

# EVALUACION DEL ESTADO FISICO DE CABALLOS MEDIANTE ALGUNAS VARIABLES FISIOLÓGICAS

María Patricia Arias G <sup>1</sup> Gregory Mejía S <sup>1</sup>, Andrés Felipe Mesa <sup>2</sup>, Esteban Gallego M <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grupo INCA-CES, Universidad CES. Contacto: gmejia@ces.edu.co

<sup>2</sup> Estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la universidad CES

## Resumen

La medición y el monitoreo de las variables fisiológicas en los caballos atletas, como Creatinquinasa (CK), Frecuencia cardiaca (FC), Frecuencia respiratoria (FR) y ácido láctico, son de gran importancia para la determinación del mejor modelo de entrenamiento que lleve a un máximo rendimiento deportivo. En esta investigación se analizaron estas cuatro variables en tres razas (Europea, Caballo Criollo Colombiano y Pura Sangre Inglés) de caballos de salto, y en tres estados de actividad física (reposo, final del ejercicio y recuperación). Los resultados encontrados fueron muy significativos y llevan a concluir que los caballos evaluados, han respondido por igual y favorablemente al entrenamiento realizado, además que el proceso de adaptación al ejercicio ha sido positivo. También se infiere a través de los resultados obtenidos que se puede aumentar el volumen e intensidad del entrenamiento, buscando un mayor rendimiento en las competencias.

**Palabras clave:** Caballos de salto, parámetros fisiológicos, valores bioquímicos, razas, rendimiento físico, desempeño.

## Abstract

It was carry out an experimental study of aleatory type, comparaty, in which were analyzed cardiovascular variables before a routine of exercise, immediately after and during the recovery period in three breeds of horses (groups) in the equestrian centre La Maria, with the purpose of monitoring the behaviour of each one of these breeds on the different states and to analyze the concentration of lactic acid and creatinkinase. In addition, it were measured the parameters: heart rate (basal, mean, maximal, final and recovery period) and respiratory rate (mean, final and recovery period). The obtained results showed a significant difference of the evaluated parameters in the three breeds, it is remarkably that all the breeds can be used for jumping but some are more capable than others. It can be concluded that of the three races used in the study, the most capable for the jump modality is the European, because it showed to have a bigger potential to carry out this sport with a better systemic metabolic performance.

**Key words:** Jump horses, physiologic parameters, biochemical values, breeds, physical yield, performance.

## INTRODUCCION

El entrenamiento atlético es multifacético, es el resultado de la integración de muchos sistemas orgánicos involucrados en la producción de energía, articulando todos los factores biomecánicos, llevando al máximo el desempeño y la conservación de la capacidad física de cada animal. Por su parte, la instrucción desarrolla la coordinación neuromuscular y la disciplina mental. La preparación y el entrenamiento de un caballo para cualquier tipo de competencia involucran una combinación de acondicionamiento y enseñanza (9).

El atleta de alto rendimiento necesita un entrenamiento específico, cada animal requiere un tratamiento particular considerando su edad, características morfológicas - fisiológicas, y la actividad física que realiza. Se debe tener cuidado con los esfuerzos durante el entrenamiento, la recuperación y la alimentación, ya que cuando el caballo atleta trabaja al mas alto nivel de exigencia física es fácil causar un sobreentrenamiento, presentándose un estado de fatiga que se ve reflejada en un mal rendimiento, y una mayor incidencia de lesiones de sobrecarga; estos estados patológicos se deben evitar cuando se pretende alcanzar el máximo rendimiento (24).

Se ha observado que se presentan cambios significativos en el funcionamiento de los sistemas orgánicos involucrados en la actividad física como el sistema músculo esquelético, el sistema cardiovascular y el sistema respiratorio, esto ha permitido caracterizar algunas respuestas fisiológicas y bioquímicas al ejercicio de diferente intensidad y duración (2).

Mediante la cuantificación de estas variables pueden establecerse parámetros que determinarían adaptaciones y respuestas fisiológicas y bioquímicas durante el entrenamiento y la competencia, a que son sometidos los equinos. Diferentes estudios sobre las adaptaciones hematológicas y bioquímicas en caballos Pura Sangre Inglés (PSI) y Caballos Criollos Colombianos antes, durante y después del ejercicio han demostrado que variables como la frecuencia cardiaca, la concentración de ácido láctico sanguíneo, el volumen total de glóbulos rojos y la concentración de la hemoglobina pueden ser indicadores confiables para evaluar el estado físico atlético y el nivel de entrenamiento que presenta un caballo para realizar una determinada actividad física (1, 4, 13).

No se debe olvidar el importante papel del entrenador en el desarrollo óptimo del equino en competencia; si es un entrenador diestro en el área, debe integrar los ejercicios de acondicionamiento con la enseñanza, para producir un caballo que sea físicamente apto, mentalmente hábil, totalmente preparado para las demandas de las diferentes pruebas a las que será sometido y obediente a las ordenes del jinete.

Ahora bien, en la especie equina se diferencian dos tipos principales de fibras musculares esqueléticas, con diferentes propiedades metabólicas y contráctiles (29). Las fibras tipo I presentan una velocidad de contracción

lenta y un metabolismo predominantemente aerobio, las fibras tipo II de diferencian en dos subtipos: II A y II B, las fibras tipo IIA muestran características intermedias entre las I y las IIB y las fibras II B son de contracción rápida y metabolismo glucolítico (11). El porcentaje de fibras I y II determina el rendimiento físico en actividades de resistencia o de potencia y esta determinado genéticamente (30).

El patrón de depleción glucogénica es una determinación indirecta del grado y secuencia de la intervención fibrilar a lo largo de un esfuerzo físico. El perfil enzimático refleja las vías metabólicas más desarrolladas en el músculo, que varían en función de la tipología fibrilar (12). Las fibras tipo I son de color rojizo (debido a que tienen gran cantidad de mioglobina), presentan un sarcoplasma abundante con un retículo sarcoplásmico muy desarrollado, un alto número de mitocondrias y bajo número de miofibrillas comparadas con las fibras tipo II; el aporte sanguíneo es muy elevado, lo que posibilita un gran intercambio metabólico y gaseoso (30). Por estas cualidades, su metabolismo es esencialmente oxidativo, lo que hace que los sustratos utilizados como fuente de energía sean principalmente los triglicéridos y los carbohidratos. Son fibras altamente resistentes a la fatiga (28).

La participación de las fibras tipo I predomina en actividades prolongadas de leve y moderada intensidad, estando especialmente desarrolladas en caballos que realizan actividades de resistencia, como los *rides* (14). Las fibras tipo II presentan un sarcoplasma menos abundante que las fibras tipo I, un retículo sarcoplásmico mejor desarrollado, con alta concentración de calcio y calcicuestrina, lo que posibilita las contracciones rápidas y repetitivas; poseen baja cantidad de mitocondrias y las miofibrillas son bien desarrolladas. Tienen una concentración de glucogeno mayor que las fibras tipo I y la concentración de triglicéridos es baja. Las mitocondrias son poco abundantes y hay menor número de capilares sanguíneos por superficie de área muscular, lo cual refleja una menor actividad del metabolismo oxidativo. En estas fibras predomina el metabolismo glucolítico. El reclutamiento de estas fibras predomina en actividades de potencia (13).

Con respecto al salto como actividad física, es importante recordar que es un ejercicio intenso y de corta duración, bajo en velocidad; por esta razón, los resultados de estudios realizados en caballos de carreras no se pueden extrapolar a los caballos de salto, sin embargo, debido a que la mayor parte de los caballos de salto son de la misma raza (P.S.I.), ya sean puros o productos de cruces con otras razas, algunos parametros pueden tomarse como variables de referencia.

