

**DETERMINACIÓN DE ELECTROLITOS, GASES Y METABOLITOS EN  
CABALLOS DE SALTO ANTES Y DESPUES DE ENTRENAMIENTO.**

**INVESTIGADOR PRINCIPAL:**

Maria Patricia Arias Gutierrez. MV, MSc, PhD.

**ESTUDIANTES:**

Martin Aristizábal Colorado

Maria José Quintero De Los Rios

Estudiantes de MVZ.

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
Fisiología del ejercicio**

**UNIVERSIDAD CES  
MEDELLIN  
2014**

**DETERMINACIÓN DE ELECTROLITOS, GASES Y METABOLITOS EN  
CABALLOS DE SALTO ANTES Y DESPUES DE ENTRENAMIENTO.**

**INVESTIGADOR PRINCIPAL:**

Maria Patricia Arias Gutierrez. MV, MSc, PhD.

**ESTUDIANTES:**

Martin Aristizábal Colorado  
Maria José Quintero De Los Rios  
Estudiantes de MVZ.

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
Fisiología del ejercicio**

**UNIVERSIDAD CES  
MEDELLIN  
2014**

## TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	4
2. ABSTRACT.....	5
3. INTRODUCCIÓN.....	6
4.1 Objetivo General: .....	7
4.2 Objetivos específicos: .....	7
5. METODOLOGÍA.....	8
5.1 Población .....	8
5.2 Muestra .....	8
5.3 LUGAR DEL ESTUDIO.....	8
5.4 PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	8
5.5 Procesamiento de las muestras nomenclatura .....	9
5.6 Instrumento de recolección de la información.....	10
5.7 Análisis estadístico.....	10
5.8 Plan de divulgación de los resultados.....	10
5.9 Consideraciones éticas .....	11
6. RESULTADOS .....	12
7. DISCUSIÓN.....	17
8. CONCLUSION.....	21
9. REFERENCIAS .....	22

## 1. RESUMEN

La disciplina ecuestre del salto se caracteriza por incluir una serie de acontecimientos sincronizados donde se juzga la capacidad del caballo y del jinete para superar unos obstáculos bajo un reglamento determinado. Si se comparan las diversas disciplinas del deporte ecuestre, es evidente que existen grandes diferencias en la demanda de energía, la biomecánica funcional del equino, la termorregulación y estrategias de entrenamiento del mismo. En este estudio se pretende establecer la concentración gases, electrolitos, lactato y glucosa en reposo, inmediatamente finalizada la sesión de entrenamiento ecuestre y una hora después en caballos de salto del Centro Ecuestre La Maria.

Durante una sesión de entrenamiento de 45 minutos se tomaron muestras de sangre venosa en 20 caballos de alto rendimiento por venopunción yugular antes (T0), inmediatamente después (T1) y una hora pos-ejercicio (T2). La muestra se depositó en el equipo *Epoc Blood Analysis®* para el análisis automático de las variables. Se encontraron diferencias significativas entre los tres momentos para los valores de pH ( $p < 0,001$ ), bases efectivas (0,05), glucosa ( $p < 0,0001$ ), lactato ( $p < 0,0001$ ) hematocrito ( $p < 0,01$ ) y hemoglobina ( $p < 0,01$ ); y entre el momento 2 y 3 para el potasio ( $p < 0,0001$ ). Se observó una alcalosis metabólica por aumento de bases efectivas y bicarbonato durante el ejercicio y predominó el metabolismo aeróbico lo cual explica la disminución de lactato y glucosa durante el ejercicio, al ser utilizados como combustible por las fibras tipo I y el corazón. El lactato no retornó a los niveles basales, por lo tanto, se recomienda realizar una recuperación activa de los caballos pos-ejercicio para mejorar la depuración del mismo.

**Palabras clave:** dióxido de carbono, equino, glicemia, lactato, oxígeno.

## 2. ABSTRACT

The equestrian discipline of show-jumping is characterized for including a series of synchronized events where the capability of the horse and rider to clear obstacles is judged under a determined set of rules. If the diverse disciplines of the equestrian sport are compared, it is evident that there exist great differences in the energy demand, functional biomechanics, thermoregulation, and training strategies of the horse. In this paper we pretend to establish the gas, electrolyte, lactate, and glucose concentrations at rest, immediately after the training session, and one hour after it in show-jumping horses at La María Equestrian Center. During a 45-minute training session venous blood samples were taken in 20 high-performance horses by jugular venipuncturing with lithium-heparinized needles, before (T0), immediately after (T1) and one hour after the workout (T2). The samples were deposited in the *Epoc Blood Analysis*® equipment for automatic analysis of the variables.

