

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS VETERINARIAS**



**Determinación de niveles séricos de calcio y fósforo en  
Caballos Pura sangre de Carrera (*Equus ferus*) de 2  
años de edad del Hipódromo de Monterrico – Surco**

Tesis para optar el título profesional de Médica Veterinaria

Brenda Zulema Medina Romero

**Lima, Perú,**

**Abril del 2017**

## *DEDICATORIA*

La presente tesis va dedicada en primer lugar a DIOS, quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y encarar las adversidades que se presentaban.

A mis 3 ángeles, sé que desde el cielo están conmigo en cada paso que doy y están orgullosos de mí, de la mujer, madre y profesional en la que me he convertido.

A mí amada hija BRUNELLA por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mi padre por brindarme los recursos necesarios para poder concluir mi carrera.

A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas, amor y con sus palabras de aliento no me dejaba decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante.

A mis hermanos, Jean Carlos, Jonathan y Kathy por estar siempre presentes acompañándome.

## *AGRADECIMIENTOS*

A DIOS por darme paciencia y llenar mi alma de fortaleza en los momentos más difíciles.

A mi familia por siempre estar conmigo apoyándome.

A mi director de tesis, el Mg.(c) José Luis Collao, por su confianza, ánimos, paciencia y apoyo constante en la realización de este trabajo.

Al personal del Hipódromo de Monterrico, por brindarme las facilidades en la toma de muestras a sus caballos.

A mis jurados: Guillermo Leguía, Mauricio Jara y Wilmer Jara por su apoyo constante en la realización de este trabajo.

Al profesor Luis Alberto Delgado por su ayuda en la parte estadística de esta tesis.

A mis amigas, Yamileth y Yajaira por su amistad y los momentos vividos a lo largo de toda la carrera.

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS</b> .....	<b>7</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10</b>
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	<b>12</b>
2.1 GENERALIDADES DEL DEPORTE ECUESTRE.....	12
2.2 EL CABALLO PURA SANGRE DE CARRERA (PSC).....	13
2.2.1 <i>Origen y evolución del caballo</i> .....	13
2.2.2 <i>Origen del caballo PSC</i> .....	15
2.2.3 <i>Características del caballo PSC</i> .....	16
2.2.4 <i>Desarrollo del caballo</i> .....	17
2.3 NUTRICIÓN DEL CABALLO.....	19
2.3.1 <i>Importancia de la nutrición</i> .....	19
2.3.2 <i>Alimentos en la ración</i> .....	20
2.4 MINERALES EN LA NUTRICIÓN DEL CABALLO PSC.....	21
2.4.1 <i>Funciones generales de los minerales</i> .....	21
2.4.2 <i>Calcio (Ca)</i> .....	22
2.4.3 <i>Fósforo (P)</i> .....	23
2.4.4 <i>Metabolismo del calcio y fósforo</i> .....	23
2.4.5 <i>Absorción del calcio y fósforo</i> .....	25
2.4.6 <i>Excreción del calcio y fósforo</i> .....	26
2.4.7 <i>Niveles normales de calcio y fósforo en sangre</i> .....	26
2.4.8 <i>Importancia del calcio y fósforo en la ración</i> .....	27
2.5 ENTRENAMIENTO DEL CABALLO PSC.....	28

2.5.1	<i>Dolencias más frecuentes</i> .....	28
<b>III.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>35</b>
3.1	OBJETIVO GENERAL .....	35
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	35
<b>IV.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>36</b>
4.1	DISEÑO METODOLÓGICO .....	36
4.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
4.3	MATERIALES PARA LA COLECCIÓN DE MUESTRAS.....	37
4.4	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	37
4.5	PROCEDIMIENTOS .....	38
4.5.1	<i>Toma de muestras</i> .....	38
4.5.2	<i>Procesamientos de las muestras en el laboratorio bioanálisis</i> .....	39
4.6	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	41
4.7	ASPECTOS ÉTICOS.....	42
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>43</b>
<b>VI.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>46</b>
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>50</b>
<b>VIII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>51</b>
<b>IX.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>52</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>58</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIG. 1:</b> COMPARACIÓN DEL EOHIPPUS (ANCESTRO) CON EL EQUUS (ACTUAL).....	13
<b>FIG. 2:</b> CABALLO PURA SANGRE DE CARRERA (PSC) .....	17
<b>FIG. 3:</b> ESTRECHAMIENTO DEL CONDUCTO MEDULAR EN VÉRTEBRAS CERVICALES C4-C7 .....	30
<b>FIG. 4:</b> EFUSIÓN ARTICULAR EN ARTICULACIÓN TARSIANA EN UN EQUINO CON OCD .....	31
<b>FIG. 5:</b> RADIOGRÁFICA DE ARTICULACIONES DISTALES DEL TARSO .....	33

# ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS

<b>TABLA 1:</b> NECESIDADES NUTRITIVAS EN LAS RACIONES DE LOS CABALLOS (NRC) .....	20
<b>TABLA 2:</b> OPERACIONALIZACION DE VARIABLES .....	38
<b>TABLA 3:</b> PROTOCOLO PARA LA DETERMINACIÓN DE CALCIO SÉRICO .....	40
<b>TABLA 4:</b> PROTOCOLO PARA LA DETERMINACIÓN DE FÓSFORO SÉRICO .....	41
<b>CUADRO 1:</b> NIVELES SÉRICOS DE CALCIO Y FÓSFORO EN CABALLOS PSC DE 2 AÑOS DE EDAD.....	43
<b>CUADRO 2:</b> NIVELES SÉRICOS DE CALCIO Y FÓSFORO EN CABALLOS PSC DE 2 AÑOS DE EDAD SEGÚN SEXO .....	44
<b>CUADRO 3:</b> NIVELES SÉRICOS DE CALCIO Y FÓSFORO PARA CABALLOS PSC DE 2 AÑOS DE EDAD SEGÚN PROCEDENCIA .....	45

## Resumen

La presente investigación tuvo por objetivo determinar los niveles séricos de calcio y fósforo en Caballos Pura Sangre de Carrera (PSC) de 2 años de edad del Hipódromo de Monterrico, con la finalidad de poder identificar desbalance de minerales y poder mejorar las raciones nutricionales en estos animales durante el ejercicio. Para el propósito se utilizaron 50 caballos PSC, 25 machos y 25 hembras de 2 años de edad aparentemente sanos procedentes del norte y sur del país, y de los Estados Unidos. De cada animal se obtuvo una muestra de 3 ml de sangre venosa de la que se separó el suero mediante centrifugación para posteriormente determinar los niveles de calcio y fósforo mediante el método de Calcio Arsenazo III y la reacción del ión fosfato con molibdato ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ). Los datos fueron analizados mediante la prueba de  $X^2$  (chi cuadrado) con el programa estadístico InfoStat®.

Los rangos de niveles séricos obtenidos fueron:  $12.73 \pm 3.83$  mg/dl para el calcio y  $4.22 \pm 1.82$  mg/dl para el fósforo. Con respecto al sexo se determinó que no hay diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) entre los niveles de calcio y fósforo. Con respecto a la procedencia, se observó una diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) del valor sérico de fósforo, entre los caballos provenientes del sur y norte del país con los provenientes del extranjero (EE.UU.); sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas significativas con respecto al valor sérico de calcio.

Palabras claves: Caballo Pura Sangre de Carrera, calcio, fósforo, ejercicio, hipódromo.



## Abstract

The objective of the present investigation was to determine serum levels of calcium and phosphorus in two - year - old Pura Sangre de Carrera (PSC) of Monterrico Hippodrome, in order to identify imbalance of minerals and to improve nutritional rations in these Animals during exercise. For the purpose, 50 PSC, 25 male and 25 apparently healthy 2-year-old females from the north and south of the country and the United States were used. A sample of 3 ml of venous blood was obtained from each animal and the serum was separated by centrifugation to determine the calcium and phosphorus concentrations by the Calcium Arsenazo III method and the reaction of the phosphate ion with molybdate ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ). The data were analyzed using the X<sup>2</sup> test (chi square) with the statistical program InfoStat®

The serum concentration ranges obtained were:  $12.73 \pm 3.83$  mg / dl for calcium and  $4.22 \pm 1.82$  mg / dl for phosphorus. Regarding sex, it was determined that there was no significant statistical difference ( $p < 0.05$ ) between calcium and phosphorus levels. Regarding the provenance, a significant statistical difference ( $p < 0.05$ ) of the serum phosphorus value was observed between horses from the south and north of the country with those from abroad (USA), however, no Observed statistically significant differences with respect to the serum calcium value.

Keywords: Purebred Thoroughbred Horse, calcium, phosphorus, exercise, hippodrome.

# I. Introducción

Los equinos han pasado de ser animales utilizados para el trabajo y la guerra a formar parte de competencias hípcas tales como las carreras de velocidad, la equitación, prueba completa y demás. Esto junto a la facilidad para su domesticación, lo ha llevado a desempeñar un papel importante en el desarrollo de la humanidad durante los últimos 5,000 años (1).

