombia. Asimismo Betancur et al. (2012), en vacas paridas de razas Holstein, Pardo Suizo y Brahman, los animales fueron clasificados en tres grupos de edades: grupo 1 (animales de 3 a 5 años), grupo 2 (animales de 6 a 8 años) y grupo 3 (animales de 9 a 11 años), con valores de Mg, sérico 2.31, 2.36 y 2.31 mg/dL. respectivamente, no encontrando diferencias significativas ($p>0.05$), estos reportes corroboran los resultados de nuestro estudio.

Valores superiores a nuestro estudio son reportados por Campos et al. (2007) reporta valores de Mg, en suero de 2.67 mg/dL. en vacas de producción de diferentes razas en el trópico de Colombia. Lojan (2011), reporta valores séricos promedio de Mg, de 2.67 mg/dL. en 150 vacas en producción en La Hoya de Loja Ecuador. Estas superioridades se deberían probablemente a factores medio ambientales diferentes, volumen de producción y composición de la ración, como lo indica Fowler & Zinkl (1989), el valor bioquímico del suero de los animales domésticos puede variar según los

factores geográficos (altitudinal y latitudinal) y disponibilidad de alimentos. Asimismo, es importante indicar que el Mg es un mineral sin depósito, y cuyo nivel plasmático en los animales depende fundamentalmente de la ingesta diaria y que no está regulado por el sistema humoral, así lo señala De Luca (2002). Asimismo, Álvarez (2001), señala que este mineral no cuenta con mecanismo de control efectivo que regule sus concentraciones sanguíneas y mantenga eficientemente los valores constantes. No obstante, se conoce que el contenido de Mg en el plasma sanguíneo, se encuentra, en parte ligado a las proteínas al igual que el Ca y que la competencia por los mismos receptores proteicos ocasiona que disminuya los niveles de proteínato magnésico y aumente el Ca iónico cuando los niveles de Ca aumentan.

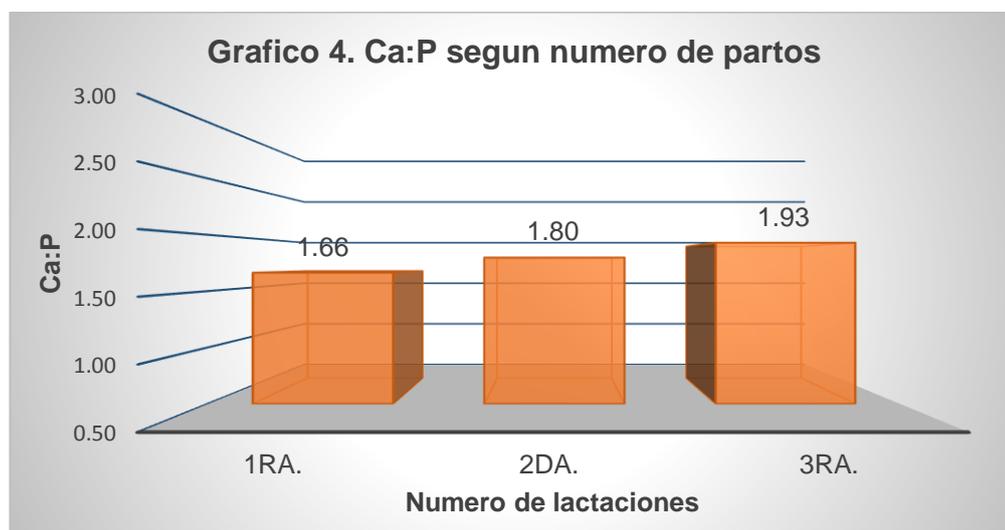
Espinoza et al. (1982) y Moe (2005) indican que en animales la concentración normal de Mg es de 2 a 3 mg/dL. de igual forma, Kolb (1979) indica que los valores normales de los animales oscilan entre 1.8 y 3.2 mg/dL., Mc Donald y Edward (1995) manifiestan que en el ganado vacuno, el contenido normal de Mg en la sangre oscila entre 1.7 y 4.0 mg/dL de suero, aunque a menudo se registran niveles inferiores a 1.7. de modo que la magnesemia en las vacas de nuestro estudio, dentro de este rango.

De igual modo, Underwood (1969) indica que los niveles de Mg sanguíneo en vacunos y ovinos oscilan entre de 1.8 y 3.2 mg/100mL de suero. Harvey (1970) reporta valores de 2.76 mg/dL en bovinos y 2.28 mg/dL en ovinos. Resultados similares y corroborativos a los obtenidos en el presente estudio.

d) Relación Ca:P

Los tratamientos número de lactaciones no presenta diferencias significativas (anexos D y E) para la Ca:P, esta similitud se debería probablemente a las condiciones de alimentación, manejo y medio ambientales similares en las que se crían las vacas utilizadas en el presente estudio, asimismo las vacas ya tendrían el peso vivo adulto, por lo cual ya no están en

crecimiento. Por otro lado, esta similitud en la Ca:P, se debería probablemente a que el nivel de producción de las vacas en estudio es similar, a su vez que el volumen producido es reducido y se encuentran en homeostasis, ya que la crianza se lleva en un sistema semi extensivo (Anexos A, B, C), grafico 4.



La Ca:P se mantienen a nivel constante por la acción reguladora de tres hormonas: hormona paratiroidea (PTH), calcitonina y el metabolito activo de la vitamina D3. Los rumiantes en crecimiento pueden tolerar un amplio intervalo en la relación Ca y P, incluso de 7:1. El exceso de Ca en la relación reduce la absorción y utilización de los minerales, especialmente el P y los minerales traza (Bondi, 1988).

