

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

E.A.P. DE MEDICINA VETERINARIA

**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 Profesional de Médico Veterinario

AUTOR :

José Luis Collao Carlos

ASESOR :

Olga Mirtha Li Elías

**Lima-Perú**

**2011**

## *Dedicatoria*

---

Este trabajo representó el arduo trabajo de un largo año que estuvo mezclado entre otras cosas de sacrificios, alegrías, tristezas, retos, amarguras y otras tantas cosas que se superpusieron unas a otras. Toda persona que haya luchado por algo con tanta fuerza y ganas me comprenderá. Este trabajo se lo dedico a muchas personas importantes en mi vida. Mi padre, mi viejo, mi amigo, siempre me apoyó en esas tan difíciles madrugadas camino al hipódromo a tomar las muestras, con sus consejos e historias, eso siempre lo recordaré. A mi madre, lo más valioso que tengo en esta vida, siempre estuvo, está y estará conmigo para apoyarme en todo lo que necesito, me ayudaste de mil y un maneras mamá, esta tesis también es tuya. A toda mi familia en general, porque el éxito de uno, es el éxito de todos. A una mujer en especial, que se ha convertido en alguien muy importante para mí, quién haya sentido amor alguna vez me comprenderá, gracias mi vida por tu paciencia y comprensión, esta tesis va para ti. Finalmente, al más maravilloso ser que estuvo a mi lado acompañándome en todas esas madrugadas de redacción interminable, porque fuiste el hermano que nunca tuve, te extraño y extrañaré siempre, esto también es para ti.

A todas las personas que piensen que algo poco investigado es algo perdido o inútil, les digo que el cambio debe comenzar por ustedes. Este es un pequeño granito de investigación en el vasto mundo de la clínica y medicina equina. Nunca pierdan las esperanzas en algo porque todo a lo que uno le ponga fe, lo puede conseguir.

**“Aquí reposan los restos de una criatura que fue bella sin vanidad, fuerte sin insolencia, valiente sin ferocidad y tuvo todas las virtudes del hombre y ninguno de sus defectos”**

**Lord Byron**

## *Agradecimientos*

---

Este trabajo se pudo concretar gracias a la ayuda de muchas personas que pusieron su granito de arena; como mi memoria nunca me ha fallado, las mencionaré a continuación...

A mis padres por darme el ejemplo en todo y brindarme su apoyo durante toda mi carrera, ellos fueron mi fuente de energía para seguir adelante.

A mi directora de tesis, la Dra. Olga Li; ya que, sin su confianza, ayuda, asesoría y apoyo incondicional no hubiera podido lograr realizar este trabajo.

A la Dra. Vásquez, al Dr. Boffi y al Dr. Suárez por sus muy valiosos aportes y sugerencias para el esquema y diseño casi perfecto de la tesis.

Al Dr. Moreno por la confianza, por el apoyo sincero que me brindó y me sigue brindando, su ayuda fue crucial para el desarrollo del trabajo.

Al Dr. Guevara por la ayuda desinteresada que me brindó para capitalizar el inicio del presente estudio, su apoyo fue muy importante.

Al Dr. Llamocca por la ayuda y asesoría desinteresada que me brindó en el momento más crítico del trabajo.

Al Dr. Oballe, uno de los mejores veterinarios y al cual tengo el gran honor de conocer, por sus consejos, sugerencias, ayuda incondicional y amistad brindada.

Al Dr. Delgado, gracias a sus críticas constructivas para poder mejorar el esquema y el diseño del trabajo.

Al Dr. Hoyos, a la Sra. Blanca, a Carlitos y a Manuelito, la gente del laboratorio, por su paciencia, ayuda y amistad sincera durante todo este tiempo.

Al Sr. Fernando Gómez Sánchez, al Sr. Ricardo Dasso y al Sr. Gustavo Cesti, por la ayuda desinteresada permitiendo la participación de sus caballos en el estudio.

A los capataces y vareadores del Stud Haras Santa María, Stud Sol y Luna y Stud CaryGus, por la prestancia y el apoyo sincero que me brindaron en campo.

*Agradecimiento Especial*

---

Al Vice Rectorado de Investigación por el interés en apoyar la iniciativa de jóvenes investigadores, su valiosa ayuda fue fundamental para el desarrollo del presente estudio.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	v
<b>RESUMEN</b>	viii
<b>ABSTRACT</b>	ix
<b>LISTA DE CUADROS</b>	x
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	xi
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	3
<b>2.1. El caballo Pura Sangre de Carrera</b>	3
2.1.1. Evolución natural del caballo y origen de las carreras de caballos	3
2.1.2. Génesis del caballo Pura Sangre de Carrera	5
2.1.3. Características del caballo Pura Sangre de Carrera	5
<b>2.2. Entrenamiento de un caballo Pura Sangre de Carrera</b>	6
2.2.1. Amansada o Etapa Previa	7
2.2.2. Educación en Torno	8
2.2.3. Primeros Galopes en Pista	8
2.2.4. Entrenamiento con Trabajos Cortos	8

2.2.5. Entrenamiento desde el Partidor	9
2.2.6. Primera Carrera o Debut	9
<b>2.3. Fisiología muscular y metabólica durante el ejercicio</b>	<b>9</b>
2.3.1. Características del músculo esquelético	10
2.3.2. Bases energéticas del ejercicio	11
a. Sistema ATP-PC	11
b. Sistema Anaerobio	11
c. Sistema Aerobio	12
2.3.3. Metabolismo energético durante el ejercicio	13
<b>2.4. Evaluación del ejercicio</b>	<b>15</b>
2.4.1. Hemograma	15
a. Recuento de glóbulos rojos o eritrocitos	16
b. Concentración de hemoglobina	17
c. Determinación de hematocrito	17
2.4.2. Bioquímica sérica	17
a. Lactato Deshidrogenasa (LDH)	18
b. Aspartato Aminotransferasa (AST)	19
c. Creatina Quinasa (CK)	19
<b>III. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>20</b>
<b>3.1. Metodología del estudio</b>	<b>20</b>
<b>3.2. Lugar de estudio</b>	<b>20</b>
<b>3.3. Tamaño de muestra</b>	<b>20</b>
<b>3.4. Animales</b>	<b>21</b>
<b>3.5. Material de Laboratorio</b>	<b>21</b>
3.5.1. Material para la toma de muestras	21
3.5.2. Material para determinar valores de la serie eritrocitaria	21
a. Recuento globular	21

b. Concentración de hemoglobina	22
c. Paquete celular o hematocrito	22
3.5.3. Material para determinar concentración sérica de enzimas musculares	22
a. Obtención de suero	22
b. Determinación de enzimas musculares	22
<b>3.6. Toma de muestras</b>	<b>23</b>
3.6.1. Esquema de toma de muestras	23
a. Primera Etapa	23
b. Segunda Etapa	23
c. Tercera Etapa	23
3.6.2. Obtención de muestras	23
3.6.3. Procesamiento de muestras para valores eritrocíticos	24
a. Recuento de glóbulos rojos	24
b. Determinación de concentración de hemoglobina	24
c. Determinación de paquete celular o hematocrito	25
3.6.4. Procesamiento de muestras para concentración de enzimas musculares	25
a. Determinación de los niveles séricos de creatina quinasa	25
b. Determinación de los niveles séricos de aspartato amino transferasa	26
c. Determinación de los niveles séricos de lactato deshidrogenasa	26
<b>3.7. Análisis Estadístico</b>	<b>27</b>
<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>29</b>
<b>V. DISCUSIÓN</b>	<b>34</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>38</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>39</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>45</b>

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro N° 1.** Comparación de valores hematológicos entre caballos de “sangre caliente” y caballos de “sangre fría”.
- Cuadro N° 2.** Niveles Séricos Referenciales de enzimas séricas en el equino.
- Cuadro N° 3.** Recuento de Glóbulos Rojos ( $\times 10^6/\mu\text{l}$ ) en caballos PSC durante 5 meses de evaluación (promedios y desviación estándar).
- Cuadro N° 4.** Concentración de Hemoglobina (g/dl) en caballos PSC durante 5 meses de evaluación (promedios y desviación estándar).
- Cuadro N° 5.** Paquete Celular o Hematocrito (%) en caballos PSC durante 5 meses de evaluación (promedios y desviación estándar).
- Cuadro N° 6.** Lactato Deshidrogenasa (LDH) (UI/L) en caballos PSC durante 5 meses de evaluación (promedios y desviación estándar).
- Cuadro N° 7.** Aspartato Amino Transferasa (AST) (UI/L) en caballos PSC durante 5 meses de evaluación (promedios y desviación estándar).
- Cuadro N° 8.** Creatina Quinasa (CK) (UI/L) en caballos PSC durante 5 meses de evaluación (promedios y desviación estándar).
- Cuadro N° 9.** Comparación del valor de  $p$  entre meses respecto al mes referencial 1 para cada una de las variables.



## **LISTA DE FIGURAS**

- Figura N° 1.** Comparación del caballo moderno (equus) con su ancestro (eohippus)
- Figura N° 2.** Relación entre el porcentaje de ATP suministrado por los tres sistemas de energía y el tiempo y la potencia de ejecución del ejercicio.

## **LISTA DE ANEXOS**

- Anexo N° 1.** El Caballo Pura Sangre de Carrera.
- Anexo N° 2.** Valores hematológicos de equinos de “sangre caliente”.
- Anexo N° 3.** Valores de referencia de LDH reportados por otros autores en el equino.
- Anexo N° 4.** Valores de referencia de AST reportados por otros autores en el equino.
- Anexo N° 5.** Valores de referencia de CK reportados por otros autores en el equino.
- Anexo N° 6.** Esquema de entrenamiento para un potrillo de 2 años de edad. Hipódromo de Monterrico.

## RESUMEN

Los caballos de carrera representan la constancia en la selección y mejoramiento de la especie equina. Estos animales son sometidos a esquemas de entrenamiento durante meses previos a una carrera donde el desempeño solamente es evaluado mediante la observación del animal. Existen otras variables que pueden ser de utilidad para este propósito como los valores eritrocíticos (conteo de glóbulos rojos, hematocrito y hemoglobina) y concentración sérica de enzimas musculares (CK, AST y LDH). Con el objetivo de evaluar el entrenamiento en esta raza, se realizó un estudio con 24 caballos Pura Sangre de Carrera (PSC), entre machos (n=12) y hembras (n=12) de dos años de edad que fueron seleccionados para participar en competencias hípicas de velocidad. Se evaluó el efecto del ejercicio sobre la cinética de la serie eritrocitaria y las enzimas musculares. Se obtuvieron muestras sanguíneas en reposo (T0), a los 5 minutos (T1), a 1 hora (T2) y a las 24 horas (T3) después del ejercicio mensualmente durante 5 meses. Se obtuvo el promedio de cada mes y en cada tiempo de muestreo con sus respectivas desviaciones estándar. Para cada variable se determinó el efecto lineal y el cuadrático mediante análisis de varianza (ANOVA) y el análisis de varianza post estimación. Posteriormente, se determinó la existencia de diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) mediante la prueba del Modelo Mixto Lineal y generando variables dummy. Las variables recuento de glóbulos rojos, concentración de hemoglobina y hematocrito se incrementaron significativamente con el ejercicio en el tiempo T1 con respecto al nivel referencial y sólo aumentaron significativamente con el ejercicio hacia el último mes (M5) con respecto al nivel referencial. Por otro lado, las concentraciones séricas de enzimas, como LDH sólo aumentó significativamente en los tiempos T1 y T2, mientras que la AST no mostró variaciones significativas en tiempos ni en meses. Por último, la CK presentó incrementos significativos en el tiempo T2 con respecto al nivel referencial.

**Palabras Clave:** Caballo Pura Sangre Carrera, valores eritrocíticos, enzimas musculares, CK, AST, LDH, ejercicio.

## ABSTRACT

Race horses represent the constancy selection and improvement of the equine species. These animals are subjected to training schemes for months before a race where performance is only evaluated by clinical observation of the animal. There are other variables that may be useful for this purpose like erythrocytic values (Red blood cell count, hemoglobin and hematocrit) and serum muscle enzymes (CK, AST and LDH). To characterize exercise of this in this race, there were conducted a study with 24 two-year-old Thoroughbred horses (PSC) between males (n = 12) and females (n = 12) who were selected to participate in speed horse competitions. The effect of exercise on the kinetics of erythrocytic values and muscle enzymes was evaluated. Blood samples were taken at rest (T0), 5 minutes (T1), 1 hour (T2) and 24 hours (T3) after exercise monthly during five months. Average and standard deviation were determined. Analysis of variance (ANOVA) and post estimation analysis of variance was used to determined linear and quadratic effect of each variable. Linear Mixed Model and dummy variables were used to determine statistically significant difference ( $p < 0.05$ ). The RBC count, hemoglobin and hematocrit increased significantly with exercise in T1 time compared to the reference level and only increased significantly with exercise towards the last month (M5) with respect to the reference level. In the other hand, serum enzymes, such as LDH increased significantly only at the times T1 and T2, while the AST did not show significant variations in days not in months. Finally, the CK had significant increases in time T2 with respect to the reference level.