El caballo es un atleta por naturaleza, un animal adaptado a la velocidad y la resistencia, lo que, sumado a su instinto de coraje y nobleza, lo han hecho ocupar un lugar muy importante en la vida del hombre y de su historia. En la actualidad el caballo se usa principalmente para el deporte, de manera que, las carreras de caballos representan una industria popular y multimillonaria; sin embargo, los animales que participan en estas competencias son sometidos a grandes esfuerzos físicos, predisponiéndolos a distintas alteraciones patológicas como son las dolencias “musculo-esqueléticas” (2).

Por ello, es importante para los propietarios, criadores y preparadores que los animales estén en óptimas condiciones de salud mediante un régimen alimenticio adecuado, buenos cuidados, ejercicio regular y constante atención del estado general de salud del animal (3).

Se considera que cuando los caballos jóvenes pura sangre de carrera (PSC) comienzan con el entrenamiento aproximadamente a los 2 años de edad, aún no han alcanzado su madurez ósea. Algunas deficiencias nutricionales de minerales (calcio, fósforo, magnesio, zinc, molibdeno, cobre, entre otros) pueden contribuir al retraso de la madurez ósea del caballo (4).

Dentro de estos minerales los más importantes son el Calcio (Ca) y el Fósforo (P) que comprenden la mayor parte del contenido mineral del cuerpo. Aproximadamente el 80% del Fósforo y el 99% del calcio están almacenados en el organismo y se localizan en el esqueleto como constituyente de los huesos y de los dientes, por lo que son vitales en la formulación de la dieta de un animal deportivo (5).

Por tal motivo, una de las formas de evaluar el estado de salud de un animal deportivo es midiendo los niveles séricos de algunos minerales como el calcio y el fósforo. Esto nos será de mucha ayuda ya que nos permitirá identificar las deficiencias nutricionales en estos animales para así poder prevenir posibles alteraciones patológicas como las dolencias “musculo-esqueléticas” en los caballos PSC al empezar con el entrenamiento.

La presente tesis tuvo por objetivo determinar los niveles séricos de calcio y fósforo en caballos PSC de 2 años de edad del Hipódromo de Monterrico, para poder identificar la presencia de un desbalance de minerales y así poder mejorar las raciones nutricionales en estos animales durante el ejercicio.

## II. Antecedentes

### 2.1 Generalidades del deporte ecuestre

El deporte ecuestre tiene aspectos peculiares respecto a las actividades consideradas como deporte. En primer lugar, el caballo es un deportista como el humano que lo monta; en segundo lugar, ambos tanto el jinete y como el caballo, tienen su propia y particular tipo de inteligencia, personalidad, carácter y habilidades. Estas distinciones son decisivas al formar la combinación, o el binomio, como dicen en el mundo hípico (6).

Existen evidencias que el caballo fue domesticado hace cinco o seis mil años, poco tiempo después, el hombre encontró los grandes beneficios de su uso como transporte en situaciones de guerra y cacería. De manera que, el cambio hacia el uso del caballo con fines deportivos como principal actividad, vino en tiempos modernos (7). En los últimos tiempos el caballo de carrera y su rápida evolución, han experimentado un desarrollo de la actividad dentro de los hipódromos, lo cual genera un creciente ingreso económico. De tal forma, la hípica está cada vez mejor catalogada a nivel internacional (8).

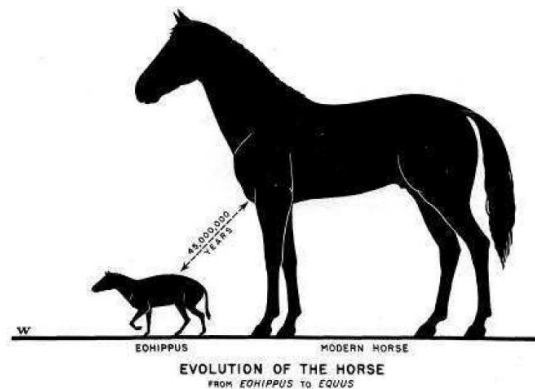
En la actualidad, este deporte genera más interés, por lo cual el mercado del caballo se ha convertido en un factor económico considerable (6). Esto se debe en gran parte a que representa una fuente de ingresos para la sociedad, por la gran influencia en la generación de puestos de trabajo (1).

## 2.2 El caballo Pura Sangre de Carrera (PSC)

El Caballo Pura Sangre de Carrera (PSC), ante todo, es un corredor y su adaptación al ejercicio deriva de modificaciones impuestas al organismo por la crianza y la explotación de la raza, la cual se debe de dar dentro de un régimen particular para el deporte (2).

### 2.2.1 Origen y evolución del caballo

La historia paleontológica del equino (*Equus*) es aún muy confusa, pero en general se sabe que es originario de América del norte, donde se desarrollaron hasta alcanzar el género *Equus* al cual pertenece hoy en día (9). Estos caballos evolucionaron durante millones de años desde un ancestro original (*eohippus*) cual diferencia más obvia, con el caballo actual (*equus*) es el pequeño tamaño del original (2) (Fig. 1).



**Fig. 1:** Comparación del Eohippus (ancestro) con el Equus (actual)

**Fuente:** Collao, 2011

En el período glacial (175.000 años atrás) desapareció el género *Equus* del territorio americano, pero gracias al estrecho de Bering se había logrado diseminar hacia el resto del mundo antes de

su extinción en este continente. Es por esto que los equinos encontrados hoy en día en América descienden de aquellos que fueron traídos por los conquistadores españoles (9).

La relación entre el hombre y el caballo se inició en el suroeste de Asia, en Irak, Siria e Israel donde el clima cálido y húmedo posglaciar se volvió más seco. Ante esto, la aparición de gramíneas llevó al hombre a buscar otro tipo de vida, pasando de recolector a productor, ello supuso la gran revolución neolítica, desencadenando la domesticación de plantas y animales. Al inicio, los équidos eran cazados, su domesticación se realizó con la perspectiva de provisión de alimentos (carne y leche), pero ante la necesidad del hombre se encontró en su domesticación un interés, utilizándolo como medio de transporte (10). Desde entonces, manadas de caballos salvajes fueron domesticadas para un nuevo uso, esta vez como arma de guerra. Los primeros criadores de caballos tomaron conciencia de lo importante que era la buena alimentación para el rendimiento de los caballos que tiraban de sus carros de guerra. Tiempo después (680 a.C.), las carreras de carros tirados por caballos y las carreras de caballos con jinete fueron grandes acontecimientos en Grecia, Etruria y Roma. Para el año 545 d.C. las carreras de caballos fueron desapareciendo ya que se anularon todo tipo de espectáculo circense. A pesar de esto, durante muchos años, los mejores caballos fueron seleccionados como padrillos para que transmitieran sus cualidades. Hacia el año 1074 d.C., en Inglaterra, las carreras de caballos resurgieron como una derivación de la caza, donde los jinetes gustaban de comprobar la velocidad de sus caballos contra la de otros cazadores. En el siglo XIX, la aparición del motor de combustión interna produjo en todo el mundo, una declinación

importante de la población equina, viéndose un aumento en su uso para paseos, entrenamiento y deportes como es el caso de las carreras de caballos (2).

### **2.2.2 Origen del caballo PSC**

La raza PSC se inició en Inglaterra, primero por cruzamiento y después por mestizaje y selección; desde fines del siglo XVII hasta mediados del XVIII importaron caballos árabes, turcos y berberiscos para aumentar la velocidad de los caballos utilizados para el deporte popular de las carreras. El PSC surgió a partir de tres caballos importados: el Byerley Turk, el Darley Arabian y el Godolphin Arabian (11). Es ahí donde empezaron a cruzar estos tres ejemplares con las yeguas nativas, que eran más fuertes, pero más pesadas, consiguiendo caballos capaces de llevar cierto peso a gran velocidad sobre una distancia considerable. Desde entonces se convirtió en el nuevo ejemplar de las carreras. Así comenzó un proceso de cría y selección cruzando los mejores padrillos con las mejores yeguas basado en la excelencia establecida en las pistas (1).

Hacia el final del siglo XVIII quedó establecida la identidad del PSC. El primer registro genealógico (Stud Book) fue publicado en 1791 por James Weatherby, y en él se incluían el pedigrí y las genealogías de los potros y las yeguas que habrían de fundar la estirpe. Además, reconoce oficialmente la intervención de los caballos como reproductores que actuaron en distintas épocas en la producción del caballo de carrera (9).

### **2.2.3 Características del caballo PSC**

El Pura Sangre Inglés (PSI) o Fina Sangre de Carrera (FSC) también son denominados Pura Sangre que proviene del término “kehailain”, expresión con que los árabes designaban a sus caballos de raza pura y cuya traducción literal es “de la sangre más pura”. Mientras que la denominación Carrera deriva de su característica fundamental, la velocidad, que es fija y común a la mayoría de los representantes (2).