El promedio general de Ca:P obtenido en el estudio fue de 1.81:1, resultado que se encuentra dentro del rango establecido por algunos autores para animales domésticos. Así por ejemplo Mc Donald y Edward (1995) señalan que la Ca:P más adecuada para los animales de interés zootécnico oscila entre 1:1 y 2:1. Kolb (1979) considera debido a la estrecha interdependencia del metabolismo del Ca y del P en los mamíferos, se considera como óptima una proporción de Ca:P de 1,5:1, se puede considera variaciones de 2:1. La Ca:P debe encontrarse en relación casi constante 2:1, la cantidad de P en los huesos de los animales jóvenes puede ser menor que la de los adultos, ya que no están

completamente mineralizados (Dukes, 2015). Shimada (2003) agrega que un exceso de Ca con respecto al P puede originar problemas de deficiencia de zinc.

4.2. Correlaciones entre Ca, P y Mg

Las correlaciones de Pearson entre Ca, P y Mg se detallan en la Tabla 3 y anexo F donde se muestran el grado de asociación y la significancia.

Tabla 3. Correlaciones de Pearson entre Ca, P y Mg

Tabla 3. Correlaciones de Pearson entre Ca, P y Mg

	Ca mg/dL.	P mg/dL.	Mg mg/dL.
Ca mg/dL.	1	-0.069	-0.044
P mg/dL.		1	0.202
Mg mg/dL.			1

En la tabla 3. y (anexo G), se puede apreciar que existe una correlación negativa baja de -0.069 entre los niveles séricos de Ca y P, pero que no muestra significancia ($p > 0.05$), la correlación de los niveles séricos Ca y Mg es negativa muy baja con un valor de -0.044 tampoco muestra significancia, existe una correlación positiva baja de 0.202 entre los niveles séricos de P y Mg no muestra significancia ($p > 0.05$).

Estas correlaciones indican que los tres minerales están relacionados, en cuanto a su movilización y metabolismo, la correlación negativa muy baja entre Ca, P, la correlación positiva baja entre P y Mg, encontradas en el presente estudio y corroboradas por Betancur et al. (2012) para las correlaciones ente Ca y P y P y Mg de -0.024 y 0.072 las cuales no muestran significancia ($p > 0.05$) y diferimos en la correlación entre Ca y Mg que reportan una correlación de 0.28 que es significativa ($p \leq 0.05$), quienes mencionan que la interrelación entre el sistema hormonal y los niveles séricos de Ca, P y Mg son tan estrechas que, con frecuencia, la interpretación de los cambios debe ser

realizada en conjunto para que tenga sentido fisiopatológico. Los mismos investigadores sustentan la baja correlación entre el P y Mg encontrada al señalar que la regulación de la cinética del Mg no está tan clara como en el caso del Ca y el P, circunstancias que aumentan los niveles de Ca y P promoverían una pérdida renal de Mg. El Mg se ha involucrado en el mecanismo de sensor del Ca de la PTH y, a través de la misma, participaría de la regulación del Ca, siendo la hipermagnesemia una de las causas de hipocalcemia.

4.3. Correlaciones para producción de leche y Ca, P, Mg

Las correlaciones de Pearson para producción de leche y Ca, P y Mg se detallan en la Tabla 4 y anexo H donde se muestran el grado de asociación y la significancia.

Tabla 4. Correlaciones de Pearson para producción de leche y Ca, P y Mg

	Ca mg/dL.	P mg/dL.	Mg mg/dL.
Producción de leche (L/día)	0.423*	-0.343	-0.078

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

La correlación entre la producción lechera y Ca es positiva y significativa ($p \leq 0.05$) los requerimientos de Ca aumentan, a medida que aumenta la producción de leche. Repetto et al., (2004), menciona que los requerimientos minerales en los animales son relativamente bajos para el mantenimiento (que sirven para compensar pérdidas endógenas), mientras que los de producción (crecimiento, gestación y lactancia) varían con la edad y funciones que deben desarrollar, incluyendo la naturaleza y el nivel de producción. De esta manera queda claro que la incidencia de carencias minerales será más alta conforme sean más intensificados los sistemas de producción y el nivel genético del ganado. No obstante, aunque el Ca cuenta con estos mecanismos de regulación

homeostática, sus niveles séricos también pueden verse afectados por la concentración del mineral en la dieta (Szscensi et al. 1994 y Van Saun et al. 1997).

La producción lechera y el P y Mg se correlacionan negativamente, pero no muestran significancia ($p>0.05$). coincidiendo con el reporte de Goff (2003) donde señala que la concentración sérica de P, varía por factores como el estado productivo, la cantidad de leche producida y el contenido del mineral en los alimentos.

El Mg es un mineral sin depósito, y cuyo nivel plasmático en los animales depende fundamentalmente de la ingesta diaria y que no está regulado por el sistema humoral, así lo señala De Luca (2002). Asimismo Álvarez (2001), señala que este mineral no cuenta con mecanismo de control efectivo que regule sus concentraciones sanguíneas y mantenga eficientemente los valores constantes. No obstante, se conoce que el contenido de Mg en el plasma sanguíneo, se encuentra, en parte ligado a las proteínas al igual que el Ca y que la competencia por los mismos receptores proteicos ocasiona que disminuya los niveles de proteínato magnésico y aumente el Ca iónico cuando los niveles de Ca aumentan.

4.4. Correlaciones para condición corporal y Ca, P, Mg

Las correlaciones de Spearman para condición corporal y Ca, P y Mg se detallan en la Tabla 5 y anexo I, donde se muestran el grado de asociación y la significancia.

Tabla 5. Correlaciones de Spearman para condición corporal y Ca, P y Mg

	Ca mg/dL.	P mg/dL.	Mg mg/dL.
Condición corporal	-0.088	0.181	-0.051

La correlación entre condición corporal y Ca y Mg es negativa muy baja y no significativa ($p>0.05$), lo cual nos indica que la muy baja relación que muestran se debería

al azar. La condición corporal y el P muestra una correlación positiva baja no significativa ($p > 0.05$), la cual indicaría que la relación que guardan podrían deberse al azar, por ser una relación baja, también indicaría que vacas con mejor condición corporal consumirían más alimento y por ende mayor cantidad de P, como lo indica Goff (2003) quien señala que la concentración sérica de P puede variar por factores como el estado productivo, la cantidad de leche producida y el contenido del mineral en los alimentos.