De acuerdo con lo anterior, se debe tener en cuenta las diferencias entre las actividades que realizan cada grupo de ejemplares, los sistemas de entrenamiento y las dietas formuladas, ya que estos parámetros varían significativamente los diferentes ejemplares.

Los cuadros 1 y 2 muestran algunos parámetros fisiológicos, hematológicos y bioquímicos de caballos PSI en reposo del hipódromo Los Comuneros en

el Departamento de Antioquia que se desempeñan en carreras de corto y de largo aliento.

**Cuadro 1.** Parámetros obtenidos en caballos PSI del hipódromo Los Comuneros que compiten en carreras de 1800m (1).

| PARAMETRO                  | Promedio |
|----------------------------|----------|
| F. Cardiaca (pul/min)      | 40.83    |
| F. Respiratoria (resp/min) | 26.16    |
| CPK (UI/L)                 | 289.3    |

**Cuadro 2.** Parámetros obtenidos en caballos PSI el hipódromo Los Comuneros que compiten en carreras de 1100m (1).

| PARAMETRO                  | Promedio |
|----------------------------|----------|
| F. Cardiaca (pul/min)      | 40.83    |
| F. Respiratoria (resp/min) | 25.83    |
| CPK (UI/L)                 | 361.4    |

En las diferentes disciplinas deportivas, el entrenamiento no modifica las características morfológicas del equino, las cuales están determinadas genéticamente, pero sí mejora su capacidad de adaptación, ya que este influye sobre algunos parámetros fisiológicos y sobre la capacidad funcional del animal. Los esfuerzos físicos repetitivos a través de un periodo largo de trabajo conducen a variaciones en los sistemas metabólico, cardiovascular y respiratorio, lo cual hace posible responder a la demanda metabólica exigida por actividad corporal específica, bien sea deportiva o de trabajo (17).

El principal factor limitante para alcanzar un buen nivel competitivo en los diferentes eventos es el suministro de combustible a la célula muscular, limitado por la eficiencia del metabolismo energético (19). Debido a esto es importante conocer el funcionamiento normal del metabolismo en el caballo atleta, pues sus adaptaciones fisiológicas en respuesta al ejercicio exigen un excelente y cuidadoso manejo del entrenamiento, de la salud y de la alimentación por parte de los preparadores, los médicos veterinarios y quienes deben trabajar en conjunto para lograr el mayor rendimiento deportivo en estos atletas naturales (1, 10).

La fuerza requerida para superar una serie de saltos provoca un aumento de la concentración de lactato plasmático producto de una mayor demanda de energía muscular, involucrando la participación del metabolismo anaeróbico. El incremento de la concentración de ácido láctico debido al ejercicio se reduce gradualmente con el entrenamiento, asociado a un incremento de la capacidad oxidativa del músculo. Esto podría indicar que la medición de lactato sanguíneo es el parámetro bioquímico más práctico y útil para determinar la condición física. Por lo tanto los atletas con un mismo nivel de entrenamiento no deben tener variaciones individuales significativas

en las concentraciones de lactato, y en caso de darse estas diferencias nos estarían indicando la aptitud de cada ejemplar para realizar ese tipo de ejercicio (6, 26, 28). Los valores de referencia para el lactato se encuentran entre 10 -20 UI/l (valores aportados por el laboratorio clínico AGROLAB, quien proceso las muestras de suero para esta investigación).

Hasta hace pocos años se consideraba el lactato como un producto de desecho de la glucólisis y responsable directo de la fatiga muscular, sin embargo, ahora se sabe que el incremento de lactato por sí mismo no causa fatiga y que es un sustrato metabólico intermediario que es utilizado como fuente de energía en el corazón (7, 11).

Existe toda una serie de enzimas adecuadas para identificar la integridad de la célula muscular. La única enzima “músculo específica”, es decir, la única que aumenta solamente cuando hay enfermedades musculares es la creatinquinasa (CK), pero no solamente se encuentra en la musculatura esquelética, si no también en la musculatura cardíaca. La mayoría de las enzimas son “inespecíficas”, es decir, no solamente se presentan en el músculo esquelético y cardíaco, si no también en otros órganos y tejidos (8).

Cuando se sospecha una enfermedad muscular primaria o secundaria como consecuencia de otra enfermedad general, se analiza la actividad total de la CK. Existen algunos márgenes de referencia para los equinos, estos en algunos casos pueden variar de acuerdo a la raza del ejemplar y al propósito. Se estima que en caballos que la referencia esta entre 113-333 UI/L (valores aportados por el laboratorio clínico AGROLAB, quien proceso las muestras de suero para esta investigación). La valoración de esta enzima es útil para diagnosticar o detectar casos relacionados con el músculo esquelético como (5, 9, 13, 20):

- ✓ Traumatismo muscular (roturas, golpes, traumatismos quirúrgicos, inyecciones intramusculares).
- ✓ Esfuerzo físico no habitual.
- ✓ Miopatía de esfuerzo (mialgia, necrosis de musculatura dorsal).
- ✓ Miopatía paralítica (lumbago, tying up).
- ✓ Miopatía deficitaria o distrofia muscular nutritiva.
- ✓ Colapso circulatorio (alteraciones del metabolismo de la musculatura).

Para analizar la actividad de la CK se toman muestras de sangre antes del esfuerzo, 30 minutos, 60 minutos y 24 horas después del esfuerzo físico. El gran aumento se presenta en el plazo de una hora tras el esfuerzo. Normalmente al día siguiente el nivel vuelve a ser normal (6).

La creatina quinasa también es conocida como creatina fosfoquinasa (CPK), existe en formas de dímeros, cuyas subunidades pesan 40 kD,. Como subunidades corresponden a la forma M (muscular) y B (cerebral), teniendo tres isoenzimas MM, MB y BB) (Dos Santos V, 2006). En el cuadro

3, podemos observar algunos valores de CK en diferentes estudios realizados recientemente.

**Cuadro 3.** Valores de Creatinquinasa (CK), en diferentes razas de caballos de salto y diferentes países (11, 15, 22, 25).

| <b>Raza de caballo (salto)</b>     | <b>CK Reposo (UI/l)</b> | <b>CK Ejercicio (UI/l)</b> |
|------------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| <b>Criollo Brasileiro (Brasil)</b> | 64.35                   | 103.06                     |
| <b>PSI (Colombia, Bogotá)</b>      | 62.42                   | 428.60                     |
| <b>Holsteiner (Chile)</b>          | 122                     | 210                        |
| <b>Angloárabe (España)</b>         | 210                     | 490                        |

En caballos la frecuencia cardiaca aumenta de forma lineal y es directamente proporcional al aumento de la actividad física. La frecuencia cardiaca aumenta rápidamente al inicio del ejercicio, alcanzando un pico máximo en aproximadamente 30 – 45 segundos, disminuyendo luego hasta alcanzar un estado de equilibrio decreciendo rápidamente en los minutos posteriores al término del ejercicio; es afectada por factores extrínsecos como temperatura y humedad ambiental (11).

Durante el ejercicio la frecuencia cardiaca se aumenta para proveer al músculo de mayor flujo sanguíneo y por ende llevar a las células musculares mayor concentración de oxígeno. Es más elevada en caballos no entrenados que en caballos entrenados, pero a medida que se tenga un buen plan de entrenamiento el equino se adapta a bombear mayor flujo de sangre con una menor frecuencia cardiaca (4, 27). En el cuadro 4 se presentan algunos valores de frecuencia cardiaca en diferentes tipos de razas.