Posee una cabeza fina y bien modelada, ojos grandes y salientes bien separados a ambos lados, orejas de tamaño mediano y móviles, su piel y pelaje muy finos, con cuello largo y recto. Su alzada puede variar entre 1.52 hasta más de 1.70 metros, y su peso corporal oscila en el rango de 380 a 550 kilos. Presenta un tórax triangular, lo que le permite una mayor capacidad cardiorrespiratoria, teniendo la capacidad de aumentar hasta seis veces su frecuencia cardíaca basal y su habilidad para aumentar ostensiblemente su metabolismo (9) (Fig. 2). Es por ello que, esta raza se caracteriza por ser atlética, vigorosa y de temperamento nervioso, logrando un desarrollo para galopar a alta velocidad en distancias de carreras intermedias que abarcan desde los 1200 hasta 2400 metros (8).





**Fig. 2:** Caballo Pura Sangre de Carrera (PSC)

**Fuente:** Veliz, 2010

#### **2.2.4 Desarrollo del caballo**

Década tras década, el interés por mantener en buen estado al caballo PSC desde su nacimiento es mayor; una buena crianza permite un adecuado desarrollo del potro, evitando deficiencias que luego condicionarán su aptitud a las actividades que se le tengan destinadas (12).

##### **a. Potrillo**

Al nacer el potro, la yegua secreta la primera leche, el calostro, que es de vital importancia, puesto que le proporciona una importante protección inmunitaria. El consumo debe llevarse a cabo en las primeras 3-4 horas de vida; los potros pueden llegar a mamar 100 veces en 24 horas durante los primeros días de vida (13).

Cuando el potrillo tiene 4-5 semanas de vida comienza a ingerir alimento sólido, comenzando con cantidades pequeñas y luego se va incrementando paulatinamente especialmente a partir del tercer mes de vida cuando la producción láctea de la yegua comienza a disminuir. Por ello, es importante apartar a la madre ya que intentará robar la comida; algunos haras usan el sistema de “creep feeding” que consiste en soltar a las yeguas con sus potrillos a campo y utilizar alambrados que dejen pasar por debajo a los potrillos, pero no a las yeguas, permitiendo a los primeros llegar al lugar donde está el grano y dejarles comer libremente. Si bien este método puede ser más sencillo y barato, tiene una gran contra que es que no se puede controlar la cantidad de grano que el potrillo está consumiendo (1).

#### **b. Destete**

El destete suele realizarse a los 6 meses de edad de forma progresiva o bruscamente, generalmente cuando el animal ha alcanzado un peso mínimo de 225 kilos. (12). Es una etapa traumática donde se debe vigilar a los potrillos con especial atención, ya que es un proceso muy estresante en el que pueden dejar de comer o hacerlo en exceso, tener accidentes en el picadero o presentar enfermedades (13).

En algunos haras, se separa luego de que se ha racionado en el picadero cuando la yegua ya ha terminado de comer, pero el potrillo aun lo está haciendo. Cada madre es separada lo suficiente para que no pueda escuchar a su potrillo, lo cual evita el estrés porque el potrillo termina de comer y se encuentra en el lote rodeado de potrillos y sus madres. Si bien su madre no está, la

manada es la misma por lo que el cambio no es tan brusco; luego es llevado al box donde se encontraba con su madre. Posteriormente, se puede notar que el potrillo está nervioso el primer día, pero para el segundo estará mejor (1). Una vez realizado el destete la ración seca será la única fuente de alimentación del potro, es importante que esta sea apetente para conseguir el consumo adecuado y permita un crecimiento óptimo del animal (12).

## **2.3 Nutrición del caballo**

A principios de los años 90, las investigaciones en el campo nutricional tomaron protagonismo en varios países del mundo. Con esto, se produjo un cambio radical en la formulación de las dietas que hoy se ofrece a los caballos de carrera. Hoy en día, la información sobre una alimentación correcta en caballos es escasa, basándose sobre todo en conocimientos empíricos (14).

Una alimentación correcta debe brindar los aportes nutricionales que garanticen una adecuada expresión deportiva del potencial genético de cada animal, tanto durante su crecimiento como en su vida deportiva (15). Es por ello que, la alimentación durante el período de crecimiento es muy importante para obtener el máximo rendimiento del animal. Adicionalmente, una buena crianza permite un adecuado desarrollo del potro, evitando deficiencias que luego condicionarán su aptitud (12).

### **2.3.1 Importancia de la nutrición**

Para conseguir un correcto desarrollo del potro se deben cubrir las necesidades nutricionales, en calidad y cantidad, mediante

la administración de un conjunto de elementos básicos y primordiales en la alimentación de los caballos, los cuales son: agua, energía, fibra, proteínas, minerales y vitaminas (16)

**Tabla 1:** Necesidades nutritivas en las raciones de los caballos (NRC)

	Unidad de medida	Potros en crecimiento		Caballos de ejercicio	
		Min	Max	Min	Max
<b>Energía</b>	Mcal ED/ kg MS	2.63	3.27	2.05	2.73
<b>Proteína</b>	g PB/Mcal	45	68	40	60
<b>Fibra</b>	90%	ND	25	ND	28
<b>Calcio</b>	g/Mcal	1.65	3xP	1.46	6xP
<b>Fosforo</b>	g/Mcal	0.90	Ca: 1,2	0.98	Ca: 1,2
<b>Forraje</b>	g/Mcal	153	S/L	244	S/L

ND: no disponible

S/L: sin límite

**Fuente:** (17)

### 2.3.2 Alimentos en la ración

Los caballos que se van a preparar para el deporte tienen un distinto aporte nutricional el cual va permitir alcanzar una buena performance y mantener al caballo saludable. Por este motivo, los caballos en líneas generales requieren de 1,5 al 3 % de su peso vivo en materia seca (18).

- Forrajes: el heno de leguminosas más usado es la alfalfa contiene mayor energía digestible (carbohidratos), altos niveles de proteínas, rica en fibra (celulosa), vitaminas y minerales.
- Concentrados: los granos de cereal como la avena (el más común y también aporta proteína), maíz, cebada y trigo representan una fuente principal de energía.
- Aditivos: suplementos de vitaminas y minerales, otros: nabo, zanahoria.
- Agua: El caballo requiere de 50-60 litros de agua por día, de buena calidad, sabor y olor (16).

## **2.4 Minerales en la nutrición del caballo PSC**

Como los atletas de alto rendimiento, los caballos PSC requieren un suministro equilibrado de minerales. Los minerales son nutrientes que están disueltos en la sangre y los tejidos del cuerpo. Están implicados en prácticamente todas las funciones del organismo, lo cual significa que son indispensables para el caballo y de aquí su importancia en el estudio de la medicina deportiva (19).

### **2.4.1 Funciones generales de los minerales**

Existen más de 20 minerales necesarios en el organismo, cada uno de ellos son necesarios para funciones biológicas, sistémicas y estructurales. Las principales funciones en general se resumen en:

- Conformación de la estructura ósea y dental (Ca, P Y Mg).

- Equilibrio ácido básico y regulación de la presión osmótica (Na, Cl y K).
- Sistema enzimático y transporte de sustancias (Zn, Cu, Fe y Se).
- Reproducción (P, Zn, Cu, Mn, Co, Se y I).
- Sistema inmune (Zn, Cu, Se y Cr).
- Procesos energéticos y de reproducción celular (P).
- Activadores de enzimas microbianas (Mg, Fe, Zn, Cu, y Mb).
- Producción de vitamina B12 (Co).
- Digestión de celulosa, asimilación de nitrógeno no proteico (NNP) y síntesis de vitaminas del complejo B (S).
- Procesos metabólicos (Na, Cl y K) (20).

## **2.4.2 Calcio (Ca)**

El calcio es el elemento más abundante en el cuerpo, aproximadamente el 99% está almacenado en el organismo. De manera que, forma gran parte de la estructura de los huesos (35%), representando el 2% del peso corporal (19). Es un catión (ion cargado positivamente) que se encuentra en la sangre de dos formas, una soluble o ionizada que representa el 50% del total, mientras que el 40-45% está ligado a las proteínas, principalmente a la albúmina y el resto se encuentra formando diferentes complejos con elementos orgánicos como el ácido nítrico, o con elementos inorgánicos, como el fosfato (21).

### **a. Funciones**

El calcio es vital para numerosas tareas esenciales como:

- El funcionamiento de las células

- Coagulación sanguínea
- Acción de las hormonas
- Composición de los huesos
- Controla la excitabilidad de los nervios y músculos (22).

### **2.4.3 Fósforo (P)**

El fósforo es un anión que constituye cerca del 1% del peso corporal y aproximadamente 80% del fósforo corporal está presente en los huesos y dientes como fosfato de calcio; es requerido para la formación de huesos (14 – 17%) (23). El mayor porcentaje de fósforo está presente en forma de cristal de hidroxapatita en la matriz del hueso mineralizado (24). Adicionalmente, en los tejidos blandos se encuentra en su mayoría en formas inorgánicas, mientras que en el suero sanguíneo se encuentra tanto en forma inorgánica como orgánica, y esta última es un constituyente de los lípidos (20).