Significant differences were found between the three moments for pH values ( $p < 0,001$ ), effective bases ( $p < 0,05$ ), glucose ( $p < 0,0001$ ), lactate ( $p < 0,0001$ ), hematocrit ( $p < 0,01$ ), and hemoglobin ( $p < 0,01$ ); and between moments 2 and 3 for potassium ( $p < 0,0001$ ). Metabolic alkalosis was observed due to an increase in effective bases and bicarbonate during the workout. In this type of training, aerobic metabolism predominated which explains the decrease in lactate and glucose during the workout, because these are used as fuel by type I fibers and the heart. Lactate didn't return to the basal levels, therefore, it is recommended to perform a post-workout active recovery on the horses to improve the cleansing of it.

**Keywords:** carbon dioxide, equine, glucose, lactate , oxygen.

### 3. INTRODUCCIÓN

Dada la exigencia física de un evento de salto, los caballos que compiten requieren de una exhaustiva preparación física previa. Generalmente, los caballos de salto son sometidos a protocolos similares de entrenamiento, sin embargo, las respuestas fisiológicas y las adaptaciones al ejercicio son diferentes en las diversas razas que participan en competencias de salto bajo las mismas condiciones, y es evidente que en las competencias ecuestres se encuentran caballos con mejores condiciones físicas para realizar este tipo de ejercicio. Factores como el manejo inapropiado, el entrenamiento excesivo o la falta de fluidoterapia pos-ejercicio son situaciones que se reflejan a menudo en complicaciones como fatiga con o sin acidosis láctica, estrés, enfermedades neuromusculares y desequilibrios metabólicos. Los desequilibrios electrolíticos pos-ejercicio ocasionan desordenes en la contractilidad del músculo cardíaco y esquelético, en particular la hipocaliemia, mientras que la pérdida hídrica ocasiona hipoperfusión y agrava la acidosis metabólica, que si continúa, puede desencadenar un proceso de rhabdmiolisis muscular, de tal manera que los caballos que sufren deshidratación moderada o severa por sudoración se encuentran en un alto riesgo de presentar este tipo de complicaciones derivadas de la pérdida del equilibrio hídrico o electrolítico. Es por esto que el estudio de las respuestas fisiológicas integradas al ejercicio es cada vez más relevante en caballo atletas, y debe estar dirigida a evaluar programas de entrenamiento, valorar el estado de salud con relación a la condición física o la capacidad de trabajo del caballo atleta y diagnosticar enfermedades propias de esta población equina, todo lo anterior, con el fin de evitar complicaciones pos-ejercicio. Conocer la magnitud de las alteraciones en los parámetros hemáticos del caballo de salto después de realizar una actividad física de alta intensidad y corta duración bajo las condiciones ambientales del trópico permitirá proponer estrategias eficaces que ayuden a prevenir las complicaciones clínicas desarrolladas después por el ejercicio intenso.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL:**

Establecer la concentración gases, electrolitos, lactato y glucosa en caballos de salto en reposo, inmediatamente finalizada la sesión de entrenamiento ecuestre y una hora después.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Determinar las concentraciones plasmáticas de sodio, potasio y calcio en caballos de salto antes y después de una sesión de entrenamiento, y durante la fase de recuperación.

Establecer los valores del pH,  $PCO_2$ ,  $PO_2$ ,  $TCO_2$ ,  $HCO_3$  y exceso de bases en caballos de salto en reposo, inmediatamente finalizada la sesión de entrenamiento y una hora después

Establecer las concentraciones de glucosa y lactato en caballos de salto antes y después de una sesión de entrenamiento, y durante la fase de recuperación.

Calcular el volumen plasmático a partir de los valores del hematocrito y la hemoglobina en caballos de salto antes y después de sesión de entrenamiento, y durante la fase de recuperación

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 POBLACIÓN**

La población de estudio estuvo constituida por 70 equinos del Club Equestre La Maria entre ellos 25 caballos de alto rendimiento de las razas Pura Sangre Ingles, Caballo de Silla Francesa, Caballo de Silla Argentina y Hannoveriano entrenados 5 ó 6 días a la semana y que competían en esta disciplina deportiva, en el año 2012.

### **5.2 MUESTRA**

Se tomó una muestra por conveniencia de 20 caballos de salto que se encontraran bajo entrenamiento regular (sesiones de entrenamiento de 50 minutos y descanso un día a la semana), hace más de un año, y que compitieran en eventos ecuestres a nivel departamental y/o nacional.