**Cuadro 4.** Valores de Frecuencia cardiaca en diferentes razas de caballos de salto y diferentes países (4, 11, 15, 18).

| <b>Raza de caballo (salto)</b>                 | <b>Frecuencia cardiaca reposo (lpm)</b> | <b>Frecuencia cardiaca ejercicio (lpm)</b> | <b>Frecuencia cardiaca recuperación (lpm)</b> |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Criollo Colombiano (Colombia. Medellín)</b> | 69.86                                   | 160.16                                     | -                                             |
| <b>Criollo</b>                                 | 35.6                                    | 184.3                                      | -                                             |

|                               |   |       |    |
|-------------------------------|---|-------|----|
| <b>Brasileño<br/>(Brasil)</b> |   |       |    |
| <b>Holsteiner<br/>(Chile)</b> | - | -     | 40 |
| <b>Pura raza<br/>Española</b> | - | 197.2 | -  |

lpm: latidos por minuto

La frecuencia respiratoria se aumenta en el ejercicio para poder llevar mayor concentración de oxígeno a las células. Esta variable fisiológica representa una adaptación a la actividad física y esta directamente relacionada con la capacidad pulmonar. El entrenamiento incrementa la capacidad de incrementar la elasticidad pulmonar, generando así una mayor capacidad para tomar aire y por lo tanto mayor cantidad de oxígeno, acelerando la velocidad de recambio alveolar; este mayor intercambio gaseoso se traduce en un aumento en la cantidad de glóbulos rojos y hemoglobina (3, 15). En el cuadro 5 podemos observar algunos valores de frecuencia respiratoria en diferentes tipos de razas.

**Cuadro 5.** Valores de Frecuencia respiratoria en diferentes razas de caballos de salto y diferentes países (11, 15).

| <b>Raza de<br/>caballo<br/>(salto)</b> | <b>Frecuencia<br/>respiratoria<br/>reposo<br/>(resp/min)</b> | <b>Frecuencia<br/>respiratoria<br/>ejercicio<br/>(resp/min)</b> | <b>Frecuencia<br/>respiratoria<br/>recuperación<br/>(resp/min)</b> |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>PSI (Chile)</b>                     | 16                                                           | 52                                                              | -                                                                  |
| <b>Holsteiner<br/>(Chile)</b>          | 13.4                                                         | 96.8                                                            | 15.8                                                               |

resp/min: respiraciones por minuto.

## METODOLOGIA

### Localización

El modelo experimental se llevo a cabo en el Centro Ecuestre la María. Ubicado en la Loma del Escobero en el Municipio de envigado. Está a 2320 m.s.n.m y tiene una temperatura promedio de 18 °C.

### Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo experimental, de diseño aleatorio, comparativo, en el cual se analizaron variables cardiovasculares antes de una rutina de ejercicio, inmediatamente después y durante la recuperación, en tres razas (grupos) de caballos de salto del Centro Ecuestre La María.

## **Población y muestra**

Para el estudio se tomaron una muestra de 15 caballos de alto rendimiento que se desempeñaban en la modalidad de salto de las razas Europeo, Pura Sangre Inglés (PSI) y Caballos Criollos Colombianos en la modalidad de salto.

Los caballos se sometieron a una exploración clínica, centrada fundamentalmente en el sistema respiratorio, cardiovascular y músculo-esquelético.

Todos los caballos cumplieron con un régimen de entrenamiento similar ya que todos fueron supervisados por el mismo entrenador, y siguieron un plan de entrenamiento, la única variación entre los ejemplares fue la conducción, ya que los jinetes variaron en cada binomio.

La selección de los caballos para el estudio se realizó dentro de una población total de 50 caballos donde los 15 caballos son de alto rendimiento y están compitiendo actualmente.

Se realizó un muestreo cada semana por seis semanas. Las variables a medir fueron creatinquinasa (UI/l), frecuencia cardíaca (lpm), frecuencia respiratoria (resp/min) y ácido láctico (UI/l) cada variable se midió en tres estadios del caballo, reposo, inmediatamente termina el ejercicio y recuperación (45 minutos después de terminado el ejercicio).

## **Plan De Entrenamiento**

Este plan se realizó conociendo el cronograma de la temporada de competencias de acuerdo con las giras deportivas y las competencias de mayor nivel. El plan de entrenamiento se realizó de acuerdo con el cronograma internacional, nacional y departamental de competencias, donde las competencias departamentales se consideran como competencias de preparación, y las nacionales e internacionales se consideran como competencias fundamentales.

El plan de entrenamiento se enfocó en tres aspectos fundamentales; preparación técnica, preparación condicional y preparación táctica, de intensidad variable de acuerdo con el grado de adiestramiento de cada ejemplar, estado físico, edad, temperamento y competencias fundamentales en las cuales se vaya a participar durante el año. Básicamente al inicio del año cada caballo tiene su plan de entrenamiento establecido, con el fin de tener el tiempo suficiente de obtener en el ejemplar una forma atlética adecuada para poder asistir a las competencias más importantes del año.

Este plan se dividió en 5 meso ciclos, donde cada uno de estos se divide en micro ciclos, estos se disponen de la siguiente manera:

### **Periodo preparatorio.**

- ✓ Etapa p.f.g. (Preparación Física General)
- ✓ Meso ciclos entrante I, II, III, IV y básico I.
- ✓ Micro ciclo # 1 – 19
- ✓ volumen general 720 m = 100%
- ✓ preparación técnica 252m = 35%
- ✓ preparación condicional 324 m = 45%
- ✓ Preparación tec-táctica 144 m = 20%.

### **Básico I y II**

- ✓ Micro ciclos # 20 – 29
- ✓ volumen general 720 m = 100%
- ✓ preparación técnica 288 m = 40%
- ✓ preparación condicional 288 m = 40%
- ✓ preparación tec-táctica 144 m = 20%
- ✓ Preparación física especial (P.F.E)

### **Meso ciclo, especial variado**

- ✓ Micro ciclos # 30 – 34
- ✓ volumen general 720m = 100%
- ✓ preparación técnica 252 m = 35%
- ✓ preparación condicional 324 m = 45%
- ✓ preparación tec-táctica 144 m = 20 %
- ✓ micro ciclos # 35 – 41
- ✓ volumen general 720 m = 100%
- ✓ preparación técnica 180 m = 25%
- ✓ preparación condicional 324 m = 45%
- ✓ preparación tec-táctica 216 m = 30%

### **Meso ciclo pre-competitivo**

- ✓ Micro ciclos # 41-45
- ✓ volumen general 540 m = 100%
- ✓ preparación técnica 216 m = 40%
- ✓ preparación condicional 108 m = 20%
- ✓ preparación tec-táctica 216 m = 40%

### **Etapas competitivas**

- ✓ Meso ciclo competitivo
- ✓ Micro ciclos # 45-52
- ✓ volumen general 360 m = 100%
- ✓ preparación técnica 144 m = 40%
- ✓ preparación condicional 72 m = 20 %

✓ Preparación    tec    –    táctica    144    m    =    40    %

Cada micro ciclo contó con 6 días de trabajo y 1 de descanso. Cada jornada de entrenamiento diaria tuvo una duración entre 45 y 60 minutos, esto varió de acuerdo al tipo de trabajo que se realizara. Los micro ciclos pueden tener variaciones en cuanto al orden más no en el contenido del trabajo, y generalmente se disponen así:

- ✓ Lunes: Trabajo en plano
- ✓ Martes: Salto (gimnasias de obstáculos para aumentar fuerza y potencia)
- ✓ Miércoles: Trabajo en plano de adiestramiento y conducción.
- ✓ Jueves: Salto, ejercicios técnicos sobre obstáculos
- ✓ Viernes: Trabajo sobre plano, de acuerdo a las necesidades del binomio (acondicionamiento físico o técnico)
- ✓ Sábado: Salto, recorrido de obstáculos.
- ✓ Domingo: Descanso.