#### **a. Funciones**

- Componente estructural del esqueleto al igual que el calcio.
- Forma parte de las reacciones de transferencia de energía (ADP).
- Estructura de la membrana celular.
- Participación en el buffer de la sangre.
- Síntesis de fosfolípidos, ácidos nucleicos y fosfoproteínas (25).

### **2.4.4 Metabolismo del calcio y fósforo**

La sangre es el medio de transporte por el cual se moviliza el calcio y fósforo del aparato digestivo a otros tejidos; la concentración del mineral en el plasma se logra mediante controles internos (20).

En el control del metabolismo se remite necesariamente a 3 órganos: el hueso, los riñones y el tubo digestivo. De mismo modo, intervienen factores hormonales muy importantes, como la paratohormona (PTH, hormona paratiroidea), la calcitonina (CT) y la vitamina D (1,25-dihidroxicolecalciferol), (26).

#### a. Órganos reguladores

- **Hueso:** es el principal reservorio mineral de calcio y fósforo del organismo. Se compone de una matriz orgánica, de una zona mineralizada y células osteoprogenitoras (da origen a las células osteoclasticas y osteoblasticas)
  - Células osteoclasticas: reabsorben el mineral del hueso, sacan el calcio y el fósforo de la zona mineralizada y lo pasan a la sangre.
  - Células osteoblasticas: tienen como función la formación del hueso, captan calcio y fósforo de la sangre para ir mineralizando el hueso (26)
- **Intestino:** tiene gran importancia por ser el sitio de absorción del calcio y fósforo, mediado por la acción de la vitamina D. La absorción ocurre en duodeno y yeyuno principalmente (20).
- **Riñón:** es el regulador definitivo del metabolismo del calcio y fósforo ya que produce la reabsorción tubular. La reabsorción tubular es aumentada o disminuida de acuerdo a la acción de las diferentes hormonas (26).

#### b. Factores hormonales reguladores

- **Paratohormona (PTH):** se sintetiza en la glándula paratiroides, su principal función es elevar los niveles séricos de calcio cuando estos empiezan a descender en el torrente sanguíneo.



Esta acción la realiza actuando directamente sobre el hueso y el riñón (aumentando la resorción tubular) e indirectamente sobre el intestino (mediada por la vitamina D, la PTH incrementa la síntesis de la vitamina D en el riñón y por esta vía se potencia la absorción de calcio a nivel intestinal) (27).

- **Vitamina D:** eleva los niveles séricos de calcio cuando se empieza a disminuir en el torrente sanguíneo. En el intestino facilita la absorción de calcio y fósforo, en el hueso activa a las células osteoclasticas, estimulando la resorción ósea, pero a su vez actúa sobre los osteoblastos, favoreciendo la mineralización; en el riñón facilita la reabsorción de calcio y fósforo e incrementa la respuesta del túbulo a la acción de la PTH (27). La vitamina D se produce en el organismo de forma endógena, en presencia de un aporte adecuado de luz solar el organismo va producir la cantidad necesaria (26).
- **Calcitonina (CT):** producida por las células “C” (parafoliculares) del tiroides; al contrario que la PTH y la vitamina D, la CT posee una acción hipocalcemiante, siendo el equilibrio entre las 3 hormonas. En el hueso, la calcitonina activa a las células osteoblásticas para aumentar la formación ósea introduciendo en este órgano calcio y fósforo. En el riñón la CT disminuye la reabsorción tubular de fósforo y calcio para evitar hipercalcemias postprandiales y favorecer la formación ósea introduciendo calcio y fósforo en el mismo (26).

#### **2.4.5 Absorción del calcio y fósforo**

El calcio se absorbe principalmente en el duodeno y yeyuno, dependiendo de la presencia de Vitamina D. El fósforo atraviesa la membrana celular intestinal ante la presencia de calcio y requiere

también de la presencia de Sodio (Na), su absorción es rápida y gran parte del fósforo se incorpora a los fosfolípidos que se encuentran en las células de la mucosa intestinal (20).

#### **2.4.6 Excreción del calcio y fósforo**

La excreción del calcio se da por tres vías: heces, orina y sudor, mientras que la excreción del fósforo se lleva a cabo a través de los riñones (26).

#### **2.4.7 Niveles normales de calcio y fósforo en sangre**

Existe un estudio realizado por Plasencia en el año 1965, donde se evaluaron niveles séricos de calcio y fósforo inorgánico, el cual contó con un promedio de 50 animales entre machos y hembras cuyas edades estaban comprendidas entre los 2 a 7 años. Los resultados fueron evaluados mediante un colorímetro fotoeléctrico con el cual se obtuvieron resultados de  $12.83 \pm 2.13$  mg/dl para calcio, y  $4.11 \pm 1.00$  mg/dl para fósforo solamente para los caballos de 2 años de edad (28).

El valor sérico de calcio fue de  $11.36 \pm 1.61$  mg/dl y de fósforo fue de  $2.60 \pm 1.43$  mg/dl, en un estudio realizado en Venezuela muestreando a 50 caballos PSC (23 hembras y 27 machos) con edades comprendidas entre 24 a 28 meses del Hipódromo Nacional de Santa Rita. (4).

Según un estudio realizado en Turquía donde se tomaron muestras sanguíneas a 9 caballos machos PSC, de 2 años de edad

antes del ejercicio, el valor sérico de calcio fue de  $11.63 \pm 0.22$  mg/dl y de fósforo fue de  $4.57 \pm 0.40$  mg/dl (29).

El valor sérico de calcio en caballos de caballería fue de 9.7 mg/dl y en caballos del hipódromo fue de 11.4 mg/dl, mientras, el valor de fósforo fue de 3.4 mg/dl para ambos, según un estudio realizado en Chile muestreando caballos adultos (30). Otro estudio en Chile para medir niveles plasmáticos de electrolitos, entre ellos el calcio, se muestreo 12 caballos pura sangre de carrera adultos de ambos sexos en reposo entre 6 a 9 años de edad que pertenecían a la Escuela de Caballería Blindada del Ejército, teniendo un valor de 5.14 mg/dl (21).

El valor de referencia según un estudio sobre el Perfil mineral del caballo de polo en Argentina es de  $10.6 \pm 1.3$  mg/dl para el calcio y  $4.3 \pm 0.4$  mg /dl para el fósforo, en el cual se muestreo a 6 hembras entre 5 y 15 años de edad (19). Y según los rangos de referencia del manual veterinario MERCK del año 2016, los valores de calcio oscilan de 10.2 - 13.4 mg/dl y de fósforo de 1.5 – 4.7 mg/dl (31).

#### **2.4.8 Importancia del calcio y fósforo en la ración**

Los caballos de carreras requieren un suministro equilibrado de minerales para el mantenimiento de tejido esquelético, la contracción muscular y transferencia de energía (32). De manera que, la inadecuada disponibilidad celular de calcio y fósforo retardara la osificación, resultando la inmadurez del hueso y haciendo al caballo más vulnerable a un stress traumático (4). Por esto, el caballo debe recibir cantidades adecuadas de calcio y fósforo y en la proporción

correcta (Ca/P), debiendo mantenerse en 1.6:1 a 2:1, pero no debiendo bajar nunca de 1.1:1. Recomendando aportes de calcio y fósforo de 4 y 2 g/kg de alimento respectivamente, en caballos de 18 – 24 meses de edad (12).

## **2.5 Entrenamiento del caballo PSC**

El entrenamiento de cualquier caballo PSC debe constar de 6 etapas, las cuales son: (a) amansada o etapa previa, (b) educación en torno, (c) primeros galopes en pista, (d) entrenamiento con trabajos cortos, (e) entrenamiento desde el partidor y (f) primera carrera (2).

El proceso de entrenamiento comienza aproximadamente cuando los caballos tienen 2 años de edad, siendo una raza de rápido crecimiento con inicio precoz en su doma y entrenamiento, sometida a grandes esfuerzos y con predisposiciones genéticas, los hace propensos a sufrir dolencias radicadas en el aparato músculo-esquelético (9). Una de las causas de estas dolencias es debido a una inmadurez ósea, originadas por la ausencia o desequilibrio de calcio y fósforo, minerales que son de suma importancia en el organismo (4).

### **2.5.1 Dolencias más frecuentes**

Los equinos jóvenes en crecimiento que han llevado una dieta deficiente de calcio y fósforo, tendrán como respuesta un retardo en la osificación, es decir, inmadurez ósea. A consecuencia de esto, se presentará el raquitismo, ocasionando huesos mal formados, engrosamiento de las articulaciones y cojeras. Mientras tanto, en los equinos adultos se presentará la osteomalacia, donde los huesos se

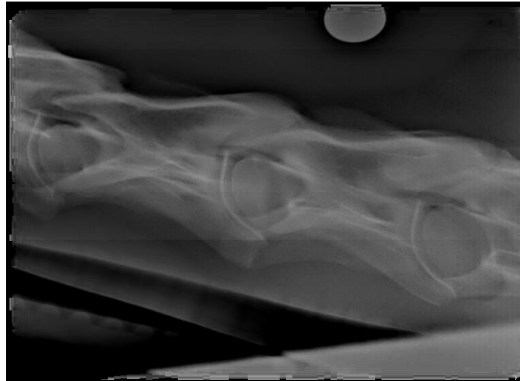
hacen frágiles y se fracturan con facilidad por una deficiencia de calcio (15).