### **5.3 LUGAR DEL ESTUDIO**

El estudio se realizó en el Club Equestre La Maria, ubicado en el km 6 de la Loma del Escobero, municipio de Envigado, con una temperatura promedio de 22°C y una humedad relativa del 82%.

### **5.4 PROTOCOLO EXPERIMENTAL**

Para cada ejemplar se compiló una ficha de identificación, en la cual se registró la edad, el tiempo de competencia en la cual participa el caballo y el tiempo de entrenamiento (Anexo A). Se realizó un examen clínico general para determinar el estado de salud de los caballos atletas (Anexo B).

Las muestras de sangre fueron tomadas por punción de la vena yugular, previa desinfección de la zona, con jeringa de insulina de 1 ml y una aguja calibre 16g. Estas muestras de sangre se procesaron inmediatamente después de su recolección, ya que el tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y su procesamiento podría alterar los valores de gases venosos. No se utilizaron medios con anticoagulante puesto que esto modificaría la concentración plasmática de calcio.

La sangre se tomó en tres momentos: la primera muestra de sangre se colectó antes de comenzar el entrenamiento (momento 0), la segunda muestra se tomó una vez el caballo terminó el entrenamiento (momento 1), y la tercera muestra se tomó una hora después de que el caballo terminara la sesión de entrenamiento, es decir, durante la fase de recuperación (momento 2).

Además, luego del entrenamiento, se realizó una valoración de estado de deshidratación del equino con base en los signos clínicos de cada animal para calificar la deshidratación según el grado como leve, moderada o severa.

Las variables dependientes fueron: Cambios en los niveles de sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ), glucosa, lactato, pH, presión parcial de dióxido de carbono corregida por temperatura ( $\text{TPCO}_2$ ), presión parcial de oxígeno corregida por temperatura ( $\text{TPO}_2$ ) y exceso de bases (BE) en cada uno de los equinos del estudio.

## **5.5 PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS NOMENCLATURA**

De cada muestra se depositó una gota de sangre en una tarjeta de análisis, la cual fue insertada en el analizador de sangre portátil *epoc*<sup>®</sup> para el análisis inmediato de niveles de electrolitos, analitos químicos y gases sanguíneos. Una vez se depositó la sangre, el equipo dio lectura automática de los resultados en treinta segundos luego que se depositó la muestra y los almacenó

automáticamente. Todos los registros fueron registrados e impresos, luego en una hoja de cálculo del programa de Excel (Microsoft Office ©).

## **5.6 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

Los niveles de electrolitos, gases sanguíneos y metabolitos se midieron con el equipo *Epoc Blood Analysis*<sup>®</sup>, utilizando los cartuchos EPOC BGEM que permiten el análisis de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , glucosa, hematocrito, hemoglobina, pH,  $\text{PCO}_2$ ,  $\text{PO}_2$ ,  $\text{TCO}_2$ , exceso de bases (BE), la información obtenida se tabuló para su análisis y se identificó individualizando cada paciente.

## **5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los datos obtenidos se almacenaron en una hoja de cálculo de Excel (Microsoft Office ©). El análisis estadístico se realizó en el software SPSS<sup>®</sup>. Se realizó un análisis univariado para cada una de las variables, y se determinó la normalidad de los datos. Para las variables cuantitativas se utilizaron las medidas de tendencia central y de dispersión (media y DS) de acuerdo con las pruebas de normalidad realizadas previamente. Luego se realizó un ANOVA para establecer diferencias en el tiempo de cada individuo consigo mismo.

## **5.8 PLAN DE DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS**

Los resultados de este proyecto de investigación se dieron a conocer en las jornadas de investigación de la Universidad CES en agosto de 2013. La información obtenida fue expuesta además en el Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas (Colfisis) en modalidad poster en febrero del 2013. Los resultados serán publicados en formato artículo en una revista veterinaria indexada por

Colciencias. El informe final estará disponible para consulta en la Biblioteca Fundadores de la Universidad CES.