Lo que se buscó con el plan de entrenamiento fue obtener el mayor desempeño de los ejemplares combinando en los entrenamientos los tres puntos fundamentales que son: la técnica, la condición física y la táctica. Estos tres aspectos se van graduando a través del año y según las necesidades que se tengan de acuerdo a las competencias programadas.

### **Descripción de los ejemplares a utilizar**

#### **Razas de salto.**

- ✓ **Caballos Europeos:** estos caballos son producto de una selección genética de muchos años, donde se escogían los ejemplares más aptos para esta modalidad ecuestre. Son caballos que se obtuvieron de un cruce; de los caballos de sangre caliente que eran utilizados para los trabajos pesados en el campo de Europa y los caballos P.S.I que eran utilizados para jornadas de recreo como la caza de zorros y paseos a campo travieso, y carreras de hipódromo. De estas dos razas se seleccionaron las mejores características para el salto, la fortaleza, coraje y entrega de los caballos de tiro y la inteligencia, agilidad y velocidad de los caballos pura sangre.
- ✓ **Caballos P.S.I:** Son caballos originarios de Inglaterra que mundialmente son conocidos como los caballos más rápido para carreras de 1100 a 2200 metros por sus características morfológicas. Estos caballos también son destinados para el salto debido a sus grandes capacidades para realizar este deporte, y han sido cruzados con otras razas más que todo en Europa para dar origen a las verdaderas razas de salto.
- ✓ **Caballo Colombiano para deporte:** Estos caballos son considerados raza de salto en el país y son producto de cruces entre caballos Europeos y otras razas, el cruce más común es entre europeo y P.S.I,

dando así caballos de talla intermedia de gran aptitud para el desempeño ecuestre.

Estas son las tres razas de caballos en las cuales se dividirán los grupos para realizar el análisis dentro del centro.

### **Alimentación**

Todos los caballos tuvieron una dieta básica de heno a voluntad, generalmente cada caballo se consume de 8-10 kilos de forraje, y concentrado (Contegral) aproximadamente entre 4-6 kilos, además se les suplementa con sal mineralizada Premex.

### **Edad.**

Los caballos que hicieron parte del estudio tienen una edad entre 8 y 14 años de edad, período de optima de competencia, ya que los caballos menores de 8 años están en un periodo de adiestramiento y doma y por lo tanto no asisten a competencias de alto rendimiento, y los caballos mayores de 14 años compiten en categorías menores ya que muestran una disminución en su desempeño deportivo.

### **Variables estudiadas**

Dentro del estudio se evaluaron las siguientes variables:

**Creatinkinasa (UI/l):** Es una enzima músculo específica, esta aunque normalmente se encuentra en otros tejidos y órganos del cuerpo, generalmente se utiliza para detectar el grado de la actividad muscular al igual que patologías musculares.

**Frecuencia Cardíaca basal o de reposo (lat/min):** Es el ritmo cardíaco mínimo que se mantiene en completo reposo en posición relajada, esta cifra varía con el entrenamiento, siendo menor cuanto mayor es el nivel de condición física y viceversa.

**Frecuencia cardíaca máxima (lat/min):** Es la frecuencia cardíaca máxima que se repite y que forma una meseta en una prueba de esfuerzo. Este es un valor que disminuye con la edad.

**Frecuencia cardíaca promedio (lat/min):** Es la frecuencia cardíaca registrada segundo a segundo durante toda la prueba de esfuerzo.

**Frecuencia cardíaca final (lat/min):** Es la frecuencia cardíaca registrada inmediatamente al finalizar la prueba de esfuerzo.

**Frecuencia cardíaca recuperación (lat/min):** Es la frecuencia cardíaca registrada a los 45 minutos después de terminado el ejercicio.

**Frecuencia Respiratoria (resp/min):** Es la cantidad de veces que se introduce oxígeno al cuerpo mediante la inhalación y exhalación del aire durante un minuto. Esta frecuencia varía según la edad y la actividad física que se realice.

**Ácido láctico (UI/l):** Es un metabolito que se produce en el músculo después de realizar un ejercicio o después de un estado de estrés, este nos indica el umbral anaeróbico y la capacidad aeróbica del individuo, esto se relaciona estrechamente con el estado de forma y el nivel de entrenamiento del atleta.

Los resultados arrojados de las muestras tomadas en reposo, se estandarizaron y fueron comparados con los resultados de los otros dos tipos de muestras, con el fin de sobreponer los tres estados: reposo, post ejercicio (inmediato) y recuperación 45 minutos después de realizado el ejercicio.

## **Realización de las pruebas**

### **Pruebas de campo**

Cada prueba de rendimiento tuvo una duración de 45 minutos, y se dispuso de la siguiente manera:

- ✓ 5 minutos de paso
- ✓ 10 minutos de trote (5 minutos a cada mano)
- ✓ 10 minutos de galope (5 minutos a cada mano)
- ✓ 15 minutos de salto (1.10-1.15 metros)

## **Colección de parámetros cardiovasculares**

La frecuencia cardiaca se determino mediante un pulsometro (Heart Rate Polar Sport Tester). Este es un monitor del ritmo cardiaco con el cual pudimos tener una aproximación del comportamiento de la frecuencia cardiaca de un ejemplar sometido a una prueba de esfuerzo físico. Este monitor cuenta con dos electrodos (uno positivo y uno negativo), un transductor y un monitor que es el que capta la información. Este monitor cuenta con una serie de programas por medio de los cuales podemos analizar el comportamiento del atleta, ya que tenemos la posibilidad de conocer la respuesta de su organismo a través de una prueba de esfuerzo, reflejado en las frecuencias cardiacas (basal, media, máxima y final). Este monitor nos permite descargar los datos obtenidos en un procesador mediante un Software, por medio del cual se recopilan los datos y son posteriormente analizados.

- ✓ **Reposo:** Fueron tomadas en horas de la mañana, con suficiente tiempo de antelación con la hora de entrenamiento de los animales y después de un tiempo prudente de la primera ración de comida del día, para minimizar las interferencias en los resultados por estrés o por funciones fisiológicas en los ejemplares.

- ✓ **Final del ejercicio:** Las muestras fueron tomadas inmediatamente después de finalizar la prueba de ejercicio con el fin de obtener los datos al menor tiempo posible.
- ✓ **Recuperación:** Se tomaron a los 45 minutos después de finalizar la competencia.

### **Colección de parámetros respiratorios**

La frecuencia respiratoria se obtuvo por auscultación directa con estetoscopio a nivel del arco costal derecho y/o izquierdo. La medición de estos parámetros se realizó de acuerdo con los tres estados previamente determinados para el estudio (reposo, ejercicio y recuperación).

### **Recolección De Muestras Sanguíneas:**

Las muestras de sangre fueron tomadas mediante la punción de la vena yugular por medio de tubos vacutainer para cada uno de los tres estados evaluados, las muestras fueron colectadas en tubos secos o sin anticoagulante. Para determinar la química sanguínea, y en esta observar los valores de Creatinquinasa se utilizaron tubos vacutainer sin anticoagulante, para posteriormente ser centrifugados a 3000 r.p.m. las muestras se tomaron en reposo, ejercicio y recuperación.