**Key words:** Thoroughbred horses, erythrocytic values, muscular enzymes, exercise, CK, AST, LDH

## I. INTRODUCCION

El caballo es un atleta por naturaleza, un animal adaptado naturalmente a la velocidad y la resistencia, lo que sumado a su instinto de coraje, nobleza y a su domesticación, lo han hecho ocupar un lugar muy importante en la vida del hombre y de su historia (Alarcón, 2007).

Las carreras de caballos es una industria popular y multimillonaria a nivel mundial; sin embargo, estos ejemplares son sometidos a grandes esfuerzos físicos, que los predispone a sufrir con mayor frecuencia claudicaciones, reflejando una condición de entrenamiento incompleta (Hinchcliff *et al*, 2009). Por este motivo, los profesionales dedicados a la hípica muestran especial interés en encontrar métodos de evaluación para estimar la respuesta del equino al entrenamiento (Cofré, 2005).

Diversos estudios han evidenciado adaptaciones hematológicas y bioquímicas en los caballos deportivos durante el ejercicio y después de éste (Gómez *et al.*, 2004). En tal sentido, se ha sugerido la importancia del monitoreo de valores hematológicos y de concentraciones séricas de enzimas como indicadores confiables para evaluar aptitud física y nivel de exigencia de un caballo en su actividad diaria de entrenamiento (Arslan *et al.*, 2002).

A pesar de que existen datos del efecto del ejercicio sobre parámetros hematológicos en diversos estudios, la información disponible sobre este tema en caballos Pura Sangre de Carrera de dos años de edad son escasos (Cötelioglu *et al.*, 2001). El análisis de las modificaciones de estos parámetros post ejercicio permitirá generar una base de datos específica para las condiciones en que se desarrollan los deportes hípicos en cada país (Perrone *et al.*, 2006).

Muchos investigadores han estudiado los cambios hematológicos producidos durante el ejercicio que comprometen a la serie roja y blanca, lo que sirve para evaluar el estado normal de los individuos y las adaptaciones al ejercicio (Álvarez, 2006). Adicionalmente, la determinación de la actividad de algunas enzimas que regulan las vías metabólicas aeróbicas y anaeróbicas también se ha usado para evaluar la capacidad metabólica y la adaptabilidad de músculo esquelético al ejercicio (Merino *et al*, 1998).

Por tal motivo, el presente estudio tuvo por objetivo determinar los valores pre y post ejercicio de la serie eritrocitaria (recuento de eritrocitos, concentración de hemoglobina, y paquete celular o hematocrito), y de las concentraciones séricas de enzimas (CK, AST y LDH) en caballos PSC de 2 años de edad durante los primeros 5 meses de entrenamiento.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. El caballo Pura Sangre de Carrera (PSC)

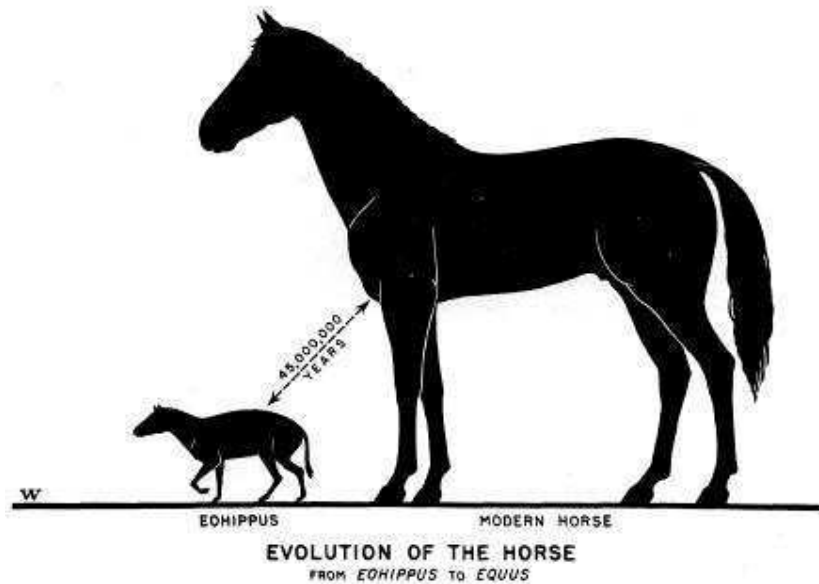
El Caballo Pura Sangre de Carrera (PSC), por definición, es un corredor ante todo y su adaptación al ejercicio deriva de modificaciones impuestas al organismo por la crianza y la explotación de la raza, la cual se debe de dar dentro de un régimen particular para el deporte (Blanco, 1937).

#### 2.1.1. *Evolución natural del caballo y origen de las carreras de caballos*

Los datos históricos acerca de los primeros caballos se remontan hace 58 millones de años en los grandes bosques húmedos del territorio de la actual América del Norte. Estos caballos evolucionaron durante millones de años desde un ancestro original (*eohippus*) cuya diferencia más obvia, entre las muchas que existen, con el caballo actual (*equus*) es el pequeño tamaño del original (Figura N° 1). El caballo actual también se desarrolló en el territorio de la actual América del Norte; sin embargo, estos desaparecieron en su gran mayoría por razones aún desconocidas. Afortunadamente, algunos de estos llegaron a la actual Asia durante la Era Glacial atravesando las tierras entre Alaska y Siberia, lo que actualmente se conoce como el Estrecho de Bering (Glauer, 1989).

La relación inicial entre hombre y caballo se inició en Asia, donde el hombre cazaba al caballo para aprovechar su carne, crines y huesos, siendo el primer gran paso de esta relación el día que este dejó de comérselo para utilizarlo como medio de transporte (Battaglia, 2005).

**Figura N° 1.** Comparación del caballo moderno (equus) con su ancestro (eohippus).



**Fuente:** Stock, 1947

Desde ese momento, grandes manadas de caballos salvajes fueron domesticadas dándoles 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. Además, éstos dieron el abrigo y el cuidado necesario a sus animales durante las estaciones más duras. Con tal manejo, los caballos tendían a engordar y desarrollar un mejor aspecto, alzada y pelaje; inclusive algunos crecieron más que otros y/o desarrollaron mayor resistencia y velocidad; para luego esta domesticación extenderse por Asia, África y Europa (Mitrani, 2004).

Mucho 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, siendo las primeras de mayor aceptación por el circo romano. Sin embargo, para el año 545 d.C., se suprimió todo tipo de espectáculo circense y así las carreras de caballos fueron desapareciendo paulatinamente (Blázquez, 1973). A pesar de esto, durante muchos años, los mejores caballos fueron seleccionados como padrillos para que transmitieran sus cualidades, obteniéndose de esta manera caballos de mayor alzada, velocidad, fuerza y resistencia (Mitrani, 2004).



Hacia el año 1074 d.C., en Inglaterra, las carreras de caballos resurgieron como una derivación de la caza, donde los jinetes de esa época que cabalgaban con galgos, gustaban de comprobar la velocidad de sus caballos contra la de otros cazadores (Blázquez, 1999). Durante los años siguientes, la selección realizada por el hombre encauzó las diversas razas equinas hacia determinadas modalidades deportivas ecuestres (Muñoz *et al.*, 2001). 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 (Álvarez, 2006).

### **2.1.2. Génesis del caballo Pura Sangre de Carrera**

En realidad la génesis del caballo PSC comenzó en los siglos XVII y XVIII debido a la cercanía y entusiasmo de los reyes británicos Tudor y Stuart por las carreras de caballos (Hill *et al.*, 2002); ambos promovieron la crianza de razas mejoradas mediante los cruces de caballos de carrera locales con caballos orientales importados; por tal motivo, el caballo PSC constituye una raza artificial original de Gran Bretaña (Gu *et al.*, 2009).

Oficialmente, la raza se ha constituido desde la fundación del Stud Book en 1791, el cual reconoce la intervención de caballos árabes, turcos, sirios, persas y berberiscos como reproductores que actuaron en la producción del caballo PSC (Blanco, 1937). El registro se encuentra encabezado por el trinomio: Byerley Turk, Darley Arabian y Godolphin Arabian, los cuales fueron cruzados con yeguas nativas (Blanco, 1937; Cassidy, 2002), siendo los descendientes de éstos, seleccionados por su velocidad, y el resultado fueron caballos capaces de alcanzar velocidades mayores en comparación a cualquier otro caballo europeo (Gunn, 1987). Desde ese momento, el caballo PSC se identificó como un animal “nacido” para correr, debido a su capacidad para recorrer una milla en 1 minuto y 35 segundos, alcanzando velocidades de 40 millas por hora (Cassidy, 2002).

### **2.1.3. Características del caballo Pura Sangre de Carrera**

La denominación Pura Sangre deriva del término “kehailain”, expresión de los árabes para designar 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 (Blanco, 1937).

El caballo PSC se caracteriza por ser un animal atlético, vigoroso, y de temperamento nervioso. Posee una cabeza fina y bien modelada, ojos grandes y salientes, orejas de tamaños medianos y móviles, piel y pelaje muy finos, con cuello largo y recto. Presenta una alzada entre 1.52 a 1.70 m, y un peso corporal entre 380 a 550 kg (Álvarez, 2006).

## **2.2. Entrenamiento de un caballo Pura Sangre de Carrera**

Al iniciar un programa de entrenamiento de un caballo PSC, se debe considerar que la función respiratoria, cardiovascular y músculo-esquelética no están completamente desarrolladas hasta los 5 años de edad. Antes de esta edad, los caballos son muy sensibles al estímulo del entrenamiento, por lo que un entrenamiento inapropiado o defectuoso durante esta etapa de la vida puede ser enormemente perjudicial (Poblete, 2007).

El entrenamiento es esencial para que los caballos PSC puedan competir de manera efectiva y segura; en pocas palabras, el entrenamiento los prepara para la competencia induciendo adaptaciones fisiológicas necesarias para desempeñarse a un gran nivel con un mínimo de riesgo de lesión, y también los acostumbra psicológica y temperamentalmente para competir efectivamente (Hinchcliff *et al.*, 2008).

A pesar que desde la antigüedad, se consideró al caballo como un atleta natural, existe aún una incesante búsqueda de parámetros prácticos y definidos, que permitan evaluar en forma objetiva su condición física, su rendimiento y el grado de adaptación fisiológica al ejercicio (Álvarez, 2006).

Al evaluar el desempeño de un caballo PSC siempre se debe tener en cuenta tres factores: (1) selección genética, (2) nutrición balanceada, y (3) prácticas óptimas de manejo con aplicación de las medidas preventivas de sanidad animal (Traverso, 1978). Diversos estudios se han realizado para investigar los factores que afectan la capacidad atlética o rendimiento de un caballo PSC, concluyendo que, existen efectos combinados de factores genéticos y ambientales (Pérez *et al.*, 1997).

Los factores genéticos, como la conformación y el rendimiento del animal, son inherentes a todo caballo de carrera y dependen de sus progenitores, estando influenciado por los factores ambientales (McManus *et al.*, 2008). Estos factores ambientales, como edad, sexo, procedencia, tipo de pista, y programa de entrenamiento, pueden marcar la diferencia entre un caballo y otro, sobretodo el entrenamiento (Ekiz *et al.*, 2005).

El entrenamiento físico implica exponer al organismo a una carga de trabajo de intensidad, duración y frecuencia suficientes para producir un efecto observable y medible, es decir, una mejora de las funciones para las cuales el individuo no está capacitado (Figueredo, 2006). El entrenamiento involucra el uso de periodos regulares de ejercicio para promover cambios en la estructura y función del animal, con el fin de que pueda competir con un buen rendimiento (Evans, 2000).

En términos generales, el entrenamiento de cualquier caballo PSC debe constar de 6 etapas, las cuales son: (1) amansada o etapa previa, (2) educación en torno, (3) primeros galopes en pista, (4) entrenamiento con trabajos cortos, (5) entrenamiento desde el partidor, y (6) primera carrera o debut (Ramos, 2007).

### ***2.2.1. Amansada o etapa previa***

Normalmente, un potrillo o potranca llegan al hipódromo sin amansar, es decir, no han recibido entrenamiento previo para ser montados, ni están acostumbrados al uso de riendas (R. Merino, Lima, comunicación personal).

Durante el amansamiento, el animal también debe acostumbrarse a la jáquima o cabezada sin filete, lo cual hará más fácil dominar el brío del animal debido a que solo será necesario colocar la cadena para sacarlo de la pesebrera y llevarlo al torno. La colocación de esta jáquima debe hacerse con sumo cuidado, sosteniendo la cabezada con la mano izquierda y siempre por el lado izquierdo, se le rodea el cuello con el brazo derecho para colocar la palma de la mano del mismo brazo por encima de los ollares y pasar con suavidad desde la zona naso-frontal hasta por detrás de las orejas y por encima de la nuca hasta fijarlo con la hebilla. En todo momento se debe de recordar que el animal requiere de las caricias ó “palmaditas”, para que se vaya amoldando a la persona que lo cuida. Esto también ayudará a controlar el brío del animal al momento de llevarlo al torno (Ramos, 2007). Esta etapa, normalmente, puede durar entre 1 a 2 semanas (P. Moreno, Lima, comunicación personal).