V. CONCLUSIONES

- El número de partos no influyen en la concentración sérica de los minerales Ca, P, Mg y la Ca:P en vacas Brown Swiss, encontrándose estos niveles dentro de los rangos reportados en la literatura.
- Existe una correlación negativa entre los niveles séricos de Ca y P, Ca y Mg y correlación positiva entre P y Mg. sin mostrar significancia en ninguno de los casos.
- La correlación entre producción lechera y Ca es positiva y significativa, con P y Mg es negativa y no significativas.
- Existe una correlación negativa no significativa entre condición corporal y Ca y Mg, y correlación positiva no significativa entre condición corporal y P.

VI. RECOMENDACIONES

- Proseguir estudios del metabolismo de Ca, P y Mg considerando otras variables y factores influyentes, como raza, sexo, edad, época del año, nivel de alimentación, y otros.
- Considerar dentro de los factores de estudio, el contenido de Ca, P y Mg en los pastos que consumen los vacunos.
- Realizar investigaciones que consideren factores como contenido de vitamina D, en los pastos, en diferentes épocas del año.

VII. REFERENCIAS

- Agudelo H. (2008). Minerales en nutrición animal. Recuperado de <http://kogi.udea.edu.co>.
- Albalate M., De Sequera P. y Rodríguez M. (2017). Trastornos del Ca, el P y el Mg. En Lorenzo V, López Gómez JM (Eds).
- Alvarez J. (2008). Bioquímica y metabólica del bovino en el trópico. Universidad de Antioquia, Medellín.
- Álvarez, J. (2001). Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico, 1o Ed., Editorial Universidad de Antioquia. Colombia.
- Anderson, R. y H. Guttman. (1988). Trace minerals and exercise. En: E.S. Horton & R.L. Terjung Eds. Exercise, nutrition, and energy metabolism (pp. 180-195). New York: Macmillan Publishing Company.
- Azab M.E., Hussein. A., Abdel-Maksoud. (1999). Changes in some hematological and biochemical parameters during prepartum and postpartum periods in female Bala di goats. Small Ruminant Research 34, pp 77-85.
- Barros G. y Sinchi M. (2012). Determinaciones de las concentraciones de Ca, P, Mg, proteínas totales, urea y glucosa en suero sanguíneo de vacas lecheras Holstein Mestizas en producción aparentemente sanas en el Cantón Cuenca. Tesis para Título de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- Betancur C., Martínez Y. y Vergara O. (2012). Concentración de macrominerales séricos y hematocrito en bovinos en dos épocas del año en Montería, Colombia. REDVET (Revista Electrónica de Veterinaria) Vol 13 N° 8. Recuperado de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080812.html>.
- Bondi, A. (1988). Nutrición animal. Primera edición. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza – España.
- Bouda J., Gutiérrez A., Salgado G., Kawabata C., (2009). Monitoreo, diagnóstico y prevención de trastornos metabólicos en vacas lecheras. Fac. de Med. Vet. UNAM, México. Recuperado de <http://biofarmar.com.mx/pdf/monitoreo.pdf>.

- Bradford P. S. (2010). *Medicina Interna de Grandes Animales*. Cuarta Edition, Publisher Elsevier Mosbi
- Campos G. R., Cubillos C. y Rodas G. A. (2007). Indicadores metabólicos en razas lecheras especializadas en condiciones tropicales en Colombia. *Acta Agron (Colombia)* Vol. 52 (2): 85-92.
- Carbona E., J. Maldonado D. García G. Galdo y J. Molina. (1994). Mineralización ósea del fémur en recién nacidos medida por absorciometría de rayos X de doble energía. *An Esp Pediatr*; 41: 267-270.
- Cedeño D., Ceballos A., Garzón C y Daza C. (2011). Estudio comparativo de perfiles metabólicos minerales en lecherías de dos regiones de Nariño. *Orinoquia* 15(2): 160-168.
- Cevallos A., Villa N., Betancourth T. y Roncancio D. (2004). Determinación de la concentración de Ca, P y Mg en el periparto de vacas lecheras en Manizales, Colombia. *Rev Col Cienc Pec* Vol 17:2, 125-133.
- Cevallos A., Villa N., Bohorquez A., Quiceno J., Jaramillo M. y Giraldo G. (2002). Análisis de los resultados de perfiles metabólicos en lecherías. *Rev Col Cienc Pec* Vol. 15: I.
- Cunningham, J. G. (2003). *Fisiología veterinaria*. 3ªed. Elsevier.
- Church, D. (1974). *Fisiología digestiva y nutrición de los animales domésticos*. 1era Edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- De Luca, L. (2003). Burnet Laboratorios S.A., Bs. As. Sitio Argentino de producción Animal - www.produccion-animal.com.ar
- DIA-DRAP-MINAG (Dirección de Información Agraria de la Dirección Regional Agraria Puno del Ministerio de Agricultura). (2010). Provincia Puno: Producción Pecuaria por Distritos. Boletín de Información Agraria. Recuperado de <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/232.pdf>
- Díaz J. (2013). Ca y embarazo. *Rev Med Hered.*; 24:237-241.
- Dukes, H. (2015). *Physiology of domestic animals*. 13th Edition. John Wiley & Sons, Inc. USA.