**a. Deformidades**

Las deformaciones Oseas pueden ser angulares donde implica desviaciones hacia lateral o medial de los miembros, o flexulares, donde la deformidad implica la imposibilidad de extender por completo los miembros afectados. Muchas de las deformidades angulares se resuelven solas, siempre y cuando, los caballos reciban una dieta equilibrada de vitaminas y minerales (33).

**b. Síndrome de Incoordinación Motora (Wobbler)**

El Síndrome de Incoordinación Motora, conocido en la práctica clínica como Wobbler, es una manifestación clínica de muchas entidades patológicas que afectan la medula espinal de los caballos, produciéndoles ataxia, debilidad y espasticidad. Las causas más comunes de ataxia son: malformaciones de vértebras cervicales o Mielopatía Estenótica Cervical, también mala articulación y cambios degenerativos articulares, así como infecciones virales, bacterianas y parasitarias. La Mielopatía Estenótica Cervical, es una enfermedad del desarrollo caracterizada por malformación de las vértebras cervicales, con estrechamiento del canal medular y la compresión del cordón espinal (34) (Fig. 3).



**Fig. 3:** Estrechamiento del conducto medular en vértebras cervicales C4-C7

**Fuente:** Agapito C., 2013

### **c. Afecciones articulares**

Entre las alteraciones más comunes, tenemos:

#### ➤ **Osteocondritis disecante (OCD)**

Consiste en un fallo en la osificación normal de una articulación, de modo que, la osificación se producirá de forma anormal donde la zona defectuosa dejará un fragmento (fragmento osteocondral) que puede permanecer unido al resto del hueso, o quedar libre por el interior de la articulación. En cualquiera de los casos, esta anomalía actúa sobre la articulación irritándola, lo que causará un aumento de la cantidad de líquido sinovial en el interior de la articulación (engrosamiento de la zona) y en algunos casos dolor y en consecuencia cojera (35).

Las lesiones no tienden a ser en forma bilateral y simétrica, pero tienden a ser bilaterales en las articulaciones tarsales y de la babilla, y las cuadrilaterales en los nudos,

que es donde se presenta más comúnmente. Seguidamente, las articulaciones que también se ven afectadas son el hombro, el carpo, vértebras cervicales, cadera y codos (36) (Fig. 4).



**Fig. 4:** Efusión articular en articulación tarsiana en un equino con OCD

**Fuente:** Galinelly N. y Landoni MF., 2010

Uno de los factores que puede contribuir al desarrollo de OCD es la nutrición, específicamente, el desequilibrio de minerales (calcio y fósforo) que causan defectos en la maduración ósea. Se le atribuye más, a un aumento en los niveles de fósforo (cuatro veces mayor al recomendado) incrementan el número de lesiones producto de osteoporosis (disminución de la densidad del tejido óseo) y debilidad del hueso subcondral (37). Es por ello, que es necesario tener una atención cuidadosa en los excesos de fósforo en la alimentación del equino que se preparara para el mundo deportivo (35).

➤ **Enfermedad articular degenerativa (EAD)**

La EAD u osteoartritis es un estado avanzado de la degeneración articular, la cual lleva a un estado final de deterioro progresivo del cartílago articular, caracterizado por una partición y fragmentación de este. En esta alteración, ocurren cambios en el hueso tales como remodelación ósea, donde es posible observar puntas óseas en bordes articulares o áreas específicas de nueva producción de hueso en la superficie que ocurre alrededor de la cápsula articular en la unión con el hueso; estrechamiento del espacio articular, excesiva compresión y erosión del cartílago (38). En ocasiones, y en caso avanzado, puede llegar a dañar las articulaciones distales del tarso (proximal, distal y tarsometatarsal) que es donde se desarrolla comúnmente. De manera que el animal mostrara mucho dolor a la palpación, necesitando una buena anestesia articular para poder confirmar el diagnóstico mediante una radiografía (33) (Fig. 5).





**Fig. 5:** Radiográfica de articulaciones distales del tarso

**Fuente:** López J., Varela M., Holmbak R. y Vázquez R, 2007

#### **d. Fracturas**

Es la lesión más común encontrada en caballos PSC; los diferentes tipos de fracturas involucran diferentes huesos y localizaciones, siendo más frecuente en miembros anteriores. Dentro de las fracturas más comunes que se presentan están las de falange distal, falange proximal, sesamoideos proximales (más común) y del metacarpo. Los tipos de fractura se clasifican en completas (lesión divide en 2 o más partes al hueso); incompletas (lesión en un solo lado del hueso), simples (lesión divide al hueso en 2 piezas), conminuta (lesión provoca múltiples líneas de fractura, creando fragmentos óseos) (38). Se tiene también fracturas desplazadas (fragmentos óseos separados), no desplazadas (línea de fractura divide en 2 manteniendo las partes juntas). Las fracturas articulares (dentro

de la articulación), no articulares (no involucra la superficie) y fracturas "CHIP" (dentro de la articulación, pequeños fragmentos de cartílago y hueso que se desprende del borde óseo) (39).

#### **e. Periostitis metacarpiana dorsal**

La Periostitis del Hueso Metacarpiano o cañera o periostitis metacarpiana dorsal, es un padecimiento que se presenta en caballos jóvenes (2 - 3 años) de carreras, siendo los miembros anteriores los más afectados. En los equinos de dos años el hueso es menos rígido y por lo tanto hay un mayor esfuerzo de la estructura ósea, afectando más la superficie cortical dorsal del hueso durante el ejercicio. De modo que, a la palpación presenta inflamación, calor y dolor, incluso puede presentarse claudicación, la cual será muy evidente después del ejercicio intenso (34).

## III. Objetivos

### 3.1 Objetivo general

Establecer los niveles de calcio y fósforo en suero sanguíneo, en caballos de 2 años de edad del Hipódromo de Monterrico – Surco.

### 3.2 Objetivos específicos

- Determinar el nivel de calcio en suero sanguíneo en caballos de 2 años de edad del Hipódromo de Monterrico.
- Determinar el nivel de fósforo en suero sanguíneo en caballos de 2 años de edad del Hipódromo de Monterrico.
- Determinar si existen diferencias significativas entre los niveles séricos de calcio según sexo y procedencia en caballos de 2 años de edad del Hipódromo de Monterrico.
- Determinar si existen diferencias significativas entre los niveles séricos de fósforo según sexo y procedencia en caballos de 2 años de edad del Hipódromo de Monterrico.

## IV. Materiales y métodos

### 4.1 Diseño Metodológico

El presente fue un estudio descriptivo no experimental. Las muestras fueron obtenidas entre los meses de octubre y noviembre del 2016, siendo estos los meses en que llegaron los caballos de 2 años; los datos fueron colocados en una ficha de registro (Ver Anexo 1).

Los criterios de inclusión fueron: caballos pura sangre de carrera (PSC), aparentemente sanos y de 2 años de edad. Se excluyeron a los caballos mayores a 2 años de edad o con alguna lesión previa.

### 4.2 Población y muestra

La población de estudio fue todo caballo, que respetó los criterios de inclusión. Se tomaron muestras sanguíneas de los caballos PSC únicamente de 2 años de edad. Aproximadamente llegaron 500 caballos de 2 años de edad al Hipódromo de Monterrico. Para la obtención del tamaño de muestra se empleó la siguiente fórmula, llamada cálculo de poblaciones infinitas (40).

Dónde:

$Z^2$  = nivel de confianza

$\sigma^2$  = desviación estándar

$D^2$  = error

$$N = \frac{z^2 \sigma^2}{d^2}$$

Para esto se realizó un muestreo piloto de 10 animales (5 hembras y 5 machos). Ya teniendo los resultados de los niveles séricos de calcio y fósforo,

se utilizaron los valores de distribución estadística del fósforo para calcular el tamaño de muestra, obteniendo:

$$N = \frac{(1.96^2) (0.56^2)}{0.16^2} = \frac{(3.8416)(0.3136)}{0.0256}$$
$$N = \frac{1.20472576}{0.0256} = 47.0596$$

La población total que se obtuvo mediante la fórmula de tamaño de muestra fue de 47 animales, pero con el fin de homogenizar el resultado se optó por trabajar con un total de 50 animales (25 machos y 25 hembras).