### **Análisis Estadístico**

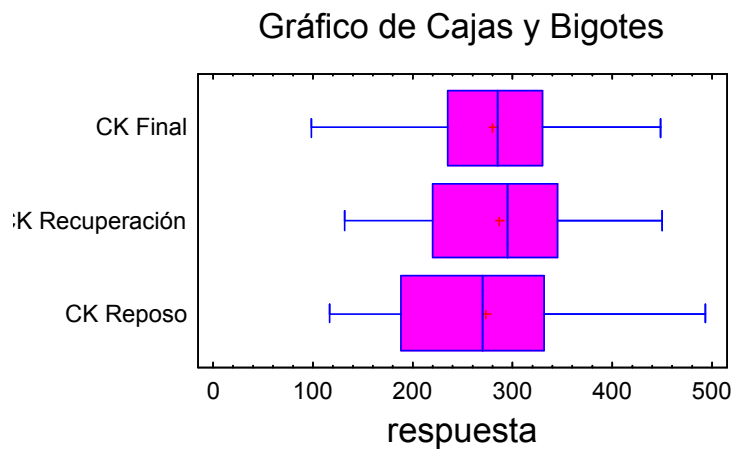
Todos los resultados fueron presentados y evaluados en Microsoft Excel y con el programa Statgraphics versión 5.1. Se realizó un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95% y una comparación múltiple para la determinación de la significancia estadística entre las medias, por medio de las menores diferencias significativas de Fisher (LSD), con un 5 % de error.

## RESULTADOS

A continuación se expresaran los resultados obtenidos después de realizado el trabajo de campo donde se midieron las variables fisiológicas y bioquímicas anteriormente descritas.

### Creatinquinasa (CK)

La figura 1 nos muestra que las medias de la CK en los tres estados de actividad física de los caballos no tuvieron una variación significativa ( $P = 0.5825$ ) en reposo, al final del ejercicio y recuperación, teniendo en cuenta todos los datos obtenidos durante el tiempo de desarrollo de la investigación.



**Figura 1.** Distribución de medias para la variable Creatinquinasa (CK) para los tres estados de actividad física (reposo, final del ejercicio y recuperación) en todas las razas de caballos evaluadas.

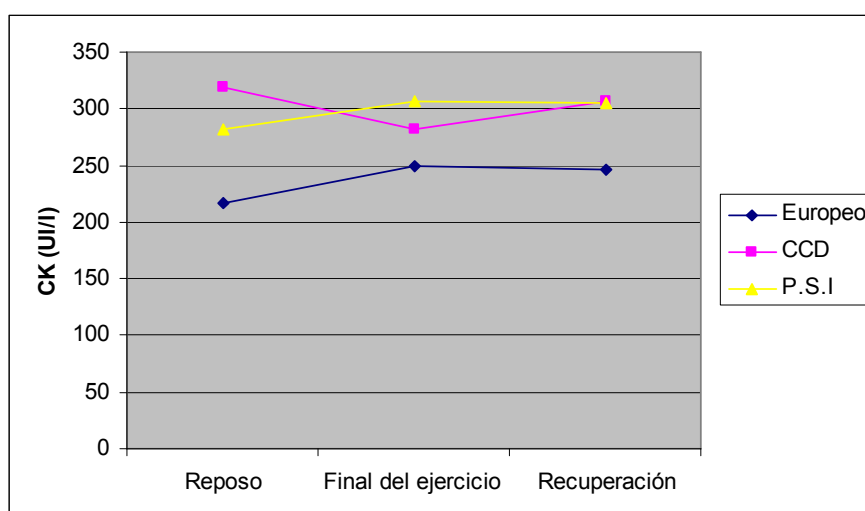
El cuadro 6 nos presenta las diferencias significativas de la variable CK entre las diferentes razas, en los estados de reposo, final del ejercicio y recuperación.

**Cuadro 6.** Diferencias significativas de la creatinquinasa (CK) en las diferentes razas estado de reposo, final del ejercicio y recuperación.

| REPOSO                                               | Europeo | CCD | PSI |
|------------------------------------------------------|---------|-----|-----|
| Europeo                                              | -       | *   | *   |
| CCD                                                  | *       | -   | -   |
| PSI                                                  | *       | -   | -   |
| * Diferencia estadística significativa (P = 0.0001)  |         |     |     |
| FINAL DEL EJERCICIO                                  | Europeo | CCD | PSI |
| Europeo                                              | -       | -   | *   |
| CCD                                                  | -       | -   | -   |
| PSI                                                  | *       | -   | -   |
| * Diferencia estadística significativa (P = 0.0160)  |         |     |     |
| RECUPERACIÓN                                         | Europeo | CCD | PSI |
| Europeo                                              | -       | *   | *   |
| CCD                                                  | *       | -   | -   |
| PSI                                                  | *       | -   | -   |
| * Diferencia estadística significativa (P = 0.0036 ) |         |     |     |

CCD: Caballo Criollo Colombiano, PSI: Pura Sangre Inglés.

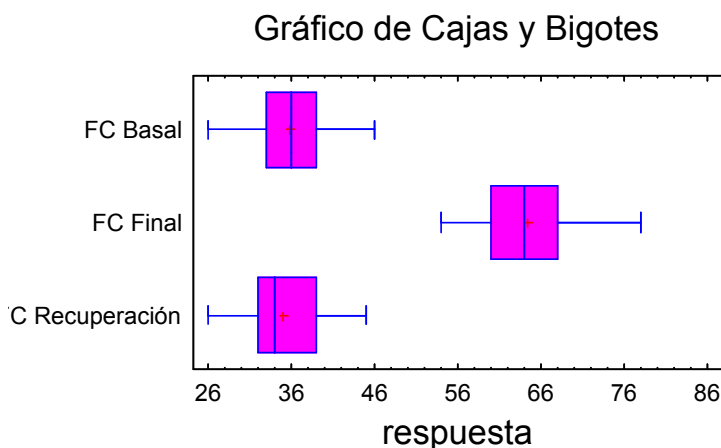
En la figura 2, podemos observar que siempre la raza Europea presenta valores menores que PSI y CCD, concordando con diferencia estadística presentada.



**Figura 2.** Medias de Creatinquinasa (CK) en reposo, final del ejercicio y recuperación para las tres razas de caballos evaluadas.

### Frecuencia cardiaca (FC)

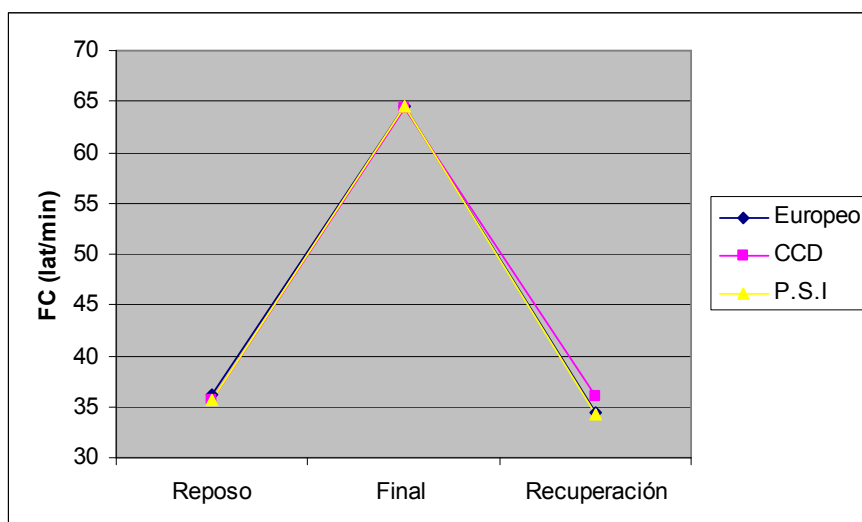
La media de la frecuencia cardiaca al final del ejercicio presento diferencia estadística significativa ( $P = 0.0000$ ) con respecto al reposo y recuperación (ver figura 3). Se tuvo en cuenta todos los datos obtenidos durante el tiempo de desarrollo de la investigación.