- Espinoza, J. Mcdowell, L., Loosli, Conrad, J. and Martin, F. (1982). Mineral Status of Llamas and Sheep in the Bolivian Altiplano. Instituto Boliviano de tecnología Agropecuaria. Enthe Lournal of Natutron, volumen 112 N° 12.
- Flórez, J. (2005). Farmacología Humana. 4ta Edición. Editorial MASSON. Barcelona, España.
- Fower M. & Zinkl J. (1989). Reference ranges for hematologic and serum biochemical values in llamas (*Lama glama*) Am J Vet Res 50: 2049-2053.
- Glerean M. y Plantalech L. (2000). Osteoporosis en embarazo y lactancia. Medicina (Buenos Aires) 60: 973-981.
- Goff J., Horst R. (2003). Milk fever control in the United States. Acta Vet Scand Suppl. 97: 145-147.
- Harvey D. (1970). Bioquímica para estudiantes de Veterinaria, 1ra Edición, Editorial Hispano-Americana, México.
- Hernández F. (1999). Bioquímica animal. Ministerio de Educación Superior. La Habana.
- Hincapie I. (2012). Perfiles metabólicos. Curso de Graducion de Buiatría Cuenca, Ecuador.
- Kalantar-Zadeh, K., L. Gutekunst, R. Mehrotra, C. P. Kovesdy, R. Bross, C. S. Shinaberger, N. Noori, R. Hirschberg, D. Benner, A. R. Nissenson, J. D. Kopple. (2010). Understanding sources of dietary phosphorus in the treatment of patients with chronic kidney disease. Clin J Am SocNephrol 5(3):519-530.
- Kaneko J., Harvey J. Bruss M. (2008). Clinical Biochemistry of Domestic Animals. Sixth Edition. Elsevier Inc. California United States of America.
- Kronqvist C, Emanuelson U, Spordndly R, Holtenius K. (2011). Effects of prepartum dietary calcium level on calcium and magnesium metabolism in periparturient dairy cows. J Dairy Sci. 9: 1365-1373.
- Kolb, E. (1979). Fisiología veterinaria. 1ra Edición., Editorial Acribia, Zaragoza – España.

- Loján C. (2011). Determinación de los niveles de Ca, P y Mg en vacas de producción en la Hoya de Loja. Tesis para Título de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Mahgoub, O., Kadim I. and Wobb E. (2012). Goat meat production and quality. CAB International, UK.
- McDonald P. y Edwards R. (1999). Nutrición animal. 5ta edición. Editorial Acribia, Zaragoza España.
- Moe S. (2005). Disorders of calcium, phosphorus, and magnesium. Am J Kidney Dis; 45: 213-8.
- Oblitas G. (2012). Uso de los perfiles metabólicos en el diagnóstico y prevención de trastornos metabólicos nutricionales en vacas lecheras. Sistema de Revisiones en Investigación. Recuperado de http://veterinaria.unmsm.edu.pe/files/Oblitas_perfiles_metabolicos1.pdf.
- Quintela L., Becerra J., Rey C., Cainzos J., Rivas F., Prieto A. y Herradón P. (2011). Perfiles metabólicos en preparto, parto y posparto de raza rubia gallega: estudio preliminar. Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvovemento Rural (IBADER), Universidade de Santiag de Compostela. Recursos Rurais Nº 7: 5-14.
- Repetto, J., Donovan A. y García F. (2004). Carencias minerales, limitantes de la producción. Motivar, Bs. As. 2(18): 6-7. Laboratorios Biotay. Sitio Argentino de Producción Animal - www.produccionanimal.com.ar.
- Rodríguez, I.; Pérez, C., España F., Dorado J., Hidalgo M. y Sanz J. (2004). Departamento de Medicina y Cirugía Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. Campus Universitario de Rabanales. 14014. Córdoba. España. Centro de Investigación y Formación Agraria “Alameda del Obispo”. Junta de Andalucía. Córdoba. España.
- San Martin, F. (1999). Nutrición de forrajes en: Alimentación y nutrición de Camélidos Sudamericanos. IVITA- UNMSM-Lima.
- Sandoval G., Dellamea S., Pochon D. y Campos M. (1998). Ca, P, Mg y fosfatasa alcalina en vacas lecheras de una región subtropical suplementadas con óxido de Mg. Rev Vet Méx; 29:131-36.

- Shimada, A. (2003). Nutrición animal. Primera edición, Impreso en México.
- Szenci O., Chew B., Brydl E. (1994). Total ionized calcium in parturient dairy cows and their calves. *J Dairy Sci.* 77:1100-05.
- Underwood, E. (1969). Los minerales en la alimentación del ganado. Editorial Acribia, España.
- Van Saun R. (1997). Nutritional profiles: a new approach for dairy herds. *Bov Practition.* 31: 43-50.
- Vargas J. (2009). Evaluación del perfil metabólico y condición corporal y su relación con el estado reproductivo de vacas en el trópico seco Michoacano. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Viamonte M y Fajardo H. (2010). Comportamiento de algunos indicadores metabólicos en hembras bovinas criollas anéstricas en el Valle del Cauto. *Revista Electrónica Granma Ciencia.* Recuperado de http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol14/3/2010_14_n3.a2.pdf. ISSN 1027-975X.
- Wiener Lab. (2000). Información del producto, Métodos para determinación de Ca, P y Mg en plasma o suero. Rosario – Argentina.

ANEXOS

Anexo A. Concentración de Ca, P, Mg y Ca:P en vacas 1° lactación

CONCENTRACION						Ca	P	Mg	Ca:P
N°	N° DE MUESTRA	NOMBRE VACA	PROMEDIO PRODUCCION KG	ESTADO CORPORAL	PROPIETARIO	mg/dL	mg/dL	mg/dL	
1	38	LUCIA	6.6	REGULAR	G.C.	8.34	4.87	2.18	1.71
2	28	LUCY	8.8	REGULAR	G.C.	8.65	6.49	2.07	1.33
3	20	MORENA	8.2	REGULAR	G.C.	9.18	5.61	2.45	1.64
4	14	SARITA	8.5	BUENO	G.C.	9.87	6.43	2.40	1.54
5	39	ROCIO	6.7	BUENO	G.C.	9.92	5.36	2.35	1.85
6	13	ELENA	7	BUENO	G.C.	8.39	6.50	2.07	1.29
7	16	MOYITA	5.5	BUENO	G.C.	9.54	6.47	2.84	1.48
8	7	DANIELA	9.5	REGULAR	H.Y.	9.95	6.52	2.51	1.52
9	11	LULU	9.4	BUENO	H.Y.	9.87	4.41	2.67	2.24
10	26	PATY	5.9	REGULAR	G.C.	8.93	4.39	2.40	2.03
Estadísticos					PROM	9.27	5.70	2.39	1.66
					D.S.	0.65	0.90	0.25	0.30
					CV	7.04	15.74	10.27	18.23
					MIN	8.34	4.39	2.07	1.29
					MAX	9.95	6.52	2.84	2.24