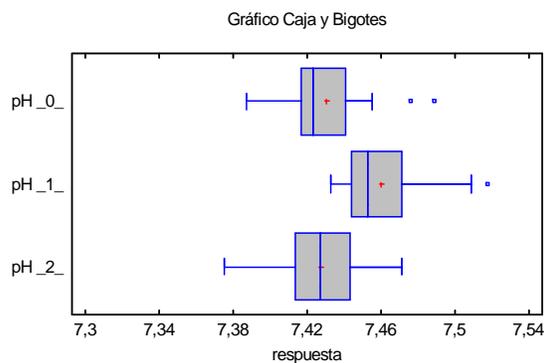
## **5.9 CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Los investigadores se comprometieron a cumplir a cabalidad la Declaración Universal de los Derechos del Animal, la Resolución N° 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de la República de Colombia en la cual se establecen las normas académicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, y la Ley 84 de 1989 por la cual se adopta Estatuto Nacional de Protección de los Animales. De igual forma, los investigadores y coinvestigadores, como Médicos Veterinarios y Médicos Veterinarios y Zootecnistas y Zootecnista en ejercicio, se comprometieron a seguir los lineamientos que la Ley 576 de 2000, correspondiente al Código de Ética para el ejercicio profesional de dichas áreas. Desde el punto de vista ético, el proyecto fue evaluado por el Comité de Ética Institucional de la Universidad CES, quien dio el aval para proceder con la ejecución del mismo (consignado en el acta N°3 de abril de 2013). Por tratarse de un proyecto que involucra intervención en caballos, fue indispensable la autorización del propietario para participar en el estudio, de tal manera que se solicitó el consentimiento informado a los propietarios de los equinos (Ver anexo).

## 6. RESULTADOS

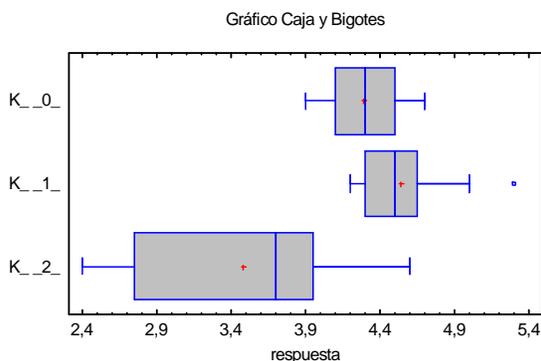
Todas las variables estudiadas fueron normales. Se encontraron diferencias significativas entre los tres momentos para los valores de pH ( $p < 0,001$ ), bases efectivas (0,05), glucosa ( $p < 0,0001$ ), lactato ( $p < 0,0001$ ) hematocrito ( $p < 0,01$ ) y hemoglobina ( $p < 0,01$ ). Además se observó diferencia significativa para el valor de potasio entre el momento 0 y 2 ( $p < 0,0001$ ).

El pH presentó diferencia significativa entre  $T_0$  con un pH promedio de 7,43 con respecto a  $T_1$  con un pH promedio de 7,46 y  $T_2$  con un pH promedio de 7,43 ( $P < 0,001$ ).



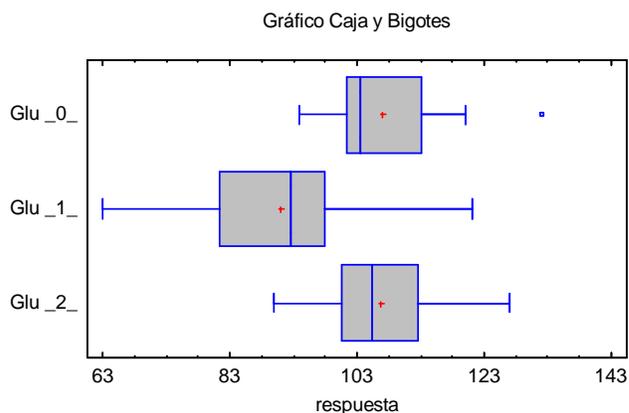
**Figura 1.** Comportamiento del pH en los momentos  $T_0$ ,  $T_1$  y  $T_2$ .

En el valor de potasio ( $K^+$ ) se encontró una diferencia significativa entre  $T_0$  con un promedio de 4,29 mmol/L y  $T_2$  con un promedio de 3,48 mmol/L ( $P < 0,001$ ).



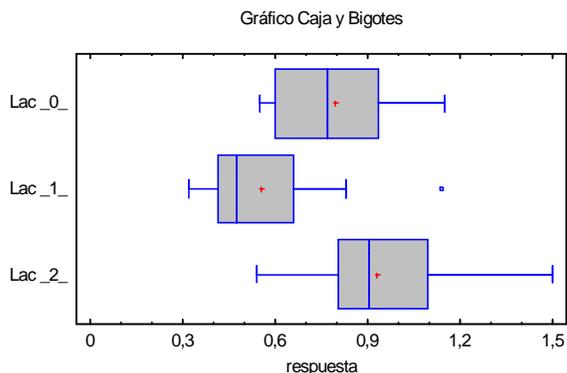
**Figura 2.** Concentración sanguínea de potasio en T0, T1 y T2.

La glucosa presentó una diferencia significativa entre T<sub>0</sub> con un promedio de 106 mg/dL con respecto a T<sub>1</sub> con un promedio de 91 mg/dL y a T<sub>2</sub> con un promedio de 106 mg/dL (P<0,0001).