**Figura 3.** Distribución de medias para la variable frecuencia cardiaca (FC) para los tres estados de actividad física (reposo, final del ejercicio y recuperación) en todas las razas de caballos evaluadas.

Para la frecuencia cardiaca no hubo diferencias estadísticas entre las diferentes razas y los diferentes estados de actividad física de los caballos evaluados, obteniendo valores de  $P = 0.9199$  para reposo,  $0.9783$  para final del ejercicio y  $0.1986$  para recuperación.

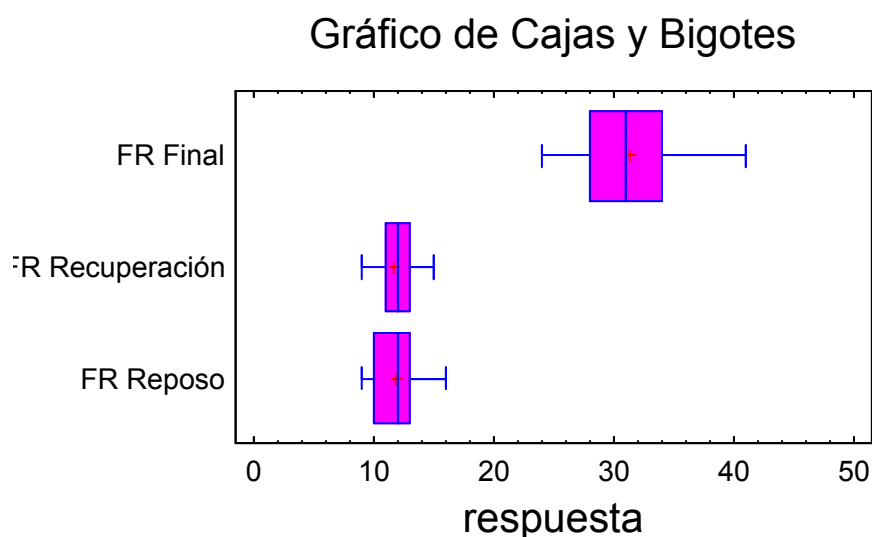
Se observa en la figura 4, que entre los tres estados hubo diferencias significativas (final del ejercicio con respecto a reposo y recuperación), mientras que entre las razas en cada uno de los estados de actividad física no hubo ningún tipo de diferencia estadística.



**Figura 4.** Medias de frecuencia cardiaca (FC) en reposo, final del ejercicio y recuperación para las tres razas de caballos evaluadas. lat/min: latidos/minuto.

### Frecuencia respiratoria (FR)

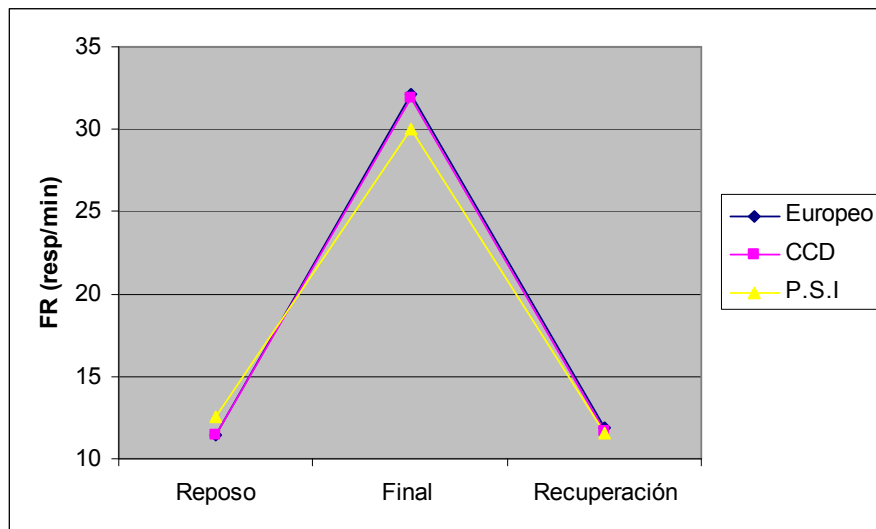
La media de la frecuencia respiratoria al final del ejercicio presento diferencia estadística significativa ( $P = 0.0000$ ) con respecto al reposo y recuperación (ver figura 5). Se tuvo en cuenta todos los datos obtenidos durante el tiempo de desarrollo de la investigación.



**Figura 5.** Distribución de medias para la variable frecuencia respiratoria (FR) para los tres estados de actividad física (reposo, final del ejercicio y recuperación) en todas las razas de caballos evaluadas.

La frecuencia respiratoria no tuvo diferencias estadísticas entre las diferentes razas y los diferentes estados de actividad física de los caballos evaluados, obteniendo valores de  $P = 0.0557$  para reposo,  $0.0522$  para final del ejercicio y  $0.7295$  para recuperación.

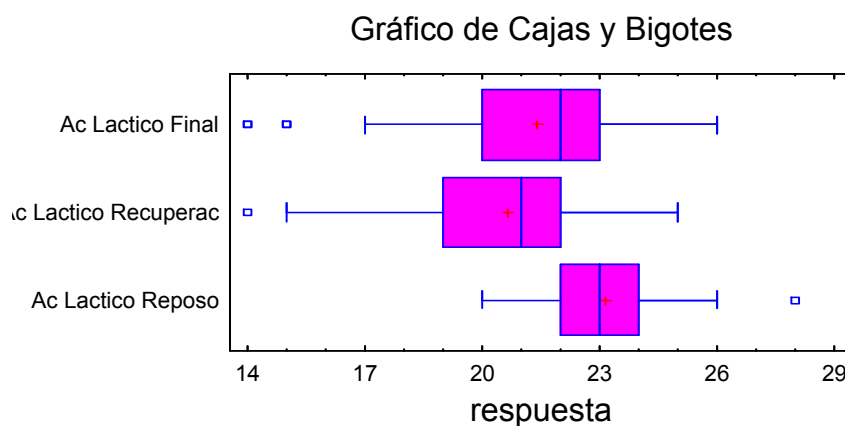
Observamos en la figura 6, que entre los tres estados hubo diferencias significativas (final del ejercicio con respecto a reposo y recuperación), mientras que entre las razas en cada uno de los estados de actividad física no hubo ningún tipo de diferencia estadística.



**Figura 6.** Medias de frecuencia respiratoria (FR) en reposo, final del ejercicio y recuperación para las tres razas de caballos evaluadas. resp/min: respiraciones/minuto.

## Ácido láctico

La figura 7 presenta que todas las medias de ácido láctico en los tres estados de actividad física de los caballos tuvieron una variación significativa ( $P = 0.0000$ ) en reposo, al final del ejercicio y recuperación, teniendo en cuenta todos los datos obtenidos durante el tiempo de desarrollo de la investigación.



**Figura 7.** Distribución de medias para la variable ácido láctico para los tres estados de actividad física (reposo, final del ejercicio y recuperación) en todas las razas de caballos evaluadas.