Anexo B. Concentración de Ca, P, Mg y Ca:P en vacas 2° lactación

CONCENTRACION						Ca	P	Mg	Ca:P	
N°	N° DE MUESTRA	NOMBRE VACA	PROMEDIO PRODUCCION KG	ESTADO CORPORAL	PROPIETARIO	mg/dL	mg/dL	mg/dL		
1	37	ANGELICA	6.8	REGULAR	G.C.	8.19	5.94	2.89	1.38	
2	21	LUNA	12	MALO	G.C.	10.13	4.74	2.67	2.14	
3	23	YAQUI	7.9	MALO	G.C.	9.46	4.93	2.13	1.92	
4	30	ELSA	6.7	REGULAR	G.C.	8.16	6.10	2.02	1.34	
5	15	NORA	7.5	REGULAR	G.C.	9.82	4.23	2.18	2.32	
6	25	LONLA	9.5	REGULAR	G.C.	8.42	6.04	2.35	1.39	
7	24	ELIANA	10.2	MALO	G.C.	10.23	6.12	2.62	1.67	
8	3	VALENTINA	11	REGULAR	H.Y.	10.10	4.29	2.13	2.35	
9	5	MOROCHA	10.5	REGULAR	H.Y.	9.13	4.31	2.40	2.12	
10	32	DIANA	5.6	REGULAR	G.C.	8.11	6.02	2.78	1.35	
Estadísticos						PROM	9.18	5.27	2.42	1.80
						D.S.	0.89	0.84	0.31	0.42
						CV	9.67	15.94	12.73	23.33
						MIN	8.11	4.23	2.02	1.34
						MAX	10.23	6.12	2.89	2.35

Anexo C. Concentración de Ca, P, Mg y Ca:P en vacas 3° lactación a más

CONCENTRACION						Ca	P	Mg	Ca:P	
N°	N° DE MUESTRA	NOMBRE VACA	PROMEDIO PRODUCCION KG	ESTADO CORPORAL	PROPIETARIO	mg/dL	mg/dL	mg/dL		
1	27	BLANCA	8.3	REGULAR	G.C.	8.57	5.84	2.62	1.47	
2	1	LUZ	9.9	MALO	H.Y.	9.23	3.96	1.96	2.33	
3	33	YULI	9.9	REGULAR	G.C.	8.47	5.92	2.56	1.43	
4	17	MARIA	9.3	REGULAR	G.C.	11.10	5.90	2.51	1.88	
5	19	MISKI	7.9	REGULAR	G.C.	11.20	5.69	1.91	1.97	
6	18	NADINE	8.9	BUENO	G.C.	10.66	5.86	1.96	1.82	
7	9	MAGDA	11.3	REGULAR	H.Y.	11.20	5.42	2.62	2.07	
8	8	FATIMA	11.7	REGULAR	H.Y.	10.15	5.24	1.85	1.94	
9	4	MARY LUZ	10.4	BUENO	H.Y.	8.29	3.90	2.02	2.12	
10	2	NIEVES	11.6	REGULAR	H.Y.	9.92	4.37	2.67	2.27	
Estadísticos						PROM	9.88	5.21	2.27	1.93
						D.S.	1.17	0.82	0.35	0.30
						CV	11.83	15.75	15.42	15.60
						MIN	8.29	3.90	1.85	1.43
						MAX	11.20	5.92	2.67	2.33

Anexo D. Análisis de varianza para concentración de Ca, P, Mg mg/dL y relación Ca:P en suero de vacas.

Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
Ca mg/dL.	2,895	2	27	,073
P mg/dL.	,262	2	27	,771
Mg mg/dL.	3,394	2	27	,048
Ca:P	2,364	2	27	,113

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Ca mg/dL.	Entre grupos	2,939	2	1,470	1,709	,200
	Dentro de grupos	23,220	27	,860		
	Total	26,160	29			
P mg/dL.	Entre grupos	1,455	2	,727	,997	,382
	Dentro de grupos	19,690	27	,729		
	Total	21,144	29			
Mg mg/dL.	Entre grupos	,129	2	,064	,695	,508
	Dentro de grupos	2,501	27	,093		
	Total	2,629	29			
Ca:P	Entre grupos	,356	2	,178	1,497	,242
	Dentro de grupos	3,214	27	,119		
	Total	3,571	29			

Anexo E. Prueba de significancia de Tukey para los promedios de los niveles séricos de Ca, P, Mg mg/dL y relación Ca:P en suero de vacas.