### **2.2.2. Educación en torno**

En un torno cerrado, el animal se va a educar en el galope y trote, poco a poco en la medida que vaya cediendo. Una vez se haya identificado con su acompañante, se tratará en un lugar cerrado, que puede ser la pesebrera, colocarle la montura, primero sola y después con la cincha, la cual se va ajustando en la medida que el animal la acepte. Una vez conseguido esto, se galopa y trota solo con la rienda, el sudario y la cincha, con la cadena larga, hasta el momento que pueda ser montado, esto siempre lo debe hacer una persona experta, bajo los cuidados y mirada fija del preparador del caballo. Una vez montado, el animal será “educado” en la obediencia a las riendas, primero en su pesebrera y, después en el torno (Ramos, 2007). Esta etapa puede durar entre 1 a 2 semanas normalmente (P. Moreno, Lima, comunicación personal).

### **2.2.3. Primeros galopes en pista**

Una vez que el animal esté amansado se procede a llevarlo a la pista, para que haga sus primeros trotes en la misma y para que se sienta a gusto para desarrollar su velocidad y su capacidad corredora. En esta etapa se va mejorando y perfeccionando aspectos de doma como obediencia a las riendas, detención, arranque, etc. A la par también se van realizando ejercicios suaves, primero al trote y después al galope sobre una distancia de 2,400 metros (Ramos, 2007).

Todo entrenamiento debe ser realizado en condiciones absolutamente normales y sin ninguna alteración locomotora o sistémica. Por este motivo, es importante que el preparador cuente con un profesional veterinario de mucha confianza para poder detectar cualquier anomalía en el momento preciso y corregirla a tiempo, y no tener problemas en el futuro del ejemplar (Merino, comunicación personal). Esta etapa, en condiciones normales, dura entre 8 a 12 semanas (P. Moreno, Lima, comunicación personal).

### **2.2.4. Entrenamiento con trabajos cortos**

De acuerdo a la docilidad del animal se va galopando y trotando, primero con sudario y después en silla. Cuando el animal se haya acostumbrado a la silla, se podrán realizar los primeros trabajos a voluntad, que es cuando comienza a notarse su movilidad y ánimo de correr, se inicia con trabajos de 200 metros, para ir alargando la

distancia en la medida que vaya respondiendo. En nuestro medio se acostumbra ir de 200 en 200 metros, hasta llegar a 1000 metros (Ramos, 2007), siendo la duración de esta etapa, normalmente, de 4 a 8 semanas (P. Moreno, Lima, comunicación personal).

#### **2.2.5. Entrenamiento desde el partidador**

Una vez el potro ha sido completamente dominado y se ha podido trabajar sin dificultad hasta 1000, 1200 ó 1400 metros (depende del criterio del preparador), se comienza a llevarse al partidador automático, con el propósito de ser educado en este aparato para enfrentar la etapa definitiva hacia la competencia, de tal manera que se dosifiquen los bríos del ejemplar, tenga la calma suficiente y así mismo dotarlo de las mejores energías o ganas al iniciar una carrera (Ramos, 2007). Esta etapa se lleva a cabo, a la par de la etapa anterior (P. Moreno, Lima, comunicación personal).

#### **2.2.6. Primera carrera o debut**

El preparador junto al propietario son los que deciden el momento preciso para que el animal salga a competir, en que distancia y quien lo conducirá de acuerdo a la modalidad corredora que le haya podido detectar, sin embargo, la dirección de carreras de un hipódromo, siempre programa carreras cortas 1000, 1200 metros para ir las alargando, en la medida que transcurre el calendario hípico (Ramos, 2007). En nuestro medio se prefiere que la primera carrera de un ejemplar sea en línea recta, es decir, en 1000 metros (P. Moreno, Lima, comunicación personal).

Este sistema de entrenamiento temprano complica cualquier tipo de explicación para los cambios fisiológicos, bioquímicos y hematológicos ocurridos durante los mismos. Esto no se debe solamente a la limitada información acerca de su fisiología sino también se debe a que no existe información acerca de su rendimiento (Cötelioglu *et al.*, 2001).

### **2.3. Fisiología muscular y metabólica durante el ejercicio**

De forma general, los caballos son animales que poseen el doble de capacidad para el desempeño físico que el hombre; sin embargo, sus mecanismos fisiológicos básicos esencialmente son iguales que en el hombre y otros animales, y solamente los aspectos fisiológicos cuantitativos hacen del caballo un ser físicamente superior (Mutis, 2005).

Los tres tipos de tejido muscular son: esquelético, liso, y cardiaco, siendo el primero, el responsable de los movimientos voluntarios de los miembros, tronco y cabeza. Las células musculares esqueléticas están agrupadas en distintos órganos de tamaño variable conocidos como músculos individuales. Éstos están unidos a los huesos del cuerpo y, por ende, están bajo el control voluntario del animal (Frandsen *et al.*, 2009).

### **2.3.1. Características del músculo esquelético**

El punto clave de todo atleta es el músculo, el cual es un tejido altamente adaptable, sin embargo, algunas características son genéticas por naturaleza y no pueden ser alteradas sin importar la cantidad de entrenamiento (Jones, 1989). El músculo esquelético de todos los mamíferos está constituido por fibras con diferentes propiedades contráctiles y metabólicas que le permiten transformar la energía química en energía mecánica para utilizarla en la contracción, originando el movimiento muscular (Poblete, 2007).

Los músculos esqueléticos parecen actuar como una sola unidad, pero son mucho más complejos que eso. Al analizar el músculo desde lo más externo hacia lo más interno, se encuentra un tejido conectivo que recubre todo el músculo denominado epimisio; el cual mantiene unido haces de fibras envueltos por una vaina de tejido conectivo que reciben el nombre de fascículos, cada uno de las cuales contienen fibras musculares que son las células musculares individuales (Wilmore y Costill, 2004). Precisamente, estas fibras musculares constituyen cerca del 75 al 90% del total del volumen muscular; mientras que el restante, está constituido por fibroblastos, endotelio capilar, células satélite, adipocitos, nervios, y fibras de tejido conectivo (Jones, 1989).

La musculatura esquelética del equino está altamente desarrollada, de manera especial en razas atléticas (alcanzando más del 50% del peso corporal en un caballo de carrera adulto) con poca cantidad de grasa corporal (Hinchcliff *et al.*, 2008). Estos músculos esqueléticos están compuestos por fibras con diferentes propiedades contráctiles y metabólicas, entre las cuales tenemos a las fibras tipo I (contracción rápida) y las fibras II A y II B (contracción lenta), además existe un tercer tipo II C presente en fetos y animales muy jóvenes (García *et al.*, 1995). De estas fibras, las de tipo I y II A presentan una alta capacidad oxidativa, mientras las de tipo II B

presentan una capacidad oxidativa variable, susceptible de ser modificada por efecto del entrenamiento (Islas *et al.*, 2004).

### **2.3.2. Bases energéticas del ejercicio**

El mantenimiento de la contracción muscular durante el ejercicio requiere la provisión de grandes cantidades de energía química. La fuente inmediata de energía para la locomoción es el ATP (García *et al.*, 1995). Una molécula de ATP se compone de adenosina combinada a tres grupos fosfatos (Pi) inorgánicos y al ser liberado el último de ellos por la enzima ATPasa, también se libera una gran cantidad de energía (ATP en ADP y Pi) (Wilmore y Costill, 2004).

El buen rendimiento durante el ejercicio o durante una carrera depende de que se mantenga el adecuado aporte energético al músculo. Dentro de éste, la cantidad almacenada de ATP es muy limitada, por lo cual, es necesario la refosforilación de moléculas de ADP en ATP, para que continúe la actividad muscular (García *et al.*, 1995). Para esta resíntesis de ATP existen varias fuentes de energía, entre las cuales tenemos: (1) Sistema ATP-PC, (2) Sistema anaerobio, y (3) Sistema aerobio (Hinchcliff *et al.*, 2008). La importancia del primer sistema depende de las reservas de fosfocreatina, pero la importancia relativa tanto de la vía anaerobia como de la aerobia, estará determinada por la intensidad y duración del ejercicio (Evans, 2000).

#### **a. Sistema ATP-PC:**

Es el más sencillo de los sistemas energéticos que utiliza la molécula fosfocreatina (PC), para descomponerla en creatina y en ión fosfato, liberando energía para reconstruir el ATP (Guyton y Hall, 2001). La enzima creatincinasa separa un Pi de la creatina y libera energía suficiente para unir ese Pi a una molécula de ADP, formando ATP (Wilmore y Costill, 2004). Estos depósitos pueden mantener un ejercicio durante unos 10 segundos sin el aprovisionamiento de ATP por otras fuentes (García *et al.*, 1995).

#### **b. Sistema anaerobio:**

En caso de que el ejercicio continúe por más de 10 segundos, y dado que, la concentración de la PC es limitada en el músculo, el organismo utilizará la vía

anaerobia (Frandsen *et al.*, 2009); inclusive por 30 a 45 segundos de iniciado el ejercicio, los músculos no obtienen el oxígeno necesario para soportar un metabolismo aerobio (Barra, 2007). Este sistema genera moléculas de ATP mediante la descomposición de la glucosa (glucólisis), la cual se obtiene directamente desde torrente sanguíneo o del glucógeno almacenado en el hígado. La glucosa, a diferencia del glucógeno, requiere 1 mol de ATP para formar glucosa-6-fosfato, que es el compuesto necesario para iniciar la glucólisis (Wilmore y Costill, 2004). Cada molécula de glucosa produce dos moléculas de ácido pirúvico; sin embargo, al no haber oxígeno suficiente, la mayoría del ácido pirúvico se convierte en ácido láctico, el cual termina saliendo de las células musculares y llega al espacio intersticial y a la sangre (Guyton y Hall, 2001).

Para generar ácido láctico, desde glucógeno o glucosa, se requieren de 12 reacciones enzimáticas, después de lo cual, se obtienen 3 ó 2 moles de ATP respectivamente. Esta producción de ácido láctico va generando acidificación de las fibras musculares, que paulatinamente va a inhibir una mayor descomposición del glucógeno, puesto que dificulta la función enzimática de la glucólisis (Wilmore y Costill, 2004).

**c. Sistema aerobio:**

La producción aerobia de ATP es relativamente lenta pero el proceso es altamente efectivo, a diferencia de la vía anaerobia que produce energía rápidamente pero es relativamente ineficiente con el transcurrir de los minutos (Hinchcliff *et al.*, 2008).

Cuando las demandas de energía son bajas durante un ejercicio de poca velocidad, el metabolismo aeróbico es capaz de suplementar los requerimientos de continua síntesis de ATP (Evans, 2000). Este sistema aerobio produce gran cantidad de energía, por lo que, es la principal ruta de producción energética durante las pruebas de resistencia. Las reacciones del sistema aerobio abarca tres procesos: (a) glucólisis aerobia, (b) ciclo de Krebs, y (c) sistema de transporte de electrones (García *et al.*, 1995).

El proceso de la glucólisis es el mismo, con o sin oxígeno, inclusive también se producen 3 moles de ATP por mol de glucógeno. La diferencia radica



en el destino del ácido pirúvico, el cual, en presencia de oxígeno se transforma en acetilcoenzima A. Este compuesto ingresa al ciclo de Krebs y tras una serie compleja de reacciones químicas se obtienen dos moléculas de ATP, una de CO<sub>2</sub> y un H<sup>+</sup>. Precisamente este CO<sub>2</sub> es liberado durante la espiración, mientras que los H<sup>+</sup>, producidos tanto en la glucólisis como en el ciclo de Krebs, se combinan con dos coenzimas: NAD y FAD, que finalmente llevan los átomos de hidrógeno hacia la cadena transportadora de electrones (Wilmore y Costill, 2004). En la cadena, estos átomos y los electrones son transportados al oxígeno por “portadores de electrones” en una serie de reacciones enzimáticas cuyo producto final es el H<sub>2</sub>O. En la medida en que se produce el transporte de cada par de electrones, se libera energía suficiente para la síntesis de 3 moléculas de ATP. En conjunto, se transportan 12 pares de electrones por molécula de glucógeno, generando 36 moléculas de ATP por cada molécula de glucógeno (García *et al.*, 1995).

Todas estas rutas enzimáticas están ubicadas dentro de las mitocondrias celulares proporcionando grandes cantidades de ATP para la célula siempre que el suministro de oxígeno sea abundante. En resumen, en el sistema aerobio, por cada mol de glucosa ó glucógeno puede generar 38 ó 39 moléculas de ATP, respectivamente (Dunlop y Malbert, 2004).

Durante el ejercicio de un caballo PSC, este puede utilizar más de una fuente de energía al mismo tiempo. La cantidad relativa de las diferentes fuentes de energía para resíntesis de ATP depende de factores como la intensidad del ejercicio, su duración y el estado de forma del caballo (García *et al.*, 1995).

### **2.3.3. Metabolismo energético durante el ejercicio**

El objetivo del entrenamiento es inducir una transición del metabolismo energético durante el desarrollo del ejercicio, destinados a perfeccionar las vías metabólicas energéticas que se utilizan en el trabajo muscular, causando un predominio del aerobio, y también preparar a los caballos para tolerar mejor los efectos de un ejercicio de alta intensidad (Araya, 2005).