### **4.3 Materiales para la colección de muestras**

- Tubos estériles tapa roja sin anticoagulante
- Agujas vacutainer numero 20G
- Capuchón vacutainer
- Alcohol 70%
- Algodón
- Gradilla
- Caja termica
- Gel frio
- Plumón indeleble (rotular)

### **4.4 Operacionalización de variables**

- Sexo: se registró en la ficha de datos el sexo de cada animal
- Procedencia: es el Haras de donde proviene cada animal, los cuales fueron divididos en 3 sectores. Los Haras de sur, del norte y del extranjero

- Nivel de calcio: nivel de la concentración sérica de calcio
- Nivel de fósforo: niveles de la concentración sérica de fósforo

**Tabla 2:** Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Sexo</b>	Variable nominal	Genero del animal	Hembra o macho	% de animales hembras y % de animales machos
<b>Procedencia</b>	Variable nominal	Haras del cual proviene	Nombre del haras	Norte, sur o extranjero
<b>Nivel de calcio</b>	Variable cuantitativa continua	Concentración de calcio en suero sanguíneo	Mg/dl	% de calcio en suero sanguíneo
<b>Nivel de fósforo</b>	Variable cuantitativa continua	Concentración de fósforo en suero sanguíneo	Mg/dl	% de fósforo en suero sanguíneo

## 4.5 Procedimientos

### 4.5.1 Toma de muestras

Previo a esta actividad se realizó la identificación individual de cada animal y se registró en la ficha de datos (ver anexo 1). Mediante la anamnesis al dueño o encargado del stud se realizó el examen físico para constatar su estado de salud. Las muestras en los distintos studs fueron tomadas los días

miércoles desde las 6h00 hasta las 9h00 de los meses de octubre y noviembre del 2016. Se realizaron los siguientes pasos:

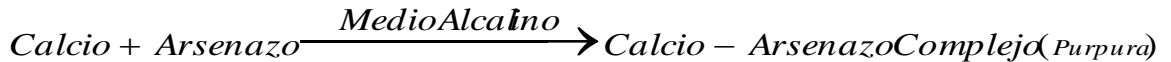
- Sujeción física del animal con ayuda del personal del stud.
- Se armó el capuchón y la aguja vacutainer N° 20, seguido de la desinfección de la zona a punzar.
- Se introdujo la aguja en la vena yugular del cuello y enseguida se introdujo un tubo tapa roja sin anticoagulante en la parte posterior de la aguja con ayuda del capuchón.
- Se extrajo 3 ml de sangre, se retiró suavemente la aguja y por último se dio un suave masaje.
- Se rotuló cada tubo con plumón indeleble de la siguiente manera: M1, M2 M3, ..., M25 para los machos y H1, H2, H3, ..., H25 para las hembras.
- Inmediatamente se colocó cada muestra en una gradilla al interior de una caja térmica con gel frío (4°C).
- Las muestras sanguíneas en la caja térmica con refrigerante fueron transportadas al laboratorio veterinario bioanálisis por el personal motorizado de la empresa. Cada muestra fue procesada inmediatamente llegada al laboratorio.

#### **4.5.2 Procesamientos de las muestras en el laboratorio bioanálisis**

Para la determinación de los niveles séricos de calcio, se siguieron estos pasos:

- Se llevó cada tubo con la muestra colectada a centrifugación a 500 rpm por un lapso de 10 minutos para separar el suero.
- Para la medición de calcio se utilizó la técnica de Calcio Arsenazo III.
  - Fundamento: El calcio reacciona con Arsenazo III en un medio ligeramente alcalino para formar un complejo color púrpura que se

pueda leer a 650 nm. La intensidad del color es proporcional a la concentración del calcio.



- Se utilizó un kit de la marca SANBIO LABORATORY, siguiendo el protocolo del fabricante:

**Tabla 3:** Protocolo para la determinación de calcio sérico

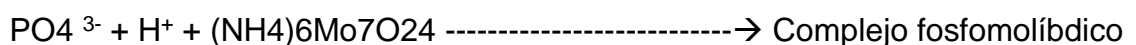
Tubo	Reactivo Blanco (ml)	Estándar (ml)	Muestra (ml)
<b>Estándar (10 mg/dl)</b>	----	0.010	----
<b>Muestra</b>	----	-----	0.010
<b>Reactivo</b>	1.0	1.0	1.0

- Se incubo los tubos a medio ambiente durante 1 minuto, luego se leyó las absorbancias de cada tubo a una longitud de onda de 650 nm, utilizando un analizador bioquímico automatizado MINDRAY BS-120.

Para la determinación de los niveles séricos de fósforo, se siguieron estos pasos:

- Se llevó cada tubo con la muestra colectada a centrifugación a 500 rpm por un lapso de 10 minutos para separar el suero
- Para la medición de fósforo se basó en la reacción del ión fosfato con molibdato ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ), que da lugar a fosfomolibdato ( $[\text{PO}_4\text{12MoO}_3]^{3-}$ ).

- Fundamento: El fosfomolibdato ( $[\text{PO}_4\text{12MoO}_3]^{3-}$ ) por reducción origina un compuesto cuya estructura exacta se desconoce, denominado “azul de molibdeno”





- Se utilizó un kit de marca HUMAN DIAGNOSTIC, siguiendo el protocolo del fabricante:

**Tabla 4:** Protocolo para la determinación de fósforo sérico

<b>Tubo</b>	Reactivo Blanco (ml)	Estándar (ml)	Muestra (ml)
<b>Estándar (10 mg/dl)</b>	----	0.010	----
<b>Muestra</b>	----	-----	0.010
<b>Reactivo</b>	1.0	1.0	1.0

- Se incubó los tubos por 1 minuto a medio ambiente, y se leyeron las absorbancias de las muestras y el estándar a una longitud de onda de 340 nm, utilizando un analizador bioquímico automatizado MINDRAY BS-120.
- Ya teniendo todos los resultados de calcio y fósforo de cada caballo que fueron enviadas al email personal, estos fueron colocados en un registro de datos del código del animal con sus respectivos valores (Ver anexo 2).

## 4.6 Técnicas para el procesamiento de la información

Los resultados del estudio fueron almacenados en tablas de frecuencia en hojas de cálculo del programa Microsoft Office Excel® 2010. Las variables sexo, procedencia y la relación calcio-fósforo fueron analizados mediante la prueba de  $X^2$  (chi cuadrado) con el programa estadístico InfoStat®.

## **4.7 Aspectos éticos**

Para la realización de este estudio, los propietarios y/o preparadores de los caballos en los diferentes Studs firmaron un consentimiento informado el cual acreditó el permiso para realizar esta investigación recolectando las muestras sanguíneas, aceptando que las informaciones de los resultados serán utilizadas únicamente con fines de investigación (Ver anexo 3).

## V. Resultados

Se determinaron los niveles séricos de calcio y fósforo de 50 caballos PSC de dos años de edad, provenientes de diferentes criaderos del país (norte y sur) y del extranjero (EE. UU). Las muestras fueron representadas por 25 machos y 25 hembras, los cuales se encontraban en etapas previas al inicio de su sistema de entrenamiento.

El Cuadro N°1 muestra los valores correspondientes al promedio y desviación estándar de los niveles séricos de calcio y fósforo de todos los animales del estudio (n=50). El valor promedio de los niveles séricos de calcio fue de  $12.73 \pm 3.83$  mg/dl con un mínimo de 8.90 mg/dl y máximo de 16.60 mg/dl, mientras que para los niveles de fósforo arrojaron un valor promedio de  $4.22 \pm 1.82$  mg/dl con un mínimo de 2.40 mg/dl y máximo de 6.10 mg/dl.

Cuadro 1: Niveles séricos de calcio y fósforo en caballos PSC de 2 años de edad

Variable	Media	D.E.	Min	Max
<b>Ca (mg/dl)</b>	$12.73 \pm 3.83$	0.98	8.90	16.60
<b>P (mg/dl)</b>	$4.22 \pm 1.82$	0.77	2.40	6.10

El Cuadro 2 nos muestra los valores correspondientes al promedio y desviación estándar de calcio y fósforo, según sexo (machos con n=25 y hembras con n=25). El valor promedio del calcio para los machos fue de  $12.84 \pm 3.94$  mg/dl, mientras que para las hembras fue de  $12.62 \pm 0.82$  mg/dl, entre los cuales no se observó diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ). Por otro

lado, el valor del fósforo para los machos fue de  $4.16 \pm 1.76$  mg/dl, mientras que para las hembras fue de  $4.28 \pm 1.08$  mg/dl, los cuales no mostraron diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 2. Niveles séricos de calcio y fósforo en caballos PSC de 2 años de edad según sexo

Sexo	Variable	Media	D.E.	Min	Max
Macho	Ca (mg/dl)	$12.84 \pm 3.94$	1.30	8.90	16.60
	P (mg/dl)	$4.16 \pm 1.76$	0.80	2.40	5.60
Hembra	Ca (mg/dl)	$12.62 \pm 0.82$	0.51	11.80	13.80
	P (mg/dl)	$4.28 \pm 1.08$	0.76	3.20	6.10