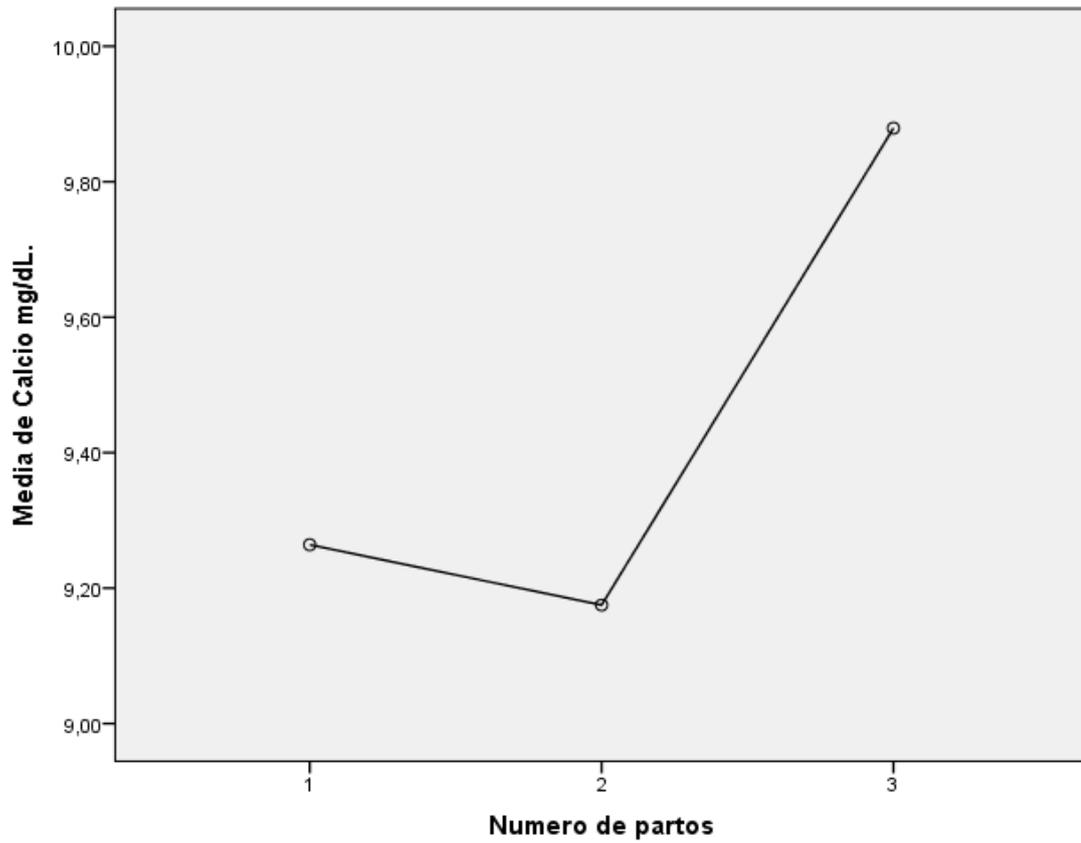
Pruebas post hoc

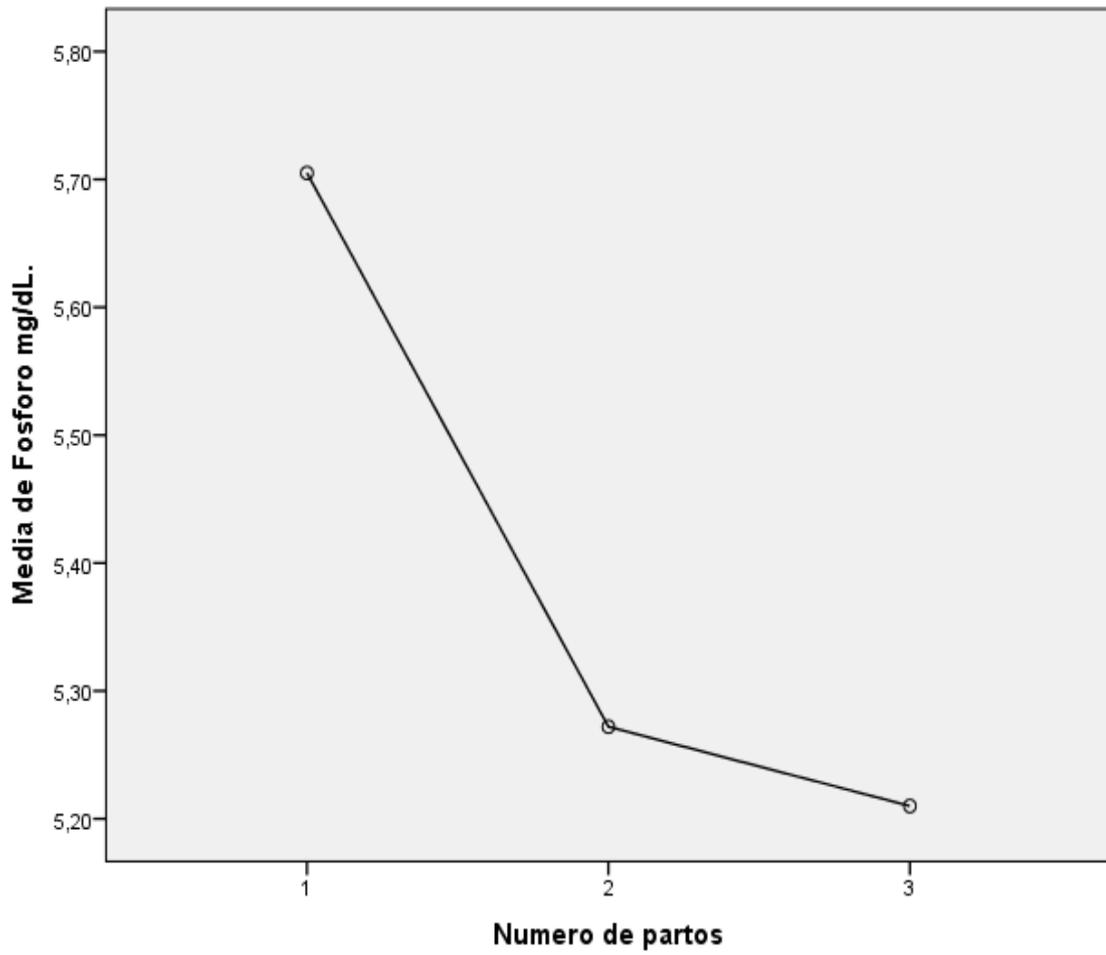
Comparaciones múltiples

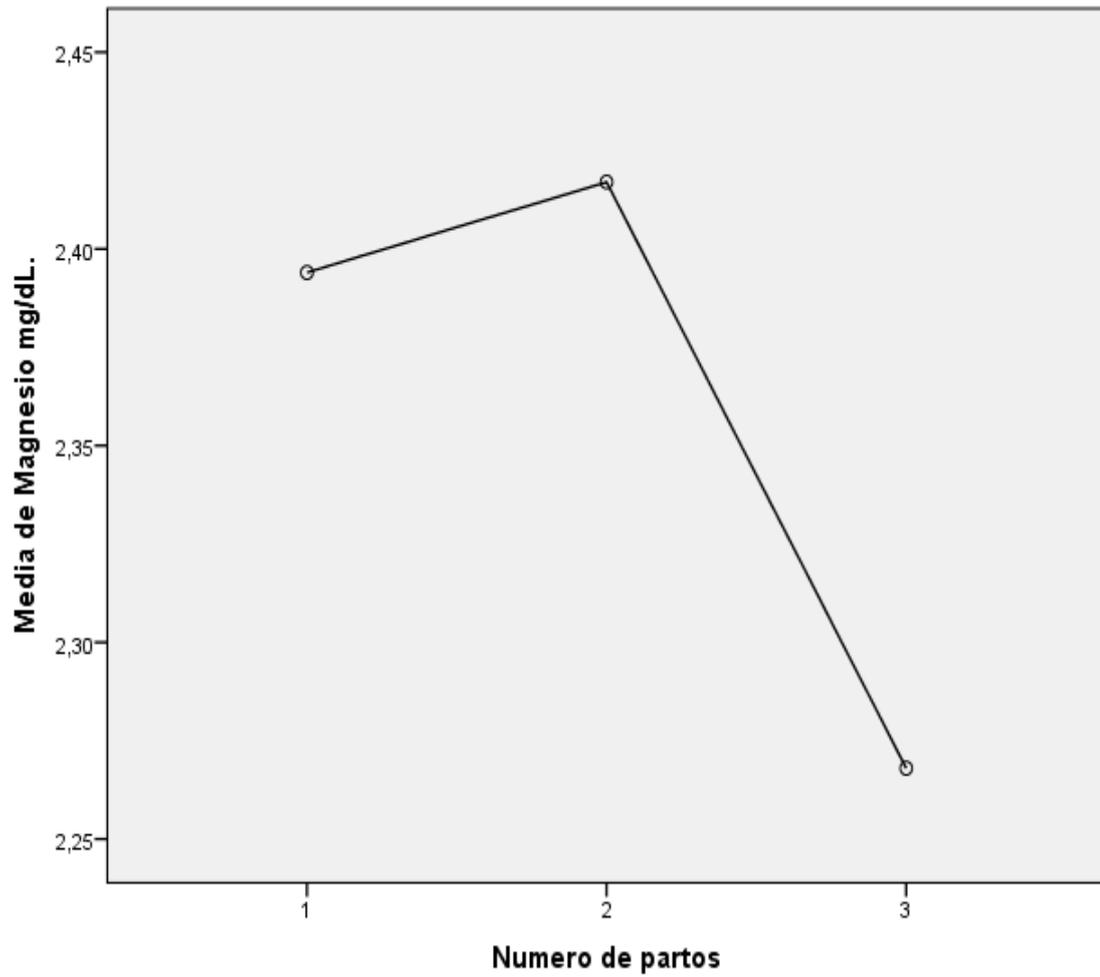
Variable dependiente	(I) Número de partos	(J) Número de partos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
Ca mg/dL.	HSD Tukey 1	2	,08900	,41473	,975	-,9393	1,1173
		3	-,61500	,41473	,315	-1,6433	,4133
	2	1	-,08900	,41473	,975	-1,1173	,9393
		3	-,70400	,41473	,225	-1,7323	,3243
	3	1	,61500	,41473	,315	-,4133	1,6433
		2	,70400	,41473	,225	-,3243	1,7323
P mg/dL.	HSD Tukey 1	2	,43300	,38190	,502	-,5139	1,3799
		3	,49500	,38190	,410	-,4519	1,4419
	2	1	-,43300	,38190	,502	-1,3799	,5139
		3	,06200	,38190	,986	-,8849	1,0089
	3	1	-,49500	,38190	,410	-1,4419	,4519
		2	-,06200	,38190	,986	-1,0089	,8849
Mg mg/dL.	HSD Tukey 1	2	-,02300	,13610	,984	-,3605	,3145
		3	,12600	,13610	,629	-,2115	,4635
	2	1	,02300	,13610	,984	-,3145	,3605
		3	,14900	,13610	,525	-,1885	,4865
	3	1	-,12600	,13610	,629	-,4635	,2115
		2	-,14900	,13610	,525	-,4865	,1885
Ca:P	HSD Tukey 1	2	-,13500	,15431	,660	-,5176	,2476
		3	-,26700	,15431	,213	-,6496	,1156
	2	1	,13500	,15431	,660	-,2476	,5176
		3	-,13200	,15431	,672	-,5146	,2506
	3	1	,26700	,15431	,213	-,1156	,6496
		2	,13200	,15431	,672	-,2506	,5146