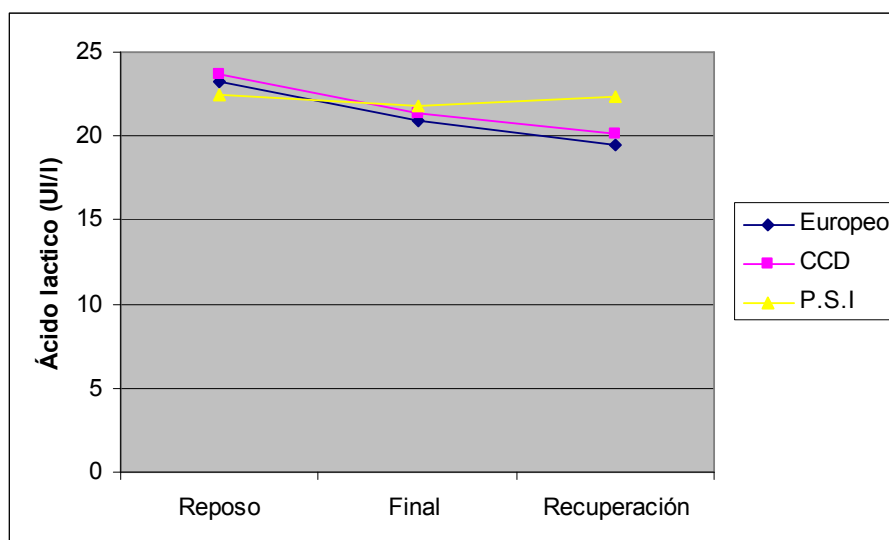
El cuadro 7 nos presenta las diferencias significativas de la variable ácido láctico entre las diferentes razas, en los estados de reposo, final del ejercicio y recuperación.

**Cuadro 7.** Diferencias significativas del ácido láctico, en las diferentes razas en estado de reposo, final del ejercicio y recuperación.

| REPOSO                                                      | Europeo | CCD | PSI |
|-------------------------------------------------------------|---------|-----|-----|
| Europeo                                                     | -       | -   | *   |
| CCD                                                         | -       | -   | *   |
| PSI                                                         | *       | *   | -   |
| * Diferencia estadística significativa (P = 0.0031)         |         |     |     |
| FINAL DEL EJERCICIO                                         | Europeo | CCD | PSI |
| Europeo                                                     | -       | -   | -   |
| CCD                                                         | -       | -   | -   |
| PSI                                                         | -       | -   | -   |
| No hubo diferencia estadística significativa (P = 0.0.3617) |         |     |     |
| RECUPERACIÓN                                                | Europeo | CCD | PSI |
| Europeo                                                     | -       | -   | *   |
| CCD                                                         | -       | -   | *   |
| PSI                                                         | *       | *   | -   |
| * Diferencia estadística significativa (P = 0.0000 )        |         |     |     |

CCD: Caballo Criollo Colombiano, PSI: Pura Sangre Inglés.

En la figura 8, podemos observar como los valores de las medias del ácido láctico entre las diferentes razas tienen una tendencia similar, a un valor mayor en estado de reposo y uno menor en estado de recuperación pasando por los valores del final del ejercicio, a excepción del estado final y recuperación de los PSI, que se mantuvo igual (22 UI/l).



**Figura 8.** Medias del ácido láctico en reposo, final del ejercicio y recuperación para las tres razas de caballos evaluadas.

## DISCUSIÓN

En las diferentes disciplinas deportivas, el entrenamiento físico no modifica las características morfológicas del equino, las cuales están determinadas genéticamente, pero sí mejora su capacidad de adaptación, ya que influye sobre algunos parámetros fisiológicos y sobre la capacidad funcional y metabólica del animal. Los esfuerzos físicos repetitivos a través de un periodo largo de trabajo conducen a variaciones en los sistemas metabólico, cardiovascular y respiratorio, lo cual hace posible responder a la demanda metabólica exigida por actividad corporal específica, bien sea deportiva o de trabajo.

### Creatinquinasa (CK)

El hecho de que este parámetro no haya tenido una diferencia significativa, es un indicativo de que las variaciones en la concentración de CK en los tres estados y para las diferentes razas fueron estables. Además, los valores de las medias en ningún momento y en ninguno de los estados de actividad física sobrepasaron los valores de referencia (100 – 333 UI/l). Por tanto es un buen síntoma del buen estado de salud músculo esquelético de los caballos evaluados y que no han sido sobre entrenados y no son potenciales a sufrir una lesión dentro del entrenamiento normal o en competencia (ver figura 1).

Hubo diferencias significativas en estado de reposo entre la raza Europea y Caballo Criollo Colombiano (CCD) y Pura Sangre Inglés (PSI), teniendo una media los caballos europeos de 216.9 UI/l, menor que CCD (318.83 UI/l) y PSI (282.26 UI/l). Al final del ejercicio la diferencia existe entre Europeo y PSI con medias de 249.03 y 306.86 UI/l respectivamente. En estado de recuperación

Entre Europeo (246.23 UI/l) y CCD (306.66 UI/l) y PSI (305.23UI/l). De todas maneras, estos valores están dentro de los rangos normales en CK (ver cuadro 6 y figura 2).

Según el cuadro 3 los valores obtenidos tanto en reposo como al final del ejercicio son mayores que en caballos de salto evaluados en Brasil, Chile y España, pero concordante con caballos evaluados en Bogotá (Colombia). Esto es un indicativo de las diferencias que pueden surgir en los parámetros fisiológicos debido al hábitat, genética y otros factores que los afectan. Sería entrar a comparar rendimientos deportivos y tipos de entrenamiento.

### **Frecuencia Cardíaca (FC)**

La frecuencia cardíaca tuvo una diferencia significativa entre FC en reposo (35.86 lat/min) y recuperación (34.93 lat/min) con FC final (64.4lat/min), siendo esto una situación normal, debido al aumento de la misma al aumentar el volumen del ejercicio físico (ver figura 3); se debe tener en cuenta que el valor medio en recuperación es menor que reposo (no siendo su diferencia significativa) lo que indica una excelente recuperación y la posibilidad de dar el máximo rendimiento deportivo en varias pruebas (en entrenamiento o competencia) en una sola jornada. Además, según el cuadro 4 observamos que estos valores (incluida la FC al final del ejercicio) son bajos con respecto a mediciones realizadas en Caballos Criollos Brasileños, Pura Raza Española y Caballo Criollo Colombiano. Este hecho puede ser un indicativo del buen entrenamiento de los caballos evaluados y que estos pueden aumentar su volumen de trabajo e intensidad en la búsqueda de un mejor rendimiento deportivo.

Entre las diferentes razas en los diferentes estados de actividad física no hubo diferencias significativas, como lo podemos observar en la figura 4, en donde todos los caballos tuvieron valores muy estables y dentro de rangos normales de FC. Indicativo de que los caballos de las diferentes razas están adaptados y han respondido de una manera similar al entrenamiento que se les ha realizado.

### **Frecuencia Respiratoria (FR)**

La frecuencia respiratoria, igual que la frecuencia cardíaca, tuvo una diferencia estadística significativa entre FC en reposo (11.81 resp/min) y recuperación (11.72 resp/min) con FC final (31.34 resp/min), siendo esto una situación normal, debido al aumento de la misma al aumentar el volumen del ejercicio físico (ver figura 3). Según el cuadro 5 observamos que estos valores (incluida la FR al final del ejercicio) son bajos con respecto a mediciones realizadas en PSI Chilenos y Holsteiner Chilenos, dedicados a la modalidad de salto. Reafirmando el buen entrenamiento de los caballos evaluados y que estos pueden aumentar su volumen de trabajo e intensidad en la búsqueda de un mejor rendimiento deportivo.

## **Acido Láctico**

En los datos presentados en la figura 7, observamos que las medias en los tres estados de actividad física tuvieron una diferencia significativa entre todos ellos, presentando 23.15 UI/l para reposo, 21.4 UI/l para el final del ejercicio y 20.64 UI/l para la recuperación. Aunque hubo diferencias significativas estos valores están cercanos al límite superior del rango de referencia (10 – 20 UI/l) lo que en primera instancia podríamos concluir que existen valores altos de ácido láctico en sangre. Pero si analizamos los valores en si, observamos que al final del ejercicio el valor es mayor que en reposo, es posible entonces que durante el ejercicio los caballos evaluados no lleguen al umbral anaerobio que marca valores altos en ácido láctico inmediatamente al final del ejercicio. Concluyendo que el entrenamiento esta bien direccionado, los caballos (todas las razas evaluadas) están adaptadas a el y que se puede aumentar el volumen e intensidad del mismo.