El Cuadro 3 nos muestra los valores correspondientes a la media y desviación estándar de calcio y fósforo de animales provenientes de diferente procedencia. Para los animales provenientes del norte ( $n=22$ ), se obtuvo un valor de  $12.89 \pm 0.99$  mg/dl para calcio y  $4.51 \pm 1.03$  mg/dl para fósforo. Mientras que, para los animales provenientes del sur ( $n=20$ ), se obtuvo un valor de  $12.63 \pm 3.73$  mg/dl para calcio y  $4.07 \pm 1.55$  mg/dl para fósforo. Por último, para los animales provenientes del extranjero ( $n=8$ ) se obtuvo un valor de  $12.55 \pm 0.85$  mg/dl para calcio y  $3.80 \pm 1.4$  mg/dl para fósforo. Se observó que no existió diferencia estadística significativa en los niveles séricos de calcio entre ninguno de los grupos; sin embargo, en la comparación de los niveles séricos de fósforo se observó diferencia estadística significativa en el grupo cuya procedencia fue del extranjero ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 3: Niveles séricos de calcio y fósforo para caballos PSC de 2 años de edad según procedencia

Precedencia	Variable	Media	D.E.	Min	Max
Norte	Ca (mg/dl)	12.89 ± 0.99	0.99	11.90	16.60
	P (mg/dl)	4.51 ± 1.03	0.70	3.48	6.10
Sur	Ca (mg/dl)	12.63 ± 3.73	1.13	8.90	13.90
	P (mg/dl)	4.07 ± 1.55	0.78	2.52	5.60
Extranjero	Ca (mg/dl)	12.55 ± 0.85	0.46	11.70	13.20
	P (mg/dl)	3.80 ± 1.4	0.73	2.40	4.50

## VI. Discusión

### **Niveles séricos de calcio**

Diversos autores han reportado valores de la concentración sérica de calcio, como los establecidos por Merck (31) el cual refiere un valor comprendido entre 10.2 y 13.4 mg/dl; mientras que Semeco y colaboradores (4) encontraron valores de  $11.36 \pm 1.61$  mg/dl. Al observar estos valores se puede concluir que los valores encontrados en el presente estudio fueron similares a los anteriormente mencionados, esto podría deberse a la similitud de las características de los animales empleados por Semeco (4), es decir, caballos PSC entre 24 a 28 meses antes de empezar con el entrenamiento.

De acuerdo al estudio realizado por Plasencia (28), los valores fueron muy similares a los encontrados en el presente estudio  $12.83 \pm 2.13$ , lo cual indica que pese a lo precario del análisis de laboratorio de aquella época (colorímetro fotoeléctrico) versus el actual (espectrofotómetro), los valores obtenidos fueron muy similares, pese a la diferencia del tamaño muestral ( $n=18$ ) para los caballos PSC de 2 años de edad.

Si consideramos los valores obtenidos por Arslan y colaboradores (29), donde encontró una concentración de  $11.63 \pm 0.22$  mg/dl podemos determinar que nuestro resultado fue levemente superior. Esto puede deberse a que en ese estudio los caballos PSC de 2 años de edad solo fueron 9, teniendo un sistema de entrenamiento de tipo militar, además el tipo de alimentación y suplementación que pudieron recibir estos animales es muy diferente a la ración de una PSC.

Mientras tanto, Zarate y colaboradores (30) compararon valores en caballos adultos del hipódromo y de caballería, refiriendo valores de 11.4 mg/dl y 9.7 mg/dl, los cuales fueron inferiores a los encontrados en el presente estudio que podría estar relacionado a la edad de los animales pues se trataban de animales adultos (mayores de 5 años). Adicionalmente, Figueredo (21) reportó un valor de 5.14 mg/dl como promedio para 12 caballos PSC entre 6-9 años de edad que pertenecían a la escuela de caballería, probablemente este valor inferior podría deberse a una deficiencia de este mineral en la ración o a un síndrome de mala absorción producto de la edad.

Según Martin (19) el promedio es de  $10.6 \pm 1.3$  mg/dl para caballos de polo argentino, resultando un valor por debajo de este estudio, el cual se podría deber a que estos animales por lo general son mantenidos en un sistema de pastoreo a base de rye-grass, sin recibir ningún tipo de suplemento en la ración, ni concentrado energético.

### **Niveles séricos de fósforo**

La concentración sérica de fósforo determinada se encuentra dentro de los valores establecidos por Merck (31), el cual refiere valores comprendidos entre 1.5 y 4.7 mg/dl; mientras que Arslan y colaboradores (29) cuyo valor es de  $4.57 \pm 0.40$  mg/dl. De igual manera concuerda con los citados por Martin (19) que estableció un valor de  $4.3 \pm 0.4$  mg /dl, siendo estos dos últimos caballos adultos PSC y de polo argentino.

Mientras tanto, Semeco y colaboradores (4), reportaron un valor de  $2.60 \pm 1.43$  mg/dl encontrándose en el mínimo esperado del presente estudio y esto se podría deber a que esos animales llevaban una ingestión inapropiada o relación inadecuada de fósforo. Por otro lado, Zarate y colaboradores (30) reportaron un valor de 3.4 mg/dl para caballos del hipódromo y caballería, el

cual se encontró por debajo del promedio del presente estudio demostrando que la edad (mayor de 5 años) juega un rol importante en la absorción no sólo de fósforo sino también de calcio.

Por otro lado, el estudio de Plasencia (28), mostró valores para fósforo de  $4.11 \pm 1.00$  mg/dl, el cual fue similar al valor del presente estudio debido a que las características de los animales fueron muy parecidas, pese a la diferencia de los análisis utilizados en cada época.

### **Niveles séricos de calcio y fósforo según sexo**

Con el fin de establecer posibles diferencias existentes entre los valores séricos de calcio y fósforo con el sexo de los animales, Semeco y colaboradores (4) realizaron análisis de varianza para estos minerales, encontrando que no existe diferencia significativa lo cual concuerda con el presente estudio, y esto es debido a que la proporción de hembras con machos fue muy similar.

De igual manera en el estudio realizado por Plasencia (28), los valores no mostraron diferencias significativas según sexo, e incluso fueron muy similares cuando fueron comparadas con los promedios del presente estudio.

### **Niveles séricos de calcio y fósforo según procedencia**

En nuestro estudio se observó una diferencia del valor sérico de fósforo, entre los caballos provenientes del sur y norte del país con los provenientes del extranjero. Esto podría ser debido al tipo de sistema que se emplea en los criaderos, donde en épocas de invierno se guardan a los animales en los graneros por las temperaturas bajas y solo comen pastos almacenados en los mismos, los cuales pierden sus características nutritivas.



Por otra parte, también podría estar relacionado a que los caballos del extranjero nacen en el primer semestre del año y llegan al país con la edad cronológica de un año y medio, habiendo una diferencia de aproximadamente 6 meses de edad con los caballos provenientes del norte y sur del país, los cuales presentan un mayor tiempo de crecimiento y por ende de alimentación y de ganancia de peso nutricional, lo cual hace probable que tengan un mejor nivel nutricional que los caballos provenientes del extranjero.

## VII. Conclusiones

1. Los niveles séricos de calcio ( $12.73 \pm 3.83$  mg/dl) y fósforo ( $4.22 \pm 1.82$  mg/dl) se encuentran dentro de los valores normales, los mismos que no mostraron diferencias significativas al compararlos con los resultados de estudios realizados en otros países.
2. No se encontraron diferencias significativas entre los niveles séricos de calcio ( $12.84 \pm 3.94$  mg/dl y  $12.62 \pm 0.82$  mg/dl) y fósforo ( $4.16 \pm 1.76$  mg/dl y  $4.28 \pm 1.08$  mg/dl) entre machos y hembras respectivamente.
3. No se encontraron diferencias significativas entre los niveles séricos de calcio de los caballos provenientes del norte ( $12.89 \pm 0.99$  mg/dl), sur del país ( $12.63 \pm 3.73$  mg/dl) y del extranjero ( $12.55 \pm 0.85$  mg/dl).
4. No se encontraron diferencias significativas entre los niveles séricos de fósforo de los caballos provenientes del norte ( $4.51 \pm 1.03$  mg/dl) y sur ( $4.07 \pm 1.55$  mg/dl) del país.
5. Se encontraron diferencias significativas entre los niveles séricos de fósforo de los caballos provenientes del extranjero ( $3.80 \pm 1.4$  mg/dl) versus los caballos del norte ( $4.51 \pm 1.03$  mg/dl) y del sur del país ( $4.07 \pm 1.55$  mg/dl).

## VIII. Recomendaciones

1. Evaluar niveles séricos de calcio y fósforo en caballos menores de 1 año y mayores de 3 años de edad.
2. Evaluar niveles séricos de calcio y fósforo en una mayor cantidad de caballos provenientes del extranjero.
3. Considerar siempre como rutina la evaluación de los niveles séricos de calcio y fósforo, sobre todo de caballos provenientes del extranjero.
4. Considerar la evaluación de niveles séricos de calcio y fósforo en caballos de otras razas.
5. Asociar los valores obtenidos a otros factores como edad, sistema de entrenamiento, color de manto, e individualización de criaderos.