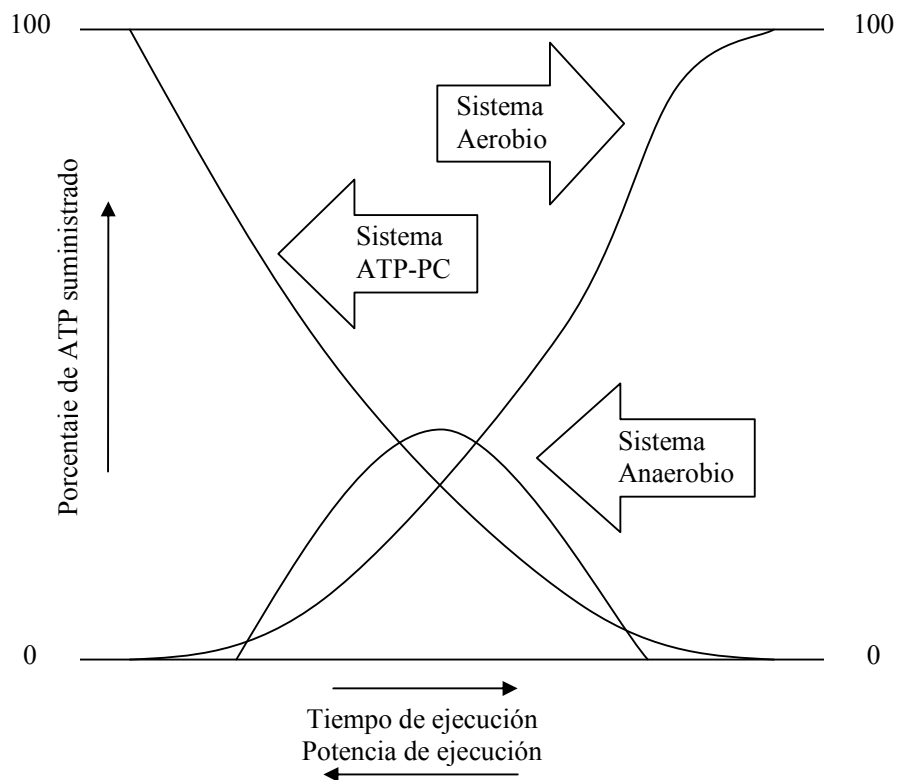
El entrenamiento aeróbico mejora el flujo de sangre central y periférica, y aumenta la capacidad de las fibras musculares para generar mayores cantidades de ATP. El entrenamiento anaeróbico, por otro lado, produce una mayor fuerza muscular

y una mayor tolerancia a los desequilibrios ácido-básicos durante la realización de esfuerzos altamente intensos (Wilmore y Costill, 2004).

En este punto, el acondicionamiento muscular busca en último término maximizar el rendimiento de las rutas metabólicas generadoras de energía (aeróbica y anaeróbica) y minimizar tanto las causas de fatiga periférica, como la disrupción muscular (Poblete, 2007).

Ambos sistemas (anaeróbico y aeróbico), contribuyen a la formación de ATP, no obstante la relativa participación de cada uno de ellos dependerá del tipo de ejercicio que realicen: ejercicios de corta duración o de larga duración (Figura N° 2). En el caso de los caballos PSC, estamos frente a ejercicios de corta duración, en el cual el sistema metabólico predominante es el anaerobio. Durante los primeros segundos, la energía será suministrada a través del sistema ATP-PC y después se obtendrá mediante la glucólisis anaeróbica (Moreno *et al.*, 2007).

**Figura N° 2.** Relación entre el porcentaje de ATP suministrado por los tres sistemas de energía y el tiempo y la potencia de ejecución del ejercicio.



**Fuente:** García *et al.*, 1995

Como el único sustrato energético en este tipo de ejercicio es el glucógeno muscular, al mismo tiempo que se produce su depleción, ocurre acumulación de ácido láctico, lo cual causa fatiga muscular (Wilmore y Costill, 2004).

## **2.4. Evaluación del ejercicio**

La definición de estado físico desde el punto de vista fisiológico es tarea difícil dada la complejidad de los factores endógenos y exógenos que influyen en él (García *et al.*, 1995). Por este motivo, la Patología Clínica ha sido utilizada en caballos PSC, durante muchos años, para evaluar el estado físico del caballo para la carrera y para detectar alguna enfermedad que pueda afectar su rendimiento (McGowan, 2008).

La evaluación del hemograma y de la bioquímica sérica o plasmática son pruebas comúnmente utilizadas; sin embargo, existe una gran variación en los valores de diversos componentes sanguíneos, los cuales dependen entre otras cosas del estado del caballo: en reposo o pos ejercicio (Hinchcliff *et al.*, 2008).

Los cambios en algunos parámetros hematológicos que se dan durante los programas de entrenamiento ayudan a evaluar la respuesta de los caballos al ejercicio (Arslan *et al.*, 2002). Por este motivo, se han definido niveles óptimos, subóptimos y anémicos para el recuento de glóbulos rojos, concentración de hemoglobina y volumen celular total, los cuales se han sugerido como un medio para identificar animales con limitaciones para el rendimiento físico (Jones, 1989).

### **2.4.1. Hemograma:**

La sangre está compuesta por diversos componentes que juegan un rol esencial en mantener una elevada respuesta metabólica durante el ejercicio, mediante el transporte de oxígeno, agua, electrolitos, nutrientes y hormonas a los músculos en ejercicio (Hinchcliff *et al.*, 2008).

Los exámenes hematológicos seriados se realizan, frecuentemente, en caballos en ejercicio, para evaluar su estado físico. En el caso de los caballos, la interpretación correcta de los valores hematológicos en equinos estará supeditada al hecho de ser un caballo de “sangre caliente” como los caballos de tiro, o de “sangre fría” como los caballos de carrera (Díaz, 2009) (Cuadro N° 1).

**Cuadro N° 1.** Comparación de valores hematológicos entre caballos de “sangre caliente” y caballos de “sangre fría”

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Sangre Caliente</b>	<b>Sangre Fría</b>
Glóbulos Rojos	$\times 10^6/\mu\text{l}$	8.2 – 12.2	5.5 – 9.5
Hemoglobina	g/dl	13.0 – 17.0	8.0 – 14.0
Hematocrito	%	32 – 48	24 – 44

**Fuente:** Lording, 2008

Dentro de la evaluación de valores hematológicos se incluye: (1) el número de glóbulos rojos, (2) la concentración de hemoglobina y (3) el hematocrito (Lording, 2008). El recuento y la concentración de glóbulos rojos no deben ser interpretados clínicamente. Claramente, ambos parámetros varían casi exactamente en paralelo con el hematocrito y solo ayudarán a obtener índices eritrocitarios (Kerr, 2002).

**a. Recuento de Glóbulos rojos o Eritrocitos:**

Los glóbulos rojos son células anucleadas que normalmente circulan por varios meses en la sangre. Estas células contienen hemoglobina (Hb) que juega un rol vital en la ruta del oxígeno, transportándolo desde los pulmones hasta los músculos y tejidos usados durante el ejercicio (McGowan, 2008).

Un glóbulo rojo de equino se tiñe normalmente de color rojo con una ligera palidez central, de forma discoidal y su diámetro aproximado es de  $5.7\mu\text{m}$ . El tiempo de vida estimado de esta célula en circulación es de 140 a 150 días aproximadamente. En esta especie, los glóbulos rojos sedimentan rápidamente observándose la formación de Roleaux de forma frecuente (Cowell y Tyler, 2002).

El bazo es considerado como un gran reservorio de eritrocitos que en condiciones normales puede almacenar hasta un 33% de glóbulos rojos. Durante el ejercicio, el paso de los eritrocitos desde el bazo a la circulación sanguínea, se debe a la liberación de adrenalina y/o noradrenalina, lo que provoca una contracción de la cápsula esplénica (Alvarez, 2006).

### **b. Concentración de Hemoglobina**

La hemoglobina se compone de una proteína (globina) de 4 cadenas y un pigmento (hem), éste último contiene hierro el cual se combina con 4 moléculas de oxígeno (Wilmore y Costill, 2004).

La hemoglobina representa cerca del 95% del total proteico contenido en un glóbulo rojo. Esta característica le da al eritrocito la capacidad de transportar oxígeno a los tejidos, sobre todo al tejido muscular (Hinchcliff *et al.*, 2008).

Adicionalmente, a lo previamente mencionado, la contracción del bazo no sólo produce un aumento de los glóbulos rojos y el hematocrito sino también en la concentración de hemoglobina. Esta puede alcanzar rangos entre 17 a 20 g/dl, siendo los rangos normales entre 13 a 17 g/dl (Barra, 2007; Díaz, 2009).

### **c. Determinación de Hematocrito:**

El hematocrito es una medición simple de la fracción de sangre que es ocupada por eritrocitos y es expresada en porcentaje (Kerr, 2002).

Durante el ejercicio, la sudoración permite prevenir la hipertermia, la cual a su vez, es la causa de la gran salida de agua desde el plasma reduciendo así el volumen sanguíneo circulante. Éste suceso, sumado a la actividad simpática produce una hemoconcentración, con un incremento relativo del hematocrito (Álvarez, 2006).

### **2.4.2. Bioquímica Sérica:**

Durante mucho tiempo, la medición de variables bioquímicas y otros muchos tipos de variables se han sugerido para permitir una evaluación objetiva de la capacidad competitiva de caballos deportivos (Lindner, 2000).

De esta manera, se ha propuesto el nivel de enzimas musculares en respuesta al ejercicio como índice de aptitud, donde aquellos animales físicamente menos adaptados presentarían mayores incrementos en la actividad enzimática que aquellos que presenten una mejor condición física (García *et al.*, 1999; Gómez *et al.*, 2004).

La determinación de la actividad de algunas enzimas que regulan las vías metabólicas aeróbicas y anaeróbicas se ha utilizado para evaluar la capacidad metabólica y la adaptabilidad de músculo esquelético al ejercicio (Merino *et al.*, 1998; Poblete, 2007).

La determinación de los niveles séricos de las enzimas lactato deshidrogenasa (LDH), aspartato amino transferasa (AST) y creatina quinasa (CK) es el método más usado en el diagnóstico, monitorización y establecimiento de un pronóstico en una miopatía (Muñoz *et al.*, 2002), reconociéndose modificaciones en la actividad plasmática de estas enzimas durante el ejercicio; no obstante para el diagnóstico, los niveles de estas tres enzimas deben ser evaluados e interpretados en forma conjunta (Yarza, 2007), para lo cual existen valores referenciales (Cuadro N° 2).

**Cuadro N° 2.** Niveles Séricos Referenciales de enzimas séricas en el equino

Enzima	Nivel Sérico (UI/L)	Referencia
Lactato Deshidrogenasa	162 – 412	Kaneko <i>et al.</i> , 1997
Aspartato Amino Transferasa	150 – 400	Rose y Hodgson, 1995
Creatina Quinasa	100 – 300	Rose y Hodgson, 1995

Se ha sugerido que tomar muestras al menos 24 horas después del ejercicio podría facilitar la diferenciación entre aquellos animales que muestran una respuesta fisiológica normal al ejercicio y aquellos con una respuesta patológica o anormal (Hinchcliff *et al.*, 2008).

#### **a. Lactato Deshidrogenasa (LDH)**

La LDH es una enzima citoplásmica que cataliza la conversión de piruvato a lactato al final de la glicólisis. La actividad de LDH es alta en diversos tejidos del cuerpo. Por este motivo, las mediciones de LDH no son específicas de órgano (Hinchcliff *et al.*, 2008).

Existen 5 isoenzimas de LDH de diferente origen que se pueden identificar por electroforesis sérica; y se distribuyen así: 1 y 2 en el corazón; 2, 3 y 4 en el riñón; 3 y 4 en el bazo; 3, 4 y 5 en el pulmón; 4 y 5 en el hígado; y por último 5 en el músculo y eritrocitos (Yarza, 2007). Esta última tiene una vida media menor

a 6 horas y puede incrementarse debido a daño hepático, daño muscular o hemólisis (Hinchcliff *et al.*, 2008).

**b. *Aspartato Amino Transferasa (AST)***

La AST tiene una vida media mucho mayor (aproximadamente 7-8 días) que CK, así, la especificidad diagnóstica de esta enzima es baja, siendo necesario complementar el análisis con la actividad de otra enzima que esté asociada con la actividad del músculo esquelético estriado (Moreno, 2007).

Es una enzima citoplásmica y mitocondrial que cataliza la deaminación de aspartato para formar oxalacetato, que puede entrar al ciclo de Krebs. Incrementos de la actividad de AST puede deberse a daño hepático, daño muscular, o hemólisis in vitro (Hinchcliff *et al.*, 2008).

**c. *Creatina Quinasa (CK)***

La CK es una enzima específica del músculo y tiene una vida media de 2 horas, por lo tanto, desaparece rápidamente de circulación. Los niveles de CK aumentan probablemente debido a la alta especificidad de esta enzima en el músculo, mayor a la LDH y la AST (Cofré, 2005).

En el músculo, la CK permite la contracción muscular mediante la fosforilación del ADP desde fosfato de creatina. Además del tejido esquelético, la actividad de la CK también está presente en tejido gastrointestinal, útero, vejiga urinaria, riñones, corazón, y glándula tiroides. El incremento de la actividad sérica de CK se podría deber a daño muscular o lesión de órganos con músculo liso y pueden tener un falso incremento por hemólisis in vitro (Hinchcliff *et al.*, 2008).