En el cuadro 7 se presentan diferencias significativas en estado de reposo entre PSI (22.5 UI/l) y CCD (23.7 UI/l) y Europeo (23.26 UI/l); en recuperación entre PSI (22.36 UI/l) y CCD (20.13 UI/l) y Europeo (19.43 UI/l); no habiendo diferencias significativas en al final del ejercicio. Podemos inferir que de las tres razas evaluadas no llegan al umbral anaerobio y mantienen sus valores normales de ácido láctico en sangre (ver figura 8). Siendo consecuente con la significancia estadística los PSI tienen un menor valor en reposo que las razas CCD y Europea, pero un mayor valor en recuperación que los caballos CCD y Europeo.

## **Agradecimientos**

Los autores reconocen la valiosa ayuda financiera y logística recibida por parte de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad CES y el laboratorio clínico AGROLAB.

## **Referencias**

1. Arias MP. Aspectos metabólicos del caballo atleta, Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 2000; 13(2): 45-51.
2. Arias MP, Pérez PC. Comparación de los valores del hemoleucograma entre caballos de carreras Pura Sangre Inglés velocistas y fondistas del hipódromo Los comuneros de Guarne, Antioquia. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 2006 1(1):7-13.
3. Arias MP, Naranjo MP, Restrepo E. Comparación de los valores del hemoleucograma según la edad y el sexo en caballos Pura Sangre del hipódromo Los comuneros de Guarne, Antioquia. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 2006 1(1):14-21.
4. Arias MP, Et al. Estimación de la intensidad de trabajo en un grupo de caballos criollos colombianos de diferentes andares. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia 2006 1(2):18-31.

5. Calderón JF, García A. Valoración del estado físico de los caballos criollos colombianos que compiten en pruebas de esfuerzo prolongado. Trabajo de grado, Escuela De Medicina Veterinaria Y de Zootecnia, Universidad De Antioquia 1998.
6. Courouc   A, Chatard JC, Auvinet B. Estimation of performance potencial of Standardbred trotters from blood lactate concentrations measured in field conditions. Equine Vet. J. 1997; 29:365-369.
7. Davie AJ, Evans DL. Blood lactate responses to submaximal field exercise tests in thoroughbred horses. Vet. J. 2002; 159:252-259..
8. David M, Kathryn N. Equine Exercise Physiology. Blackwell Publishing, 2002. Pag 71-78.
9. David RH, Reuben J. Principles and practice of equine sports medicine. The Athletic Horse 1994. W:B Saunders company. 470 p.
10. Desmecht D, Linden A, Amory H, Art T, Lekeux P. Relationship of plasma lactate production to cortisol release following competition of different types of sporting events in horses. Vet. Res. Comm. 1996; 20:371-379.
11. Dos-Santos V. Variaciones hemato-bioquímicas en equinos de salto sometidos a diferentes protocolos de ejercicio físico. Facultad de Veterinaria. Universidad Do Rio Grande Do Sul, tesis de maestr  a. 2006; 94 p.
12. Ei-Migdadif BN, Hasan Z. Exercise a low altitude (Jordan Valley) causes changes in serum levels of acth, insulin, cortisol and lactate. Journal Of Science And Technology 1996; 22(9): 763-767
13. Ess  n-Gustavsson B, Rone  s N, P  s   AR. Metabolic response in skeletal muscle fibres of standardbred trotters after racing. Comp. Biochem. Physiol. B. Biochem. Mol. Biol. 1997; 117: 431-436.
14. Evans DL, Harris RC, Snow DH. Correlation of racing performance with blood lactate and heart rate after exercise in Thoroughbred horses. Equine Vet. J. 1993; 25: 441-445.
15. G  mez C, Et al. Medición post-ejercicio de variables fisiológicas, hematológicas y bioquímicas en equinos de salto holsteiner. RC. 2004; 14(3): 244-253.
16. Gutiérrez H. Francisco J Y Col. Indicadores Funcionales Del Desempeño Deportivo Pre Y Post Competencia En Caballos Pura Sangre Ingles Del Hipódromo Los Comuneros. Guarne Antioquía, Trabajo De Grado Escuela De Medicina Veterinaria Y De Zootecnia De La Universidad De Antioquía 1999.

17. Hodgson D, Rose R. The athletic Horse. Principles and Practice of Equine Sports Medicine. WB Saunders Company 1994; 145-178.
18. Jurado AM, Et al. Estimation of physical fitness in sport horses by a scoring system with functional indexes. FCV-LUZ. 2005; 15(3): 217-226.
19. Mills PC, Marlin DJ, Scout CM, Smith NC. Metabolic effects of nitric oxide synthase inhibition during exercise in the horse. Res. Vet. Sci. 1999; 66(2):135-138.
20. Milne OW. Biochemical parameters for assessment of conditioning in the horse. Proc. Am. Assoc. Eq. Pract. 1982; 49-53.
21. Muñoz A, Riber C, Santisteban R, Lucas RG, Castejón, FM. Effect of training duration and exercise on blood-borne substrates, plasma lactate and enzyme concentrations in Andalusian, Anglo-Arabian and Arabian horses. Equine Vet. J. 2002; 34:245-251.
22. \_\_\_\_\_, et al. Evaluación del entrenamiento mediante el análisis hematológico y bioquímico plasmático en caballos angloárabes de carreras. Medicina veterinaria. 2001; 18(7-8): 491-499.
23. \_\_\_\_\_, Et al. Locomotor, cardiocirculatory and metabolic adaptations to training in Andalusian and Anglo-Arabian horses. Res. Vet. Sci. 1999; 66(1):25-31.
24. \_\_\_\_\_. Et al. The use of functional indexes to evaluate fitness in Andalusian horses. J. Vet. Med. Sci. 59: 747-750. 1997.
25. Mutis CA, Pérez TE. 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. 2005; 6(2): 1-28.
26. Persson SG. Heart rate and blood lactate responses to submaximal treadmill exercise in the normally performing Standardbred trotter. Age and sex variations and predictability from the total red blood cell volume. J. Vet. Med. A. 1997; 44:125-132.
27. Ponce J, Et al. Relación entre frecuencia cardíaca y lactate sanguíneo durante el periodo de recuperación del ejercicio aerobio – anaerobio de corta duración. Revista motricidad. 1997; 3: 33-43.
28. Potard U, Leith D, Fedde R. Force, speed and oxygen consumption in thoroughbred and draft horses. J. Appl. Physiol. 1998; 84(6):2052-2059.
29. Rivero JL, Ruiz RC, Serrano AL, Diaz, AM. Effects of a 3 month endurance training programme on skeletal muscle histochemistry in

- Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian horses. *Equine Vet. J.* 1995; 27:51-59.
30. Rose RJ, Hodgson DR. Clinical exercise testing. *The athletic horse: principles and practice of equine sport medicine.* W.B. Saunders. 1995; 245-257 pp. USA.
31. Tadichi N, Mendez G, Wittwer F, Meyer K. Blood biochemical values of loadcart draught horses in the city of Valdivia (Chile). *Arch. Med. Vet.* 1997; 298(1): 45-61.
32. Valberg SJ. Muscular causes of Equine Exercise Intolerance. *The Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, Exercise Intolerance.* 1996; 12(3):537-555.