## IX. Referencias Bibliográficas

1. Rodríguez J. Cría y comercialización de caballos sangre pura de carrera en Estados Unidos. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Buenos Aires – Argentina, 2011. 54pp.
2. Collao J. Efectos del ejercicio sobre la cinética de la serie eritrocítica y de las enzimas musculares en caballos pura sangre de carrera de dos años de edad del Hipódromo de Monterrico. Tesis para optar el título de médico veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú, 2011. 49pp
3. Ramos R. Hípica en Colombia: Historia, Entrenamiento y Algo más. Anécdotas Hípicas Venezolanas, 2007. [Internet], [15 agosto 2016]. Disponible en: <https://goo.gl/Ki73L8>
4. Semeco E., Alvarado M., Rodriguez M. y Rincon R. Maduración ósea y niveles séricos de calcio y fósforo en caballos jóvenes pura sangre de carrera, Venezuela, 2004. Revista Científica FCV-LUZ, Venezuela, vol IV (3), 157-164.
5. Huntington P. Providing Dietary Calcium and Phosphorus to Horses. Equine News: Kentucky Equine Research. United States, 2011
6. Deraga D. El caballo y el deporte. Revista Estudios del Hombre, Guadalajara - México, 2007. (23) 193-209
7. Patiño M. y Olmedo A. El galope del Caballo en México. Ed. Las Animas, Veracruz – México, 2012. 351pp
8. Véliz K. Relación entre remolino facial y comportamiento deportivo en caballos fina sangre de carrera, del Hipódromo Chile. Memoria de título para optar al título de médico veterinario. Facultad de Ciencias

Veterinarias. Departamento de Ciencias Clínicas, Universidad de Concepción. Chillán – Chile, 2010. 45pp

9. Weber C. Prevalencia y descripción de conductas estereotipadas en equinos purasangre inglés destinados a carrera en Chile. Tesis para optar el título de médico veterinario. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile. Santiago de Chile – Chile, 2010. 37pp
10. Agüera E. Domesticación y origen de la doma y manejo del caballo. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. Córdoba – España, 2008. 32pp
11. Del Carmen M. Evaluación del manejo y de la condición parasitaria de los equinos del Valparaíso Sporting club. Memoria de Título presentada para optar al Título de Médico Veterinario. Facultad de Ciencias Veterinarias, Instituto de Patología animal. Universidad Austral de Chile. Valdivia – Chile, 2005. 26pp
12. Pérez P. Nutrición y alimentación del caballo. XI Curso de especialización FEDNA. Barcelona – España, 1995. 27pp
13. León P. Manejo y cuidado del caballo. Colección de prácticas en el sector agropecuario. Valladolid – España, 2007. 62pp
14. Trigo P. Fisiopatología del ejercicio en el caballo de resistencia. Centro de medicina deportiva (CEMEDE). Universidad de Córdoba, Córdoba – España, 2011. 111pp.
15. Miguel D. Prácticas de alimentación en caballos sangre pura de carrera (SPC). Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Buenos Aires – Argentina, 2012. 43pp.
16. Genoud J. Alimentación en el caballo. Sitio argentino de producción animal, 2011 [Internet], [15 enero 2017]. Disponible en: <https://goo.gl/rw7FX6>

17. Martinez A., NRC e INRA para raciones de caballos de ocio basadas en forrajes secos y concentrados granulados. Departamento de Producción Animal. Universidad de Córdoba. Córdoba – España. 2009. Archivo. Zootecnia. 58 (223): pp 333-344
18. Blanco M. Algunas consideraciones básicas en la alimentación de nuestros caballos, 2009 [Internet], [25 enero 2017]. Disponible en: <http://grassandhorses.com.ar>
19. Martin S. Perfil mineral del caballo de polo en reposo y post-ejercicio en relación a su alimentación. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina, 2016. 32pp
20. Barros G. y Sinchi M., Determinación de las concentraciones de calcio y fósforo, magnesio, proteínas totales, urea y glucosa en suero sanguíneo de vacas lecheras Holstein mestizas en producción aparentemente sanas, en el cantón cuenca. Tesis previa a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista. Universidad politécnica salesiana. Cuenca – Ecuador, 2012. 135pp
21. Figueredo M., Niveles de electrolitos plasmáticos en caballos mestizos Fina Sangre de Carrera sometidos a entrenamiento para competencias de resistencia. Memoria de título para optar al título de Médico veterinario. Universidad de Concepción. Facultad de Medicina Veterinaria. Departamento de Ciencias Clínicas. Chillan – Chile, 2006. 38pp
22. Cifuentes M. Fisiología del Metabolismo de Calcio y Fósforo. Revista Indualimentos, 2011. pp:48-50
23. Hurtado C. Concentración de macrominerales séricos y hematocrito en bovinos durante dos épocas del año en Montería, Colombia. Revista electrónica de veterinaria volumen 13 N° 18, 2012. pp:2-3

24. Franco M., Mazzetto F., Silva M., Varzim F., Perez R., Baliero J. y Massone F. Serum levels of calcium, phosphate and total protein changes during exercise in endurance horses. *Revista Brasileira de Ciencia Veterinaria*, 2004. 11(1/2): 9-12
25. Salvador F. y Rodríguez E. Alimentación de equinos: Nutrición y manejo. Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua – México, 2008. 25pp.
26. Hernández C. Metabolismo del calcio y del fósforo, Universidad del norte Salud Uninorte, 1984. 1 (2):11, 5-121,
27. Ruiz S., Coy P., Gadea J., Matás C., Romar R., García F. Fisiología animal: Hormonas reguladoras del metabolismo del calcio. Departamento de fisiología. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Murcia. Murcia – España, 2008
28. Plasencia A., Calcio y fósforo inorgánico séricos en caballos Pura Sangre de Carrera aparentemente normales. Tesis de bachiller. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Mayor de San Marcos. Lima – Perú, 1965. 22pp
29. Arslan M., Özcan M., Tosun C., Çötelioglu Ü. y Matar E. The effects of physical exercise on some plasma enzymes and Ca and P levels in race horses. *The Journal of the Faculty of Veterinary Medicine Istanbul University*, 2002. 28(1): 91-97.
30. Zarate R., Pedrozo R., Valenzano P., Ortega O. Estudio comparativo del perfil metabólico en equinos adultos relacionados a su aptitud y desempeño socio económico. *Revista electrónica de veterinaria volumen 7 N° 7*, Valdivia - Chile, 2007. pp: 1-21
31. MANUAL MERCK. [Internet], [20 enero 2017]. 2016. Disponible en: <https://goo.gl/4KADr8> 11
32. Gibbs P., Potter G. y Scott B. Feeding race prospects and racehorses in training. Texas Cooperative Extension, Texas A&M University System. United States, 2002. 1-9pp

33. Varela M., Santiago I., Velasco B., Flores P. y López J. Revisión de las enfermedades ortopédicas del desarrollo en los caballos de carreras. 2007. *Profesión Veterinaria* 16 (67): 18-24pp
34. Agapito C. Práctica profesional supervisada en el Hipódromo de las Américas. Trabajo profesional para obtener el Título de Médico Zootecnista. Cuautitlan – México, 2013. 59pp.
35. Novales M. La osteocondrosis en el caballo de pura raza española. Ponencia presentada en la Conferencia Internacional de Caballos de Deporte (CICADE). Facultad de Veterinaria de Córdoba. Universidad de Córdoba. Córdoba – España, 2007. 9pp
36. Galinelli N. y Landoni M. Osteocondrosis en equinos: Un problema latente de la Industria Hípica. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata. La Plata – Argentina, 2010. *Analecta Vet* ; 30 (2): 57-66
37. Gesualdi J. Osteocondritis disecante (OCD) en la articulación femoro-tibio-rotuliana como causa de claudicación en potrillos S.P.C. (Sangre Pura de Carrera). Tesina para aspirar al título de especialista en medicina deportiva del equino. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias, 2011. 14pp
38. Pavez C. Análisis radiográfico de lesiones del aparato locomotor de los caballos que compitieron en el Hipódromo de Concepción durante el año 2004. Memoria de Título presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Médico Veterinario. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias Instituto de Ciencias Clínicas Valdivia – Chile, 2005. 27pp.
39. Corvalán C. Breve repaso sobre las enfermedades más frecuentes del aparato locomotor, en el caballo Pura Sangre Inglés de Carrera (PSI). *Rev. Del colegio de veterinarios de la provincia de Bs. As.*, 2006 1(35):54-58.



40. Armigón J. y Jiménez J. Métodos de investigación clínica y epidemiológica, 4ª edición, 2013. 522pp





**c. Anexo 3**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA TOMA DE MUESTRA  
SANGUÍNEA**

Yo ....., identificado con número de DNI ..... propietario y /o preparador del Stud ..... autorizo a que la Bachiller en Medicina Veterinaria, Brenda Zulema Medina Romero con DNI 46654841, recolecte muestra sanguínea de mencionado ejemplar únicamente con fines de investigación para la realización de su tesis para obtener el Título Profesional de Médico Veterinario; siendo de mi conocimiento que esta información no será adulterada ni utilizada con fines comerciales; por lo que me comprometo a no interferir en la recolección de toma de muestra mientras éstos se requieran.

Lima,..... de..... del.....

.....

Firma del propietario

DNI.....