### **III. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1. Metodología del estudio**

El presente fue un estudio observacional de tipo longitudinal, debido a que se tomaron muestras repetidas en los mismos animales durante el periodo de estudio (Arnau y Balluerka, 2004).

#### **3.2. Lugar de estudio**

El estudio se realizó en las instalaciones del Hipódromo de Monterrico, ubicado en el Distrito de Santiago de Surco; las muestras obtenidas se trasladaron y procesaron en el Laboratorio de Patología Clínica de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (FMV-UNMSM), ubicado en el Distrito de San Borja - Lima.

#### **3.3. Tamaño de muestra**

El tamaño de muestra para el presente estudio se determinó utilizando como patrón los estudios realizados por Cötelioglu *et al.* (2001), Arslan *et al.* (2002), Gómez *et al.* (2004), Cofré (2005), y Mutis y Pérez (2005); por lo cual, se utilizaron un total de 24 animales.



### **3.4. Animales**

Para el estudio sólo se tomaron en cuenta potrillos y potrancas Pura Sangre de Carrera de 2 años de edad del Hipódromo de Monterrico, que nunca participaron en alguna competencia hípica, y que estuvieron físicamente sanos. Para determinar el estado de salud de los animales, todos los equinos fueron evaluados físicamente antes de ingresar al estudio, descartándose cualquier proceso patológico que los aquejara, e interfiriera con los resultados del estudio.

### **3.5. Material de laboratorio**

#### **3.5.1. *Material para la toma de muestras***

- Tubos estériles de 6 mL sin anticoagulante
- Tubos estériles de 3 mL con EDTA
- Rótulos y plumón indeleble
- Guantes
- Agujas hipodérmicas de calibre N° 18 Gx1
- Caja térmica
- Alcohol 70°
- Algodón
- Gradilla.

#### **3.5.2. *Material para determinar valores de la serie eritrocitaria***

##### **a. *Para recuento globular***

- Cámara de Neubauer
- Pipeta de Thoma de glóbulos rojos
- Dilutor de glóbulos rojos (solución salina isotónica)
- Goma látex
- Agitador o Shaker
- Microscopio de luz artificial y objetivos de 10x y 40x
- Contador de células
- Algodón.

**b. Para determinar concentración de hemoglobina**

- Pipeta de Sahli para hemoglobina
- Reactivo de Drabkin
- Espectrofotómetro UV (Photometer 5010 Marca Riele)
- Tubos de ensayo de 16 x 100 mm
- Micropipetas y tips de 1-5 mL
- Gradillas
- Algodón.

**c. Para determinar hematocrito**

- Capilares para microhematocrito de 1 mm de diámetro por 75 mm de largo
- Mechero a gas
- Microcentrifuga
- Escala graduada de 0 a 100 (Tabla de lectura de hematocrito)
- Algodón.

**3.5.3. Material para determinar concentración sérica de enzimas musculares**

**a. Para obtención de suero**

- Centrifuga
- Balanza para tubos de ensayo
- Tubos colectores de suero esterilizados
- Micropipetas y tips de 1000 uL
- Gradillas
- Plumón indeleble.

**b. Para determinación de enzimas musculares**

- Reactivos para el análisis de CK, AST y LDH (Wiener Lab)
- Espectrofotómetro UV (Photometer 5010 Marca Riele)
- Micropipetas y tips de 100 uL y 1000 uL
- Tubos de ensayo
- Baño de agua temperada (37° C)
- Reloj cronómetro
- Gradillas.

### 3.6. Toma de muestras

#### 3.6.1. *Esquema de toma de muestras*

##### a. *Primera etapa:*

Se obtuvo la historia clínica de cada animal con ayuda del propietario y posteriormente, se realizó una evaluación física del animal para descartar cualquier patología presente.

##### b. *Segunda etapa:*

A cada animal se le extrajo 4 muestras sanguíneas (T0, T1, T2 y T3) cada 30 días durante un periodo de 5 meses o hasta el día de su primera carrera. Las cuatro muestras sanguíneas se obtuvieron según el siguiente esquema:

- **Muestra A (T0):** En reposo previo a la salida al calentamiento.
- **Muestra B (T1):** 5 minutos después de finalizado el ejercicio.
- **Muestra C (T2):** 1 hora después de finalizado el ejercicio.
- **Muestra D (T3):** 24 horas después de finalizado el ejercicio.

##### c. *Tercera etapa:*

Las muestras de sangre fueron trasladadas en una caja térmica con refrigerante a la FMV-UNMSM. Cada muestra fue procesada inmediatamente llegada al laboratorio. Las muestras de sangre para evaluar la serie eritrocitaria no presentaron coágulos ni elementos extraños que pudieran contaminar la misma. Las muestras de sangre para evaluar las concentraciones séricas de enzimas fueron sometidas a centrifugación a 4000 r.p.m. durante 10 minutos para la obtención de suero libre de hemólisis; el cual posteriormente fue transferido a otro tubo mediante una micropipeta para su procesamiento.

#### 3.6.2. *Obtención de las Muestras*

De cada animal se extrajo un total de 9 ml de sangre de la vena yugular, los cuales fueron divididos en dos tubos debidamente rotulados con códigos de identificación. Para evaluar la serie eritrocitaria se utilizaron tubos de 3 ml con

EDTA y para determinar las concentraciones séricas de las enzimas musculares se utilizaron tubos de 6 ml sin anticoagulante para obtener suero.

### 3.6.3. *Procesamiento de muestras para valores eritrocitarios*

Las muestras de sangre con EDTA fueron procesadas dentro de las primeras 48 horas, realizándose los siguientes procedimientos:

#### a. *Recuento de glóbulos rojos ( $\times 10^6/uL$ )*

Se llenó la pipeta de Thoma de glóbulos rojos, con la muestra de sangre homogenizada hasta la marca 0.5. Después, se completó hasta la marca 1.01 con el dilutor de glóbulos rojos. Luego, se agitó la pipeta por 3 minutos en el agitador o shaker, e inmediatamente se desecharon 3 gotas; y llenó la cámara de Neubauer en ambos cuadrantes. Antes de realizar el recuento se dejó reposar por 2 a 3 minutos. Se utilizó el microscopio de luz artificial con objetivo de 10x, para visualizar los 9 cuadrantes de la cámara de Neubauer, el conteo se realizó en la zona central de la cámara, en los 4 cuadrantes extremos y en el central, con el objetivo de 40x. El número total de glóbulos rojos por  $\mu L$  se calculó sumando la cantidad de células de cada cuadrante y multiplicando ese valor total por 10,000.

#### b. *Determinación de la concentración de la hemoglobina*

Se utilizó el método colorimétrico de la cianometahemoglobina para determinar concentración de hemoglobina en sangre.

**Fundamento:** Este método se fundamenta en la conversión del hierro de la hemoglobina del estado ferroso al férrico por parte del ferrocianuro para formar la metahemoglobina en una solución alcalina. La metahemoglobina se combina con el cianuro de potasio para producir el pigmento estable llamado cianometahemoglobina.

**Procedimiento:** Se llenó un tubo con 5 mL de solución de Drabkin, luego se añadió 20  $\mu L$  de sangre con EDTA utilizando la pipeta de Salhi; se mezcló vigorosamente y se dejó reposar por 10 minutos. Luego, se colocó 1 mL

de la mezcla en el espectrofotómetro, previamente calibrado a cero en la escala de densidad óptica usando como blanco la solución de Drabkin.

**c. *Determinación del paquete celular o hematocrito***

Se utilizó el método del microhematocrito.

**Fundamento:** Se define como la fracción de volumen que los glóbulos rojos ocupan en un volumen de sangre.

**Procedimiento:** Se llenó los capilares (1mm x 75mm) de sangre con EDTA previamente homogenizada colocándolos de manera oblicua para facilitar el llenado hasta tres cuartas partes de éste; luego de limpiar el capilar se selló mediante calor con ayuda del mechero. Por último, se centrifugó a 10,000-15,000 RPM por 5 minutos, y se realizó la lectura con una tabla escala graduada de 0 a 100%.

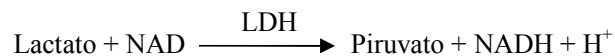
**3.6.4. *Procesamiento de muestras para concentración de enzimas musculares***

Las muestras de suero para LDH fueron evaluadas durante las primeras 24 horas, para AST durante las primeras 72 horas y para CK durante la primera semana, realizándose los siguientes procedimientos:

**a. *Determinación de niveles séricos de lactato deshidrogenasa (LDH)***

Se utilizó el método UV optimizado (SFBC) para la determinación de lactato deshidrogenasa (LDH) en suero o plasma.

**Fundamento:**



**Condiciones de la reacción:**

Longitud de onda ( $\lambda$ ): 340nm

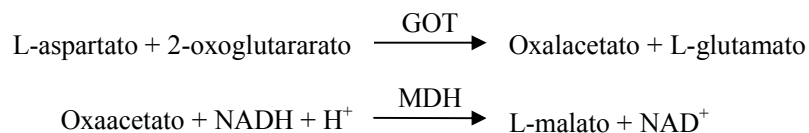
Temperatura de la reacción: 37° C

Tiempo de la reacción: 1 minuto

**b. Determinación de niveles séricos de aspartato amino transferasa**

Se utilizó el método UV optimizado (IFCC) para la determinación de aspartato aminotransferasa (GOT/AST) en suero o plasma.

**Fundamento:**



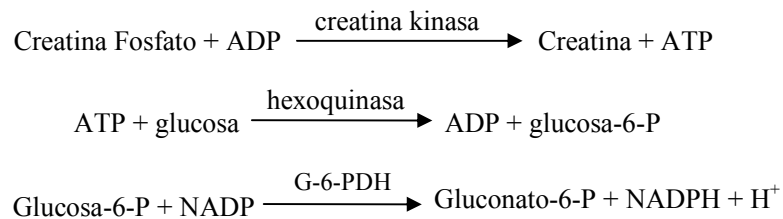
**Condiciones de la reacción:**

Longitud de onda ( $\lambda$ ): 340nm  
Temperatura de la reacción: 37° C  
Tiempo de la reacción: 3 minutos

**c. Determinación de niveles séricos de creatina quinasa**

Se utilizó el método UV optimizado (IFCC) para la determinación de Creatina Quinasa (CK) en suero o plasma.

**Fundamento:**



**Condiciones de la reacción:**

Longitud de onda ( $\lambda$ ): 340nm  
Temperatura de la reacción: 37° C  
Tiempo de la reacción: 6 minutos

**Nota:** Todos los procedimientos se realizaron de acuerdo al Manual del kit comercial para las enzimas LDH, AST y CK de Wiener Lab.

### 3.7. Análisis de Datos

Los datos obtenidos en el estudio fueron medidas repetidas de 24 animales siendo las variables: serie eritrocitaria y concentración sérica de enzimas musculares, con 4 tiempos de muestreo y 5 repeticiones del mismo.

A diferencia de lo que ocurre en el contexto experimental, donde las medidas repetidas corresponden a los tratamientos, en las situaciones no-experimentales tales medidas representan las ocasiones temporales en las que se realizan las mediciones (Arnau y Balluerka, 2004).

Todos estos datos fueron adaptados a una base de datos mediante el programa Microsoft Office Excel 2007. Posteriormente, estos datos ordenados fueron procesados mediante el paquete estadístico STATA 10.0 con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

Inicialmente, los datos fueron evaluados con medidas estadísticas descriptivas utilizando la media aritmética como medida de tendencia central y la desviación estándar como medida de dispersión. De igual forma, se determinó la normalidad de las variables mediante el test de Shapiro Wilk. Se determinaron los efectos lineales y cuadráticos de los valores eritrocitarios y las concentraciones de enzimas musculares mediante el test de análisis de varianza y el test de análisis de varianza post estimación.

Posteriormente, los efectos lineales y cuadráticos fueron modelados mediante la prueba del “*Modelo Mixto Lineal*” (Searle *et al.*, 1992). Los modelos mixtos lineales son una generalización de la regresión lineal y se fundamentan en la partición del error no explicado en una componente común a las observaciones procedentes de una misma unidad de muestreo (animal) y un término residual del error, propio de cada observación y en principio, independiente de los términos residuales del resto de las observaciones (Sainz y Montero, 2004).

El modelo mixto lineal incluye en su formulación parámetros fijos, comunes a toda la población y parámetros aleatorios, específicos de cada unidad de muestreo. La formulación de un modelo mixto lineal para las “ $n_i$ ” observaciones incluidas en la unidad de muestreo “ $i$ ” es:

$$y_i = X_i\beta + Z_ib_i + e_i$$

donde:

$\beta$ : vector del parámetro fijo

$b_i$ : vector del parámetro aleatorio

$e_i$ : término residual del error

Para este caso consideramos los parámetros fijo son las variable “animal” y la variable “tiempo de muestreo”, mientras que los parámetros aleatorios son las variables repetidas “animal” y “mes”.

Adicionalmente, se generaron variables dummy para la variable “mes” y para la variable “tiempo de muestreo”, para determinar diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) entre meses y entre tiempos de muestreo dentro de cada mes respectivamente para cada parámetro evaluado en el estudio. La generación de estas variables dummy permite generar a partir de una variable con “k” categorías en “k – 1” variables binarias o comparativas (tomando como nivel referencial la primera categoría, sea mes 1 ó tiempo 0) esto permite una mejor comparación del efecto dentro de cada nivel (“mes” o “tiempo de muestreo”).