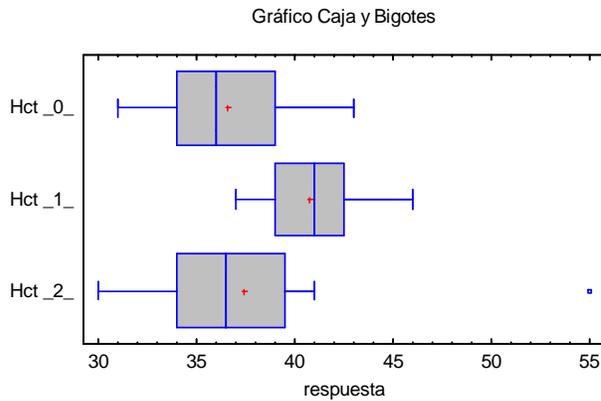
**Figura 3.** Concentración sanguínea de glucosa en T0, T1 y T2.

En el valor de lactato se encontró una diferencia significativa entre T<sub>0</sub> con un promedio de 0,80 mmol/L en comparación con T<sub>1</sub> con un promedio de 0,56 mmol/L y T<sub>2</sub> con un promedio de 0,93 mmol/L (P<0,0001).



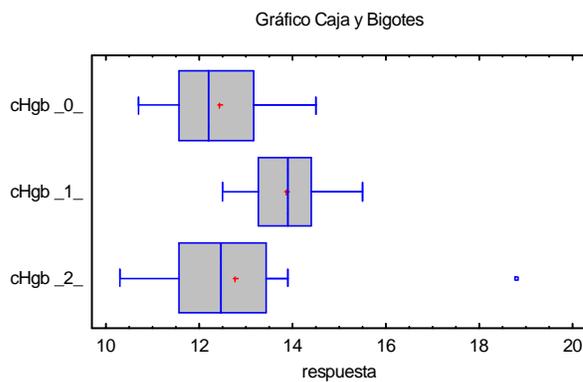
**Figura 4.** Concentración sanguínea de lactato en T0, T1 y T2.

Además, se presentó una diferencia significativa en el hematocrito (Hto) entre T<sub>0</sub> con un promedio de 36% con respecto a T<sub>1</sub> con un promedio de 40% de Hto y a T<sub>2</sub> con un promedio de 37% ( $P < 0,0001$ ).



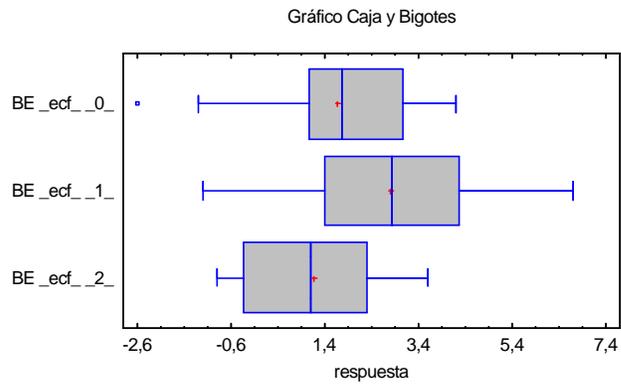
**Figura 5.** Hematocrito en T0, T1 y T2.

La concentración de hemoglobina también presentó diferencia significativa entre T<sub>0</sub> con un promedio de 12 g/dl y T<sub>1</sub> con un promedio de 13 g/dl de hemoglobina ( $P < 0,01$ ).



**Figura 6.** Concentración sanguínea de Hemoglobina en T0, T1 y T2.

De manera similar, la concentración de bases efectivas (BE) también presentó una diferencia significativa entre T<sub>0</sub> con un promedio de 1,65 con respecto al T<sub>1</sub> con un promedio de 2,81 y al T<sub>2</sub> con un promedio de 1,15 (0,05).