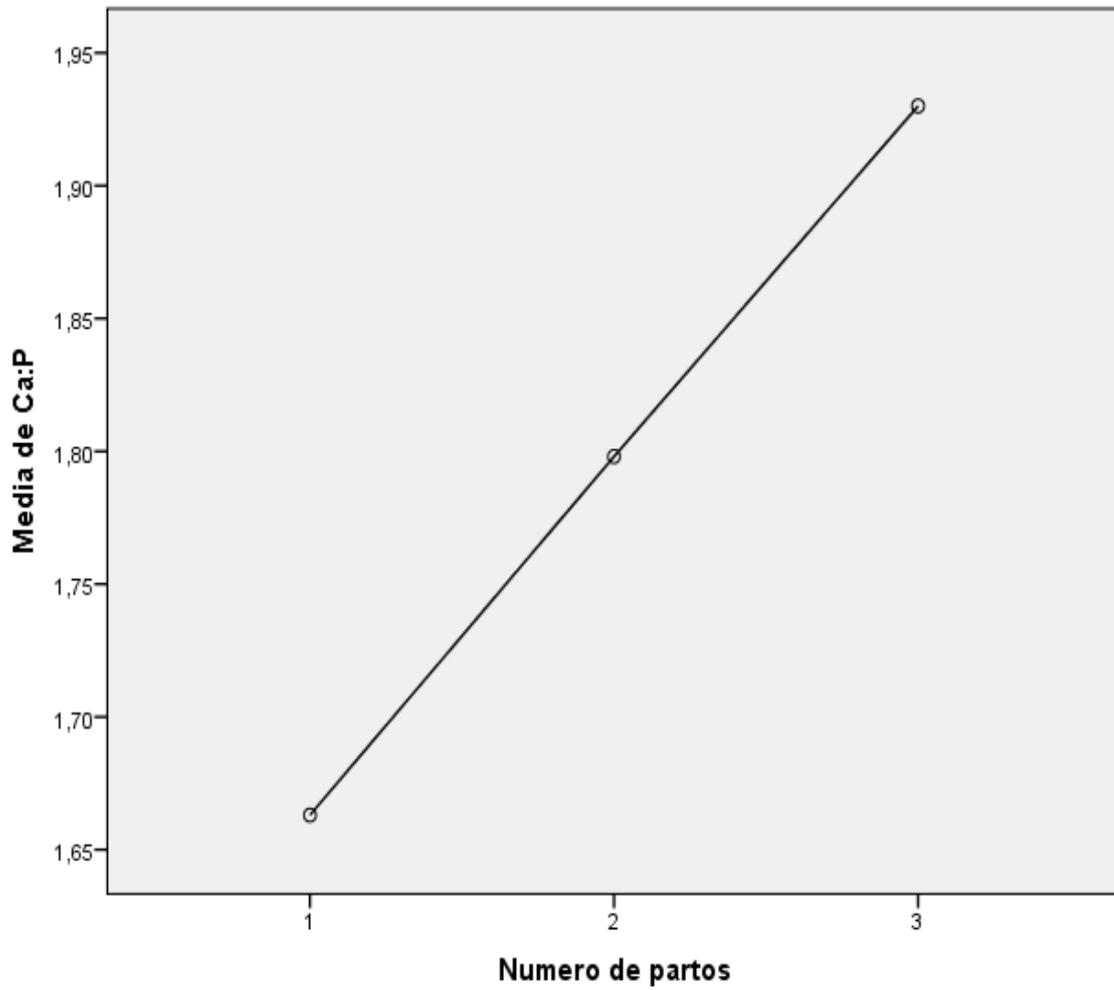
Anexo F. Gráficos de medias para promedios de los niveles séricos de Ca, P, Mg mg/dL y relación Ca:P en suero de vacas.

Gráficos de medias









Anexo G. Correlaciones de Pearson para Ca, P, Mg mg/dL en suero de vacas.

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
relación producción y macrominerales	8,7667	1,88850	30
Ca mg/dL.	9,4393	,94977	30
P mg/dL.	5,3957	,85388	30
Mg mg/dL.	2,3597	,30112	30
Ca:P	1,7970	,35090	30

Correlaciones

		Ca mg/dL.	P mg/dL.	Mg mg/dL.
Ca mg/dL.	Correlación de Pearson	1	-,069	-,044
	Sig. (bilateral)		,719	,816
	N	30	30	30
P mg/dL.	Correlación de Pearson	-,069	1	,202
	Sig. (bilateral)	,719		,286
	N	30	30	30
Mg mg/dL.	Correlación de Pearson	-,044	,202	1
	Sig. (bilateral)	,816	,286	
	N	30	30	30

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Anexo H. Correlaciones para la producción de leche y Ca, P, Mg

Correlaciones

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Calcio mg/dL.	9,4393	,94977	30
Fosforo mg/dL.	5,3957	,85388	30
Magnesio mg/dL.	2,3597	,30112	30
Producción de leche	8,7667	1,88850	30

Correlaciones

		Calcio mg/dL.	Fosforo mg/dL.	Magnesio mg/dL.	Producción de leche
Calcio mg/dL.	Correlación de Pearson	1	-,069	-,044	,423*
	Sig. (bilateral)		,719	,816	,020
	N	30	30	30	30
Fosforo mg/dL.	Correlación de Pearson	-,069	1	,202	-,343
	Sig. (bilateral)	,719		,286	,064
	N	30	30	30	30
Magnesio mg/dL.	Correlación de Pearson	-,044	,202	1	-,078
	Sig. (bilateral)	,816	,286		,681
	N	30	30	30	30
Producción de leche	Correlación de Pearson	,423*	-,343	-,078	1
	Sig. (bilateral)	,020	,064	,681	
	N	30	30	30	30

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Anexo I. Correlaciones entre condición corporal y Ca, P, Mg

Correlaciones no paramétricas

			Condición Corporal	Calcio mg/dL.	Fosforo mg/dL.	Magnesio mg/dL.
Rho de Spearman	Condición Corporal	Coeficiente de correlación	1,000	-,088	,181	-,051
		Sig. (bilateral)	.	,643	,338	,790
		N	30	30	30	30
	Calcio mg/dL.	Coeficiente de correlación	-,088	1,000	-,109	-,043
		Sig. (bilateral)	,643	.	,566	,820
		N	30	30	30	30
	Fosforo mg/dL.	Coeficiente de correlación	,181	-,109	1,000	,186
		Sig. (bilateral)	,338	,566	.	,324
		N	30	30	30	30
	Magnesio mg/dL.	Coeficiente de correlación	-,051	-,043	,186	1,000
		Sig. (bilateral)	,790	,820	,324	.
		N	30	30	30	30