## IV. RESULTADOS

Se determinaron los valores de la serie eritrocitaria y las concentraciones séricas de enzimas musculares de 24 caballos Pura Sangre de Carrera de dos años de edad, provenientes de criaderos del país. Dentro de la muestra se tuvieron 12 machos enteros y 12 hembras, que fueron sometidos al mismo tipo de entrenamiento durante 5 meses. Como se mencionó en el esquema del trabajo, las muestras pre y post ejercicio fueron repetidas 5 veces durante el estudio; sin embargo, sólo 2 caballos (1 macho entero y 1 hembra) fueron repetidas 4 veces, debido a que realizaron su primera carrera antes de que se cumpliera el plazo para el último muestreo.

Al analizar los datos obtenidos, se observó que éstos tenían un componente cuadrático, es decir, no se orientaban a la ecuación de una recta normal, sino que, hacían un pico y luego descendían. Esto se debe a la naturaleza de la respuesta fisiológica del animal al ejercicio tanto en los valores eritrocitarios debido a estímulos adrenérgicos como en los niveles séricos de enzimas musculares pero en diferentes momentos y en diferentes magnitudes. Este fue el punto de partida para sospechar que los datos se comportarían como variables de componente cuadrático y someterlos a pruebas de anova y anova de contraste para confirmarlo mediante el paquete estadístico previamente mencionado.

### 4.1. Serie Eritrocitaria:

#### Recuento de Glóbulos Rojos

El cuadro N° 3 muestra los valores correspondientes al promedio y desviación estándar. En cada mes sólo se observan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre el tiempo 1 con respecto al tiempo 0.

Al comparar la cinética del recuento de glóbulos rojos ( $\times 10^6$  cel/ml) solamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en los valores del último mes (M5) con respecto al mes referencial (M1) del estudio (Cuadro N° 9).

**Cuadro N° 3. Recuento de Glóbulos Rojos ( $\times 10^6/\mu\text{l}$ ) en caballos PSC durante 5 meses de evaluación (promedios y desviación estándar).**

<b>G. Rojos</b>	<b>Tiempo 0</b>	<b>Tiempo 1</b>	<b>Tiempo 2</b>	<b>Tiempo 3</b>
<b>Mes 1</b>	$8.97 \pm 1.05^a$	$11.42 \pm 1.3^b$	$8.81 \pm 0.94^a$	$9.15 \pm 1.06^a$
<b>Mes 2</b>	$9.09 \pm 0.77^a$	$11.36 \pm 1.45^b$	$9.18 \pm 0.8^a$	$8.95 \pm 0.96^a$
<b>Mes 3</b>	$8.99 \pm 0.78^a$	$11.41 \pm 1.38^b$	$9.27 \pm 1.28^a$	$9.19 \pm 1.06^a$
<b>Mes 4</b>	$9.45 \pm 1.4^a$	$11.32 \pm 1.69^b$	$9.31 \pm 1.16^a$	$9.6 \pm 1.29^a$
<b>Mes 5</b>	$9.65 \pm 1.09^a$	$11.39 \pm 1.82^b$	$9.31 \pm 1.14^a$	$9.48 \pm 1.23^a$

<sup>a,b</sup>: letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ )

#### **Concentración de hemoglobina**

El cuadro N° 4 muestra los valores correspondientes al promedio y desviación estándar. En cada mes sólo se observan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre el tiempo 1 con respecto al tiempo 0.

Al comparar la cinética de la concentración de hemoglobina (g/dl) solamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en los valores del último mes (M5) con respecto al mes referencial (M1) del estudio (Cuadro N° 9).

**Cuadro N° 4. Concentración de Hemoglobina (g/dl) en caballos PSC durante 5 meses de evaluación (promedios y desviación estándar).**

<b>Hb.</b>	<b>Tiempo 0</b>	<b>Tiempo 1</b>	<b>Tiempo 2</b>	<b>Tiempo 3</b>
<b>Mes 1</b>	$12.22 \pm 1.62^a$	$15.13 \pm 1.62^b$	$12.33 \pm 1.37^a$	$12.7 \pm 1.27^a$
<b>Mes 2</b>	$12.39 \pm 1.01^a$	$14.86 \pm 1.94^b$	$12.49 \pm 1.28^a$	$12.47 \pm 1.2^a$
<b>Mes 3</b>	$12.27 \pm 1.34^a$	$15.05 \pm 1.82^b$	$12.47 \pm 1.35^a$	$12.58 \pm 1.27^a$
<b>Mes 4</b>	$12.54 \pm 1.68^a$	$14.67 \pm 2.18^b$	$12.75 \pm 1.63^a$	$12.9 \pm 1.7^a$
<b>Mes 5</b>	$13.48 \pm 1.22^a$	$15.26 \pm 2.15^b$	$13.07 \pm 1.23^a$	$13.33 \pm 1.55^a$

<sup>a,b</sup>: letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ )

### Paquete celular o hematocrito

El cuadro N° 5 muestra los valores correspondientes al promedio y desviación estándar. En cada mes sólo se observan diferencias estadísticamente significativas ( $p<0.05$ ) entre el tiempo 1 con respecto al tiempo 0.

Al comparar la cinética del paquete celular o hematocrito (%) solamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p<0.05$ ) en los valores del último mes (M5) con respecto al mes referencial (M1) del estudio (Cuadro N° 9).

**Cuadro N° 5. Paquete Celular o Hematocrito (%) en caballos PSC durante 5 meses de evaluación (promedios y desviación estándar).**

Hto.	Tiempo 0	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3
Mes 1	35.75 ± 3.57 <sup>a</sup>	44.42 ± 4.87 <sup>b</sup>	35.71 ± 2.79 <sup>a</sup>	36.83 ± 3.67 <sup>a</sup>
Mes 2	36.17 ± 2.75 <sup>a</sup>	43.79 ± 5.03 <sup>b</sup>	36.29 ± 2.99 <sup>a</sup>	35.92 ± 3.55 <sup>a</sup>
Mes 3	35.71 ± 3.29 <sup>a</sup>	43.96 ± 5.19 <sup>b</sup>	36.5 ± 4.09 <sup>a</sup>	36.38 ± 3.66 <sup>a</sup>
Mes 4	37 ± 4.9 <sup>a</sup>	43.29 ± 6.24 <sup>b</sup>	37 ± 3.92 <sup>a</sup>	35.46 ± 4.54 <sup>a</sup>
Mes 5	38.73 ± 3.34 <sup>a</sup>	44.09 ± 6.04 <sup>b</sup>	37.45 ± 3.23 <sup>a</sup>	37.86 ± 3.88 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup>: letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $p<0.05$ )

## 4.2. Enzimas Musculares

### Lactato Deshidrogenasa

El cuadro N° 6 muestra los valores correspondientes al promedio y desviación estándar. En cada mes sólo se observan diferencias estadísticamente significativas ( $p<0.05$ ) entre el tiempo 1 y 2 con respecto al tiempo 0.

Al analizar la cinética de la Lactato Deshidrogenasa (UI/L) no se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p<0.05$ ) en los niveles séricos de ninguno de los meses (M2, M3, M4 y M5) con respecto al mes referencial (M1) del estudio (Cuadro N° 9).

**Cuadro N° 6. Lactato Deshidrogenasa (UI/L) en caballos PSC durante 5 meses de evaluación (promedios y desviación estándar).**

<b>LDH</b>	<b>Tiempo 0</b>	<b>Tiempo 1</b>	<b>Tiempo 2</b>	<b>Tiempo 3</b>
<b>Mes 1</b>	771.58 ± 188.59 <sup>a</sup>	864.42 ± 238.02 <sup>b</sup>	869.88 ± 295.77 <sup>b</sup>	748.5 ± 225.05 <sup>a</sup>
<b>Mes 2</b>	811.04 ± 299.32 <sup>a</sup>	927.75 ± 376.29 <sup>b</sup>	903.83 ± 339.83 <sup>b</sup>	711.46 ± 215.26 <sup>a</sup>
<b>Mes 3</b>	758.21 ± 323.47 <sup>a</sup>	805.42 ± 290.82 <sup>b</sup>	791.33 ± 304.34 <sup>b</sup>	715.71 ± 301.07 <sup>a</sup>
<b>Mes 4</b>	713.04 ± 337.68 <sup>a</sup>	765.75 ± 325.73 <sup>b</sup>	733.08 ± 306.66 <sup>b</sup>	673.54 ± 257.92 <sup>a</sup>
<b>Mes 5</b>	670.05 ± 182.54 <sup>a</sup>	726.59 ± 192.73 <sup>b</sup>	722.77 ± 289.86 <sup>b</sup>	674.18 ± 254.39 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup>: letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ )

### **Aspartato Amino Transferasa**

El cuadro N° 7 muestra los valores correspondientes al promedio y desviación estándar. En cada mes no se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre ninguno de los tiempos de muestreo con respecto al tiempo 0.

Al analizar la cinética de la Aspartato Amino Transferasa (UI/L) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) en los niveles séricos de ninguno de los meses (M2, M3, M4 y M5) con respecto al mes referencial (M1) del estudio (Cuadro N° 9).

**Cuadro N° 7. Aspartato Amino Transferasa (UI/L) en caballos PSC durante 5 meses de evaluación (promedios y desviación estándar).**

<b>AST</b>	<b>Tiempo 0</b>	<b>Tiempo 1</b>	<b>Tiempo 2</b>	<b>Tiempo 3</b>
<b>Mes 1</b>	571.63 ± 373.78 <sup>a</sup>	599.33 ± 357.96 <sup>a</sup>	620.5 ± 435.54 <sup>a</sup>	627.58 ± 514.5 <sup>a</sup>
<b>Mes 2</b>	725.46 ± 624.39 <sup>a</sup>	716.29 ± 554.39 <sup>a</sup>	756.04 ± 605.25 <sup>a</sup>	674.29 ± 476.83 <sup>a</sup>
<b>Mes 3</b>	618.25 ± 551.67 <sup>a</sup>	653.63 ± 644.12 <sup>a</sup>	655.63 ± 625.16 <sup>a</sup>	624.21 ± 558.8 <sup>a</sup>
<b>Mes 4</b>	556.08 ± 489.44 <sup>a</sup>	541.71 ± 424.88 <sup>a</sup>	540.58 ± 444.64 <sup>a</sup>	550.38 ± 449.04 <sup>a</sup>
<b>Mes 5</b>	668.05 ± 592.86 <sup>a</sup>	685.68 ± 636.68 <sup>a</sup>	642.45 ± 495.6 <sup>a</sup>	651.23 ± 548.5 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup>: letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ )

### **Creatina Quinasa**

El cuadro N° 8 muestra los valores correspondientes al promedio y desviación estándar. En cada mes se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre el tiempo 2 con respecto al tiempo 0.

Al analizar la cinética de la Creatina Quinasa (UI/L) no se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) en los niveles séricos de ninguno de los meses (M2, M3, M4 y M5) con respecto al mes referencial (M1) del estudio (Cuadro N° 9).

**Cuadro N° 8. Creatina Quinasa (UI/L) en caballos PSC durante 5 meses de evaluación (promedios y desviación estándar).**

CK	Tiempo 0	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3
<b>Mes 1</b>	246.33 ± 94.53 <sup>a</sup>	357.42 ± 357.61 <sup>a</sup>	1080.29 ± 3151.24 <sup>b</sup>	247.67 ± 124.81 <sup>a</sup>
<b>Mes 2</b>	541.04 ± 893.83 <sup>a</sup>	648.92 ± 983.02 <sup>a</sup>	945.33 ± 1247.1 <sup>b</sup>	299.54 ± 210.8 <sup>a</sup>
<b>Mes 3</b>	228.75 ± 98.34 <sup>a</sup>	283.83 ± 126.1 <sup>a</sup>	412.42 ± 385.77 <sup>b</sup>	246.96 ± 137.61 <sup>a</sup>
<b>Mes 4</b>	328.29 ± 456.29 <sup>a</sup>	440.75 ± 734.11 <sup>a</sup>	663.08 ± 1090.37 <sup>b</sup>	268.79 ± 168.4 <sup>a</sup>
<b>Mes 5</b>	324.32 ± 281.44 <sup>a</sup>	401.41 ± 413.27 <sup>a</sup>	866.55 ± 1447.21 <sup>b</sup>	330.82 ± 329.99 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup>: letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ )

**Cuadro N° 9. Comparación del valor de  $p$  entre meses respecto al mes referencial 1 para cada una de las variables.**

Variables	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
<b>Glob. Rojos</b>	0.801	0.570	0.133	0.043*
<b>Hemoglobina</b>	0.895	0.822	0.865	0.017*
<b>Hematocrito</b>	0.858	0.956	0.500	0.033*
<b>LDH</b>	0.628	0.374	0.073	0.065
<b>AST</b>	0.313	0.768	0.608	0.644
<b>CK</b>	0.484	0.291	0.748	0.999

\*:  $p < 0.05$ , estadísticamente significativo

## V. DISCUSIÓN

Actualmente, la industria mundial del caballo PSC tiende a la “aceleración” o al dinamismo de cada una de las fases o eventos que suceden dentro del complicado proceso que significa obtener, levantar y mantener un caballo PSC (Castillo, 2007). Precisamente, la correcta evaluación del entrenamiento significa un paso importante en el cuidado de este tipo de animales. Cabe recordar que el caballo PSC es una máquina, y como tal, requiere de un suministro adecuado de combustible para su correcto funcionamiento, este combustible serían el oxígeno y el glucógeno. En ese sentido, todo caballo PSC debe recibir este combustible adecuadamente, a través de una fuente de energía proporcionada por una adecuada adaptación al ejercicio. El presente estudio pretendió caracterizar esa adaptación mediante la medición de valores eritrocitarios y niveles séricos de enzimas musculares y su cinética a través de un periodo de entrenamiento previo al inicio de las competencias oficiales.