**Figura 7.** Concentración sanguínea de BE en T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>.

**Tabla 1.** Resumen del promedio y la DS de los parámetros sanguíneos estudiados en tres momentos.

Variable	Unidad medida	T0	T1	T2	Valor Referencia
pH	pH	7.43* ± 0.02	7.46* ± 0.02	7.42* ± 0.02	7,36-7,48
Sodio (Na)	mmol/L	135 ± 1.75	135 ± 1.66	135 ± 1.36	136,0-142,0
Potasio (k)	mmol/L	4.29 ± 0.24	4.54* ± 0.29	3.48* ± 0.70	2,4-5,2
Ca++	mg/dl	5.36 ± 0.62	5.10 ± 0.47	5.53 ± 0.41	10,6-13,0
Glucosa	mg/dl	106* ± 10.03	91* ± 13.86	106* ± 10.47	76,0-127,0
Lactato	mmol/L	0.79* ± 0.20	0.55* ± 0.21	0.93* ± 0.24	0,2 - 4
Hematocrito	%PVC	36* ± 3.39	40* ± 2.59	37* ± 5.70	35,0-47,0
Hemoglobina	g/dl	12* ± 1.12	13* ± 0.88	12* ± 1.93	11,2-16,4
HCO3-	mmol/L	26.04 ± 2.35	26.64 ± 2.30	26.14 ± 2.80	26,0-35,0
pCO2	mmol/L	39.91 ± 4.33	39.15 ± 4.20	39.86 ± 2.98	24,0-32,0
pO2	mm Hg	37.98 ± 10.60	42.31 ± 13.75	38.44 ± 11.90	10,0-40,0
BE		1.65* ± 1.96	2.81* ± 2.1	1.15* ± 1.15	

## 7. DISCUSIÓN

En el presente estudio se observó que durante una sesión de entrenamiento de 45 minutos de duración, los caballos de salto de alto rendimiento deportivo presentaron una deshidratación leve con pocos cambios significativos en los parámetros hemáticos pos-ejercicio, y a las 24 horas, los caballos mostraron una completa recuperación de sus variables hemáticas y del balance hidroelectrolítico.

Hay que resaltar entre los cambios más importantes el ion potasio: el estudio se observó una diferencia significativa entre los valores de potasio en el tiempo T0 donde el promedio fue de  $4.29 \pm 0.24$  y en el tiempo T2 el pH promedio fue de  $3.48 \pm 0.70$ , evidenciando una disminución significativa de este ion después de realizada la actividad física, lo cual puede ser explicado por una pérdida del mismo por el mecanismo de sudoración durante el ejercicio, y concuerda con los resultados encontrados en otros estudios (8). La concentración plasmática de potasio es proporcional a la intensidad del ejercicio, a la masa muscular que se contrae y a la cantidad de lactato plasmático que es excretado a través del sudor (9). Al terminar el ejercicio, el potasio es transportado al interior de la célula muscular en el sarcolema por la influencia de las catecolaminas sobre los receptores  $\alpha$ -adrenérgicos y la activación de la bomba  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ , y ocurre tan rápido que los niveles de potasio extracelular se mantienen inferiores a los niveles de reposo. La liberación de potasio es considerada como uno de los mediadores locales más importantes de la vasodilatación de los músculos en ejercicio. En este estudio no se encontró diferencia estadística significativa en los valores de los iones  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Na}^+$ . (9)

Con respecto a los resultados del pH se observó una diferencia significativa entre sus valores en los tres momentos: en el tiempo T0 el pH promedio fue de  $7.44 \pm 0.02$ , en el tiempo T1 el valor promedio de pH fue  $7.48 \pm 0.03$  y en el tiempo T2 el pH promedio fue de  $7.47 \pm 0.01$ . De esta manera se demuestra un comportamiento con tendencia a la alcalosis metabólica. Los equinos en ejercicio normalmente presentan una tendencia tanto a acidosis metabólica, dada por la acumulación de lactato, como a una alcalosis respiratoria como consecuencia del aumento de la

frecuencia respiratoria. Este comportamiento se denomina ~~al~~ alcalosis metabólica paradójica y es de poca duración. Aunque el lactato se acumule en sangre, los mecanismos compensatorios como el consumo del bicarbonato y la disminución de PCO<sub>2</sub> previenen los cambios en el pH (10). Durante la fase de recuperación no se evidencian cambios en la concentración del bicarbonato porque se gasta con los H<sup>+</sup> del músculo durante la actividad física, permitiendo que se acumule el lactato. (8).

La concentración de bases efectivas (BE) también presentó una diferencia significativa entre T<sub>0</sub> con un promedio de 1,65 con respecto al T<sub>1</sub> con un promedio de 2,81 y al T<sub>2</sub> con un promedio de 1,15 (0,05). Los excesos de bases son lo que proveen el componente metabólico del equilibrio ácido-básico. BE son una medida del requerimiento del ácido necesario para restaurar el pH a 7.4 cuando hay una PCO<sub>2</sub> de 40 mmHg en la sangre entera. Un incremento en BE representa alcalosis metabólica, mientras que una disminución con tendencia a negativo representa acidosis metabólica. Para este estudio entonces es compatible que el comportamiento del equilibrio del pH sea atribuible al aumento de las bases efectivas como tampones efectivos diferentes al bicarbonato. (11)