### **Serie Eritrocitaria**

Con respecto a la cinética de la serie eritrocitaria, los valores en reposo al inicio del estudio (Cuadro N° 3, 5 y 7) se encontraron cerca del límite inferior a lo normal según Lording (2008). Esto podría deberse a un posible cuadro clínico de anemia leve, dado que los animales provenían de criaderos donde la alimentación está basada en pasturas naturales y no en suplementos nutricionales que puedan prevenir o mejorar estos cuadros clínicos, además de centrarse más en el manejo adecuado del potrillo y su obediencia a las riendas. Durante el segundo y tercer mes de evaluación, este promedio aumentó ligeramente permaneciendo cerca del límite inferior, probablemente debido a que durante este tiempo, el entrenamiento estuvo orientado al inicio de los primeros galopes en la pista, el cual consistía en galopar libremente 2400 metros (una vuelta a la pista) sin exigir al animal. Sin embargo, para el cuarto mes, los valores promedio alcanzaron rangos de referencia para la especie, en parte, debido al inicio del

periodo de trabajos cortos y largos de entrenamiento, además de mejorar el manejo y la alimentación de los caballos. Para el mes 5, este aumento se hizo significativo dado el incremento de la carga de ejercicio por la cercanía del debut. Estos aumentos paulatinos durante los meses (M2, M3, M4 y M5) de entrenamiento, se pudo haber dado, como lo mencionan Gómez *et al* (1995), debido al estímulo eritropoyético del ejercicio mismo como respuesta adaptativa al incremento de las cargas y tiempo de ejercicio que aumentó la capacidad en el transporte de oxígeno optimizando el metabolismo energético aeróbico del caballo PSC.

Al analizar las diferencias entre cada tiempo (T0, T1, T2 y T3) se encontró un aumento significativo en el tiempo 1, lo que concuerda con los estudios realizados por Cötelioglu (2001), Cofré (2005), Barra (2007), y Muñoz *et al* (2009). Esto se debe principalmente al estímulo adrenérgico durante el ejercicio que genera una contracción del bazo, órgano que en condiciones normales almacena un 30 a 33% del volumen total de eritrocitos (Barra, 2007). Esto produce un aumento en todas las variables, las cuales al estar tan ligadas entre sí (recuento de glóbulos rojos, concentración de hemoglobina y hematocrito) es casi imposible que éstas presenten un comportamiento distinto, por lo tanto es lógico encontrar un patrón de conducta similar. Este aumento de la población roja se traduciría en un aumento de la irrigación sanguínea y por ende una mejor oxigenación a todos los tejidos del organismo, sobre todo el muscular, para un mejor desempeño en el entrenamiento diario de los animales. Además, los valores regresaron a los niveles basales en el tiempo T2, lo que indicaría recuperación pos ejercicio en menos de 1 hora.

### **Enzimas musculares**

Atendiendo a los resultados hallados en relación a la cinética de los niveles séricos de las enzimas musculares, se comprobó que la LDH, una enzima catalizadora del lactato, tuvo un incremento no significativo para el segundo mes respecto al primero, que se pudo haber dado debido al comienzo de los ejercicios en el toro. Este tipo de ejercicio no implicaba mucho tiempo, pero si, gran carga de ejercicio para el animal, lo que podría conllevar a generar el metabolismo energético anaeróbico. Esto se traduciría en un incremento de los niveles de LDH dada la presencia del lactato en sangre y tejidos. Posteriormente, la enzima tiende a disminuir de forma paulatina, hasta casi llegar a ser significativa para el mes 5 de entrenamiento (Cuadro 10), lo que significaría una reducción de la producción de ácido láctico dada la disminución de la enzima. En pocas palabras, el músculo esquelético de los caballos reduce su permeabilidad para liberar esta enzima, lo que se denomina adaptación al ejercicio. Sin embargo, al comparar los tiempos de muestreo si se hallaron diferencias significativas debido a que las enzimas

musculares, en general, muestran niveles de actividad mayores en comparación al reposo (Araya, 2005). De acuerdo a la Figura N° 6, estos incrementos significativos se dieron entre los periodos T1 – T2, corroborando los estudios realizados por Cötelioğlu (2001). Al ser, la LDH, una enzima que aumenta de forma significativa con ejercicios de resistencia (Poblete, 2007), y en vista que los animales fueron sometidos a ejercicios de corta duración pero de gran carga durante los primeros 3 meses, la actividad de esta enzima no se diferenció durante este tiempo. Sin embargo, como se trata de una enzima citosólica es liberada a la circulación ante cualquier daño del tejido muscular, consecuencia de la hipoxia celular generada por el trabajo anaeróbico. Esto último explicaría las diferencias significativas encontradas entre los tiempos de muestreo en cada mes del estudio, lo que hace sospechar que el ejercicio indujo un incremento momentáneo de los niveles de esta enzima, regresando a los niveles basales antes de las 24 horas. Aunque tampoco se puede descartar completamente, que en algunos caballos el aumento haya estado asociado a daño celular como consecuencia de un mayor esfuerzo muscular.

La AST, una enzima de mayor versatilidad en la práctica médica equina, presentó una cinética errática durante todo el estudio (Figura N° 7). Esta enzima tuvo un incremento no significativo en el segundo mes, para luego disminuir en el tercero y posteriormente bajar el nivel referencial (mes 1) en el cuarto y por último, aumentar sobre este nivel en el mes 5 (Cuadro N° 11). Harris *et al* (1998) sugieren que dependiendo de la intensidad del ejercicio siempre hay disminuciones en los niveles de esta enzima con la incorporación y/o aumento del entrenamiento, hecho que concuerda con el presente estudio. Inclusive tampoco se encontraron diferencias significativas dentro de los tiempos de muestreo en cada mes (Figura N° 7). Los incrementos de esta enzima durante la evaluación pudieron reflejar algún daño muscular, sin embargo, debe recalarse que esta enzima es inespecífica del músculo y puede ser liberada por otros órganos también. En ese sentido, cualquier alteración de otro sistema, o incluso alguna alteración de la muestra podría ser la causa de estos incrementos leves. Por otro lado, dado que los incrementos de esta enzima no fueron significativos, esto podría deberse a que los animales toleraron bien el ejercicio sin producir daño en las células musculares. Aunque, por tratarse de una enzima mitocondrial y citosólica, la AST demoraría su salida hacia la circulación en un tiempo mayor a 24 horas. Por lo que, su aumento pudo haberse dado por un ejercicio moderado durante estos primeros 3 meses o en todo caso hemoconcentración debido al mismo ejercicio.

La determinación de CK debido a su sensibilidad y especificidad en daños musculares, puede valorizarse como un índice para determinar el estado físico de caballos PSC, además de ser un buen indicador de la capacidad aeróbica de los mismos. En el estudio, la enzima no se



diferenció entre los meses de evaluación de manera significativa, pero si existió un incremento significativo en los tiempos de muestreo de cada mes, específicamente en el tiempo 2 (Cuadro N° 14 y Figura N° 8). A causa de la adaptación que ocurre con el entrenamiento al reducirse la permeabilidad de la membrana celular muscular se produce una menor liberación de enzimas. Precisamente, durante los meses 1, 2 y 3 se observa una disminución no significativa de los niveles séricos de esta enzima, lo que indicaría que este entrenamiento está siendo bien tolerado por los caballos. Sin embargo, a partir de ese momento, los niveles empiezan a incrementarse sin llegar a ser significativos, lo cual nos haría sospechar de un aumento en la permeabilidad de la célula muscular, en parte debido al aumento de las cargas de trabajo en los entrenamientos y también debido al inicio del periodo de trabajos cortos y largos previos a la primera carrera. Sin embargo, en ninguno de los casos se tratarían de daños tisulares o necrosis celular, dado que los niveles no alcanzan niveles significativos sino que regresan a niveles basales a las 24 horas de desarrollado el ejercicio.

## VI. CONCLUSIONES

- El ejercicio, como tal, produjo una serie de cambios en los componentes sanguíneos de los caballos PSC de dos años de edad sometidos a un entrenamiento previo a su primera carrera.
- Los animales sometidos al entrenamiento previo a la primera carrera en el presente estudio, presentaron un aumento paulatino de los valores eritrocitarios que llegaron a ser significativos el último mes. Los valores eritrocitarios tuvieron un aumento significativo inmediatamente después de finalizado el ejercicio, los cuales volvieron al rango normal 1 hora después del mismo.
- La enzima LDH fue disminuyendo de forma no significativa conforme avanzó el periodo de entrenamiento, pero tuvo un aumento significativo inmediatamente después del ejercicio hasta la primera hora, regresando al valor promedio inicial 24 horas después.
- La enzima AST tuvo un incremento no significativo el segundo mes y luego disminuyó hasta el cuarto mes, para finalizar con un leve incremento el último mes. No mostraron cambios significativos en los tiempos de muestreo de ninguno de los meses.
- La enzima CK fue disminuyendo de forma no significativa hasta el tercer mes y luego aumentó hasta el último mes. Se mostraron aumentos significativos a la hora después de finalizado el ejercicio regresando al valor promedio inicial 24 horas después.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. **Alarcón L. 2007.** Caracterización histoquímica, inmunohistoquímica y morfométrica del músculo *Gluteus medius* en equinos mestizos entrenados para competencia enduro ecuestre. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Concepción, Chillan – Chile. 48pp.
2. Alvarez J. 2006. Efecto de dos ejercicios diferentes sobre el hemograma, cortisol y proteínas plasmáticas en equinos mestizos fina sangre inglés entrenados para participar en pruebas de resistencia. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Concepción, Chillan – Chile. 56pp.
3. Araya H. 2005. Evaluación de parámetros fisiológicos (FC, FR y Temperatura), enzimas (CK, AST y LDH) y ácido láctico en equinos mestizos durante el entrenamiento para competir en pruebas de enduro. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Concepción, Chillan – Chile. 57pp.
4. Arnau J y Balluerka N. 2004. Análisis de datos longitudinales y de curvas de crecimiento. Enfoque clásico y propuestas actuales. *Psicothema*, 16(1): 156-162.
5. Arslan M, Özcan M, Tosun C, Çötelioglu Ü y Matar E. 2002. 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*, 28(1): 91-97.
6. Barra M. 2007. Evaluación del hemograma, concentración sanguínea de cortisol y glucosa en equinos sometidos a un ejercicio estandarizado en treadmill. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Concepción, Chillan – Chile. 43pp.
7. Battaglia G. 2005. El Yeguarizo: Origen, Evolución y Distribución de las Especies Equinas. Argentina: Binder. 192pp.
8. Blanco A. 1937. El Caballo Inglés de Carrera. Chile: La Nación. p 17-18, 25-26

9. Blázquez J. 1999. Las carreras de carros en su origen y en el mundo romano. *Historia del carruaje en España*, 72-83.
10. Blázquez J. 1973. Una Droga en la Antigüedad: las carreras de caballos. *Jano. Medicina y Humanidades*, 73: 71-87.
11. Cassidy R. 2002. The Social Practice of Racehorse Breeding. *Society & Animals*, 10(2): 155-177.
12. Castello J I. 2008. Galopes de entrenamiento. Revista El mundo del Caballo n°80 [Internet], [19 enero 2010]. Disponible en: [http://www.revistacaballo.com/galopes-de-entrenamiento\\_id24744/introduccion\\_id393756](http://www.revistacaballo.com/galopes-de-entrenamiento_id24744/introduccion_id393756).
13. Castillo E. 2007. Adaptación del sistema músculo-esquelético de potros al ejercicio. *Artículos técnicos: Equinos – Engormix*. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-equinos/manejo/articulos/adaptacion-sistema-musculoesqueletico-potros-t1471/124-p0.htm>
14. Cebuli-Kadunc N, Bozic M, Kosec M y Cestnik V. 2002. The influence of age and gender on haematological parameters in Lipizzan horses. *Journal of Veterinary Medicine*, 49: 217-221.
15. Cofré S. 2005. Determinación de los parámetros fisiológicos, ácido láctico y enzimas en equinos de silla francés durante el segundo año de entrenamiento para competencia ecuestre. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Concepción, Chillan – Chile. 49pp.
16. Coppo J y Mussart N. 2000. Apoyatura bioquímica al diagnóstico veterinario. Casuística registrada tras 25 años de funcionamiento de un servicio de análisis clínicos. *Revista Veterinaria*, 10: 34-39.
17. Cötelioğlu Ü, Arslan M, Matar E, Bakirel U, Özcan M y Tosun C. 2001. The Effects of Physical Exercise on Some Physiological Parameters, Plasma CK and LDH levels in Horses that are Breeded as Race Horses. *The Journal of the Faculty of Veterinary Medicine Istanbul University*, 27(2): 609-615.
18. Cowell R y Tyler R. 2002. Diagnostic Cytology and Hematology of the Horse. Estados Unidos: Mosby. 205-207.
19. Díaz H. 2009. Parámetro Hemato-Bioquímicos en el Caballo Peruano de Paso. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima – Perú. 96 pp.
20. Dunlop y Malbert, 2004
21. Eades S y Bounous D. 1997. Laboratory Profiles of Equine Diseases. Estados Unidos: Mosby. 304.

22. Ekiz B, Koçak Ö y Demir H. 2005. Estimates of Genetic Parameters for Racing Performances of Arabian Horses. *Turk J Vet Anim Sci*, 29: 543-549.
23. Evans D. 2000. Training and Fitness in Athletic Horses. Universidad de Sidney. Australia: Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC). Publicación N°00/1: 2-4, 42
24. Figueredo M. 2006. Niveles de Electrolitos Plasmáticos en Caballos Mestizos Fina Sangre de Carrera sometidos a Entrenamiento para Competencias de Resistencia. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Concepción, Chillan – Chile. 45pp.
25. Frandson R, Wilke W y Dee Fails A. 2009. Anatomy and Physiology of Farm Animals. Sétima Edición. Estados Unidos: Wiley Blackwell. 105, 106, 138.
26. Frick A. 2010. Stretching exercises for Horses: Are they effective? *Journal of Equine Veterinary Science* 30 (1): 50-59.
27. Friedmund H y Martínez E. 1984. Fisiología del Esfuerzo Físico. Perú: Ministerio de Educación, 222p.
28. García A, Castejón F, De la Cruz L, González J, Murillo M y Salido G. 1995. Fisiología Veterinaria. España: McGraw-Hill Interamericana. 1027-1030.
29. García M, Guzmán R, Cabezas I, Merino V, Palma C y Pérez R. 1999. Evaluación del entrenamiento tradicional del caballo criollo chileno de rodeo mediante el análisis de variables fisiológicas y bioquímicas sanguíneas. *Arch med vet*, 31(2): 167-176.
30. Glauer D. 1989. Horsemanship Program: Horse Science. *Animal Science*, 2: 4.
31. Gómez C, Petrón P, Andaur M, Pérez R y Matamoros R. 2004. Medición post-ejercicio de variables fisiológicas, hematológicas y bioquímicas en equinos de salto holsteiner. *Revista científica FCV-LUZ*, 14(3): 244-253.
32. Gu J, Orr N, Park S, Katz L, Sulimova G, MacHugh D y Hill E. 2009. A Gene Scan for Positive Selection in Thoroughbred Horses. *Plos One*, 4(6): 1-17
33. Gunn HM, 1987. Muscle, bone and fat proportions and muscle distribution of thoroughbreds and other horses. *Equine exercise physiology* 2: 253–264.
34. Guyton A y Hall J. 2001. Tratado de Fisiología Médica. Décima Edición. España: McGraw-Hill Interamericana. 87-89, 1168-1170.
35. Harris P, Marlin D y Gray J. 1998. Plasma Asparatate Aminotransferase and Creatine Kinase activities in thoroughbred racehorses in relation to age, sex, exercise and training. *Vet J*, 155: 295-304.
36. Hill E, Bradley D, Al-Barody M, Ertugrul O, Splan R, Zakharov I y Cunningham E. 2002. History and integrity of thoroughbred dam lines revealed in equine mtDNA variation. *Animal Genetics*, 33: 287-294.

37. Hinchcliff K, Geor R y Kaneps A. 2008. Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse. Estados Unidos: Saunders Elsevier. 2-3, 43-47, 399-404
38. Hinchcliff K, Morley P y Guthrie A. 2009. Efficacy of furosemide for prevention of exercise-induced pulmonary hemorrhage in Thoroughbred racehorses. *Journal of American Veterinary Medicine Association*, 235: 76-82.
39. Islas A, Quezada M, Mora G, López-Rivero J, Merino V, Rojas H, Kraushard R, Muñoz C y Cádiz P. 2004. Determinación de las características histoquímicas y morfométricas del músculo *Gluteus medius* en equinos de silla francés. *Avances en Ciencias Veterinaria*, 19: 10-17.
40. Jeffcott L. 1979. The diagnostic value of haematological and clinical chemical tests in equine practice. *The veterinary annual*, 19: 115-125.
41. Jones W. 1989. Equine Sports Medicine. Estados Unidos: Lea and Febiger. 121, 208-209.
42. Kaneko , 1997.
43. Kerr M. 2002. Veterinary Laboratory Medicine. 2da Edición. Reino Unido: Blackwell Science Ltd. 7-12.
44. Lassen E y Swardson C. 1995. Hematology and hemostasis in the horse: normal functions and common abnormalities. *Vet Clin North Am, Equine Practice*, 11: 351-389.
45. Lindner A. 2000. Use of blood biochemistry for positive performance diagnosis of sport horses in practice. *Revue Med Vet*, 151(7): 611-618.
46. Lording P. 2008. Erythrocytes. *Vet. Clin. Equine*, 24: 225-237.
47. Lumsden J, Rowe R y Mullen K. 1980. Hematology and biochemistry reference values for the Light Horse. *Canadian Journal Comp. Medicine*, 44: 33-42.
48. McGowan C. 2008. Clinical Pathology in the Racing Horse: The role of clinical pathology in assessing fitness and performance in the racehorse. *Vet. Clin. Equine*, 24: 405-421.
49. McManus C, Santos S, da Silva J, Louvandini H, Abreu U, Sereno J y Mariante A. 2008. Body indices for the Pantaneiro Horse. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci*, 45(5): 362-370.
50. Merino V, Islas A, López-Rivero J, Mora G, Quezada M, López J y Reyes J. 1998. Características metabólicas del músculo *Gluteus medius* de equinos mestizos con aptitud de tiro. *Arch. Med. Vet.*, 30(2): 125-130.
51. Meyer D, Coles E y Rich L. 1992. Veterinary Laboratory Medicine: Interpretation and Diagnosis. Estados Unidos: WB Saunders Company. 304.
52. Mitrani H, 2004. A paso llano por el mundo: La historia del caballo peruano de paso. Perú: Lima Tours. 52pp.
53. Moreno F. 2007. Determinación de la Actividad Sérica de la Creatin Quinasa y Aspartato Aminotransferasa en Caballos Criollos Colombianos en pistas de exposición. Tesis para

- optar al título de Médico Veterinario y Zootecnista. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad CES, Medellín – Colombia. 56pp.
54. Muñoz A, Lucas RG, Benito M, Palacio J, López M, Satué K y Castejón F. 2001. Evaluación del entrenamiento mediante el análisis hematológico y bioquímico plasmático en caballos angloárabes de carrera. *Med Vet*, 19(7-8): 491-499.
  55. Muñoz A, Lucas RG, Benito M y Satué K. 2002. Miopatías en el caballo I. Rabdomiolisis agudas y recurrentes. *Med Vet*, 19(3): 32-46.
  56. Mutis C y Pérez T. 2005. Determinación y análisis de valores de nitrógeno ureico en sangre (BUN), glucosa, creatin kinasa (CK) y ácido láctico pre y post ejercicio en una población de atletas equinos de salto en Bogotá, D.C. REDVET 6(2) [Internet], [10 diciembre 2009]. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020205.html>
  57. Orsini J y Divers T. 2000. Manual de Urgencias en la Clínica Equina: Tratamiento y Técnicas. España: Ediciones Harcourt S.A. 2-6.
  58. Parra M, Sandoval J, Valeris R, Alvarado M y Cruz R. 2004. Correlación entre la evaluación clínica y ultrasonográfica de las lesiones en tendones flexores de miembros anteriores en equinos pura sangre de carrera en Venezuela. *Revista científica FCV-LUZ*, 14(6): 506-512.
  59. Pérez R, García M, Cabezas I, Guzmán R, Merino V, Valenzuela S y González C. 1997. Actividad física y cambios cardiovasculares y bioquímicos del caballo chileno a la competencia de rodeo. *Arch med vet*, 29(2): 221-234.
  60. Perrone G M, Caviglia J F, Pérez A, Fianza M, Marquez A, Catelli J L, González G. 2006. Cambios en las variables fisiológicas en equinos compitiendo en una prueba combinada. *Anales de veterinaria* 22: 35-42.
  61. Poblete M. 2007. Efecto del entrenamiento para competencia de enduro sobre actividades enzimáticas del músculo *Gluteus medius* de equinos mestizos. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Concepción, Chillan – Chile. 30pp.
  62. Ramos R. 2007. Hípica en Colombia: Historia, Entrenamiento y Algo más. Anécdotas Hípicas Venezolanas [Internet], [15 marzo 2007]. Disponible en: <http://www.anecdotashipicas.net/TrabajosEspeciales/HipicaEnColombia.php>
  63. Rose R y Hodgson D. 1995. Manual Clínico de Equinos. México: Editorial Interamericana. 54.
  64. Sainz R y Montero G. 2004. Aplicación de los modelos mixtos a un caso práctico de modelización del crecimiento y producción de las masas forestales. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 18: 317-321.

65. Schalm O, Jain N y Carroll E. 1975. *Veterinary Hematology*. 3ra Ed. Estados Unidos: Lea & Febiger. 807 pp.
66. Searle S, Casella G y McCulloch C. 1992. *Variance components*. Estados Unidos: John Wiley and Sons. 13, 122, 138, 159.
67. Stock C. 1947. The Dawn Horse or Eohippus. *Eng Sci Mo*, 4: 4-5.
68. Traverso R. 1978. Rendimiento de los Caballos Pura Sangre de Carrera en función del Hematocrito, Hemoglobina y Glóbulos Rojos. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima – Perú. 45p.
69. Vademecum Wiener Laboratorios S.A.I.C. 2006. Rosario, Argentina.
70. Wilmore J y Costill D. 2004. Fisiología del Esfuerzo y del Deporte. España: Paidotribo. 29, 120-127, 221.
71. Yarza S. 2007. Evaluación de parámetros fisiológicos (FC, FR y T°), enzimas (CK, AST y LDH) y ácido láctico en equinos mestizos, sometidos a entrenamiento para competencia de resistencia. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Concepción, Chillan – Chile. 52pp.



## VIII. ANEXOS

**Anexo N° 1.** El Caballo Pura Sangre de Carrera  
(Tomado de “El caballo inglés de carrera” de Stock, 1937)



**Anexo N° 2.** Valores hematológicos para equinos de “sangre caliente”

<b>Categoría</b>	<b>Glob. Rojos (x10<sup>6</sup>cel./ml)</b>	<b>Hemoglobina (g/dl)</b>	<b>Hematocrito (%)</b>	<b>Referencia</b>
Hembra	7 – 11	11 – 16	37 – 49	Schalm <i>et al.</i> , 1975
Macho	8 – 13	12 – 18	38 – 59	Schalm <i>et al.</i> , 1975
Referencia	7 – 11	11.5 – 17.5	32 – 48	Jeffcott, 1979
Referencia	9.35 ± 1.05	14.8 ± 1.3	42 ± 4	Lassen y Swardson, 1995

**Anexo N° 3.** Valores de referencia para LDH reportados por otros autores en el equino.

<b>Autor</b>	<b>Media</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
Cötelioglu <i>et al.</i> , 2001	713.6	663.5	763.7
Araya, 2005	292	154	694
Perrone <i>et al.</i> , 2006	760.82	704.27	817.37
Yarza, 2007	392.22	240	616

**Anexo N° 4.** Valores de referencia para AST reportados por otros autores en el equino.

<b>Autor</b>	<b>Media</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
Lumsden <i>et al.</i> , 1980	217	77	357
Meyer <i>et al.</i> , 1992	296	226	366
Rose y Hodgson, 1995	275	150	400
Eades y Bounous, 1997	286	160	412
Perrone <i>et al.</i> , 2006	273.64	258.73	288.55

**Anexo N° 5.** Valores de referencia para CK reportados por otros autores en el equino.

<b>Autor</b>	<b>Media</b>	<b>Valor Mínimo</b>	<b>Valor Máximo</b>
Lumsden <i>et al.</i> , 1980	38.7	41.3	118.7
Meyer <i>et al.</i> , 1992	113	86	140
Rose y Hodgson, 1995	200	100	300
Eades y Bounous, 1997	195	60	330
Perrone <i>et al.</i> , 2006	300	278.92	321.26

**Anexo N° 6.** Esquema de entrenamiento para un potrillo de 2 años de edad

Hipodromo de Monterrico

<b>Tiempo</b>	<b>Tipo de ejercicio</b>
<b>Mes 1</b>	Entrenamiento en el torno, amansamiento y ensillamiento.
<b>Mes 2</b>	Galopes de 1000 metros en pista de arena
<b>Mes 3</b>	Galopes de 2400 metros en pista de arena
<b>Mes 4</b>	Trabajos cortos y trabajos largos en pista de arena
<b>Mes 5</b>	Entrenamiento en el partidor, primera carrera