El grado de alcalosis metabólica es dependiente de la severidad de la hipocloremia e hipokalemia. La hipocloremia está asociada con un incremento en el bicarbonato plasmático ya que éste es reabsorbido en el riñón al detectarse una disminución en el cloro. A medida que la concentración de sodio plasmático tiende a disminuir por las pérdidas en el sudor, el riñón conserva el sodio a expensas del potasio y los H<sup>+</sup>, que también contribuyen a la alcalosis. La disminución del calcio, el potasio y el magnesio asociados con la alcalosis metabólica puede alterar el potencial de membrana y la transmisión neuromuscular, contribuyendo al éstasis GI, arritmias cardíacas y calambres musculares durante el ejercicio. (12).

Dentro de los resultados se observó que el comportamiento de los valores de la glucosa evidenciaban una diferencia estadística significativa para los tres momentos: T<sub>0</sub> con un promedio de 106 mg/dL con respecto a T<sub>1</sub> con un promedio de 91 mg/dL y a T<sub>2</sub> con un promedio de 106 mg/dL (P<0,0001). Se evidencia un

aumento, posteriormente una disminución y por último una recuperación a los valores iniciales. La energía para cada esfuerzo es suministrada por una combinación de vías aerobias y anaerobias, siendo el componente anaeróbico un sinónimo de las fuertes contracciones musculares implicadas en cada esfuerzo de saltar. Durante cada contracción, el flujo sanguíneo para ciertas áreas del músculo puede cesar transitoriamente a medida que la sangre es expulsada a circulación venosa (13). El valor de la glucosa disminuye en ejercicio con metabolismo aeróbico predominante y durante el gasto como fuente de energía. Los valores se incrementan durante el momento de recuperación post ejercicio ya que es suministrada por medio de la alimentación por fuentes de carbohidratos dentro de los establos y por la actividad de las catecolaminas que aceleran el proceso de glicogénesis. (14)

El comportamiento de la concentración sanguínea de lactato viene dado junto con el de la concentración de glucosa por el gasto de energía durante el ejercicio. Para este estudio los valores del lactato se observaron de la siguiente manera para los tres momentos:  $T_0$  con un promedio de 0,80 mmol/L en comparación con  $T_1$  con un promedio de 0,56 mmol/L y  $T_2$  con un promedio de 0,93 mmol/L ( $P < 0,0001$ ). El comienzo de la acumulación del lactato sanguíneo ocurre cuando se elevan los valores del ritmo cardiaco a más de 200 lpm o cuando se alcanza el umbral anaeróbico, es decir, una concentración de 4 mmol/l de lactato en plasma, lo cual es indicativo de una contribución anaeróbica significativa (15). La producción de lactato a partir del musculo en actividad depende de muchos factores tales como: el nivel de entrenamiento de los animales, la capacidad física de trabajo, el estrés y la alimentación previa al ejercicio entre otros. El entrenamiento por su parte mejora la utilización del lactato muscular y su depuración después del ejercicio.

El hematocrito presentó diferencia entre el tiempo  $T_0$  con un promedio de  $36\% \pm 83,39$ , el tiempo  $T_1$  con un promedio de  $40\% \pm 2,59$  y una posterior recuperación parcial sus valores iniciales durante la fase de recuperación. La hemoconcentración que se evidencia en este tipo de ejercicio está dada principalmente por la disminución del volumen plasmático por medio de la pérdida

de líquido extracelular en el sudor. El movimiento de agua y sales baña el espacio intersticial que aumenta su volumen y permite que sean tomados por los músculos en movimiento, ser utilizados para formar sudor o retornar al compartimiento vascular. El movimiento de fluidos se debe a la rápida acumulación intramuscular de metabolitos osmóticamente activos tales como fosfatos, creatinina y lactato así como por los cambios en la concentración de K, Na y Cl. Durante los primeros minutos del ejercicio se da una respuesta fisiológica del bazo ante la liberación de catecolaminas, produciendo una liberación de gran cantidad de eritrocitos para satisfacer las necesidades de oxígeno del músculo activo y captación de CO<sub>2</sub> producto de desecho de la actividad muscular. La hipovolemia y mayor viscosidad de la sangre pueden afectar el rendimiento deportivo debido a una menor perfusión de los tejidos y órganos, alterando los mecanismos de termorregulación. Un aumento del hematocrito acompañado de la movilización esplénica puede producir un aumento de la viscosidad de la sangre que pueden llevar a la muerte súbita durante o después del ejercicio. La regulación del hematocrito durante la fase de recuperación puede deberse al aumento de la presión oncótica del lecho vascular como consecuencia del aumento de las proteínas plasmáticas durante la hemoconcentración, generando movimiento de líquido del espacio extracelular al espacio intravascular. (12, 14).

El comportamiento de la concentración de hemoglobina proporcionalmente al hematocrito se ve en el tiempo T0 con un promedio de  $12 \pm 1,12$  g/dl, un aumento en el tiempo T1 con un promedio de  $13 \pm 0,88$  g/dl, y un retorno en el tiempo T2 con un promedio de  $12 \pm 1,93$  g/dl. El aumento de la concentración de hemoglobina es conocido como una respuesta fisiológica al ejercicio en equinos, el cual permite incrementar la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre y está dado por la movilización de la reserva esplénica de eritrocitos (16).

## **8. CONCLUSION**

Durante este estudio no se evidenciaron alteraciones críticas en las variables evaluadas, de manera que se considera la actividad física en este caso de intensidad insuficiente y poco exigente para este tipo de deporte dado que los cambios iónicos dependen del tipo de intensidad y la duración del entrenamiento. Al presentarse una deshidratación leve, permite una recuperación más rápida de tipo hídrica . electrolítica en menos de 24 horas con alimentación y suplementación, de manera que no se hace necesario un cuidado hídrico tan estricto durante esta fase. El entrenamiento disciplinado y constante en los caballos de salto evita presentación de trastornos puntuales, la disminución de riesgos de enfermedades metabólicas y desequilibrio electrolítico a diferencia de otras disciplinas.

## 9. REFERENCIAS

1. Cunningham JG., Klein BG. (2009) *Fisiología veterinaria*, Barcelona, Elsevier.
2. Hodgson D. (1994) *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine*. Philadelphia, Saunders.
3. Marlin D., Nankervis KJ. (2002) *Equine Exercise Physiology*. Oxford, Malden, MA: Blackwell Science.
4. McCutcheon LJ, Geor RJ. (2010) Effects of short-term training on thermoregulatory and sweat responses during exercise in hot conditions. *Equine Vet J.* 42, 135. 4.
5. McKenzie EC, Valberg SJ, Godden SM, Pagan JD, Carlson GP, MacLeay JM, et al. (2002) Plasma and urine electrolyte and mineral concentrations in Thoroughbred horses with recurrent exertional rhabdomyolysis after consumption of diets varying in cation-anion balance. *Am. J. Vet. Res.* 63 (7), 1053-60
6. Robert C, Goachet AG, Fraipont A, Votion DM, Van Erck E, y Leclerc JL. (2010) Hydration and electrolyte balance in horses during an endurance season. *Equine Vet J.* 48, 98. 104.
7. Geor RJ, Mccutcheon LJ .(1998) Hydration effects on physiological strain of horses during exercise-heat stress. *J Appl Physiol.* 84, 2042-2051.
8. Arias Gutierrez Maria Patricia. Comunicación personal. Medellín, Colombia, 15 de agosto de 2014.
9. Cohen ND, Roussel AJ, Lumsden JH, Cohen AC, Grift E, y Lewis C. (1993) Alterations of fluid and electrolyte balance in thoroughbred racehorses following strenuous exercise during training. *Can J Vet Res Rev Can Rech Vét.* 57(1), 9. 13.
10. Valdez C. (2010) Determinación de los valores fisiológicos del sodio, el potasio y el ion calcio en plasma, con su variación pre y postejercicio, en caballos de paso fino en la sabana de Bogotá. *Rev. Med. Vet.*

11. Gordon ME, McKeever KH, Betros CL, y Manso Filho HC. (2007) Exercise-induced alterations in plasma concentrations of ghrelin, adiponectin, leptin, glucose, insulin, and cortisol in horses. *Vet J.* 173(3), 532-40.
12. Corley K., y Stephen J., (2008) *The Equine Hospital Manual*. Reino Unido, Blackwell Publishing.
13. Garcia Sacristan Albino G. (1995) *Fisiología Veterinaria. Primera edición*. España, Mc Graw Hill - Interamericana.
14. McKeever KH. (2011) Endocrine alterations in the equine athlete: an update. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 27(1), 197-218.
15. Butudom P, Schott HC, Davis MW et al. (2002) Drinking salt water enhances rehydration in horses dehydrated by frusemide administration and endurance exercise. *Equine Vet J.* 34, 513. 518.
16. Aguilera-Tejero E, Estepa JC, López I, Bas S, Mayer-Valor R, y Rodríguez M. (2000) Quantitative analysis of acid-base balance in show jumpers before and after exercise. *Res Vet Sci.* 68(2), 103-8.