

# 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\*

Camila Valdés Restrepo\*\* / Juan Manuel Restrepo Méndez\*\*\* / Jorge Triana Valenzuela\*\*\*\* / Geovanny Mendoza Sánchez\*\*\*\*\* / Claudia Aixa Mutis Barreto\*\*\*\*\* / Eugenio Ramírez Cardona\*\*\*\*\* / César Andrey Galindo Orozco\*\*\*\*\*

## RESUMEN

Este estudio presenta el análisis y los resultados del comportamiento de los electrolitos sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y calcio iónico ( $\text{iCa}^{2+}$ ) en equinos de paso fino colombiano. Se establecieron los valores de referencia en reposo y la respuesta de los electrolitos ante el ejercicio. Se utilizaron 115 equinos en edad de competencia, hembras y machos, entre 43 y 78 meses de edad, de diferentes criaderos de la Sabana de Bogotá. Se tomaron tres muestras en diferentes tiempos:  $T_0$  (reposo),  $T_1$  (inmediatamente después de 45 minutos de ejercicio) y  $T_2$  (1 hora posejercicio). Las muestras se procesaron en un analizador portátil i-STAT®, utilizando el cartucho  $\text{EG7+}$ , y los resultados fueron analizados usando estadística descriptiva y pruebas de comparación múltiples

de promedio a través de la prueba de Tukey. Como resultado, se obtuvieron los valores normales para la raza en los diferentes tiempos y se estableció la curva de comportamiento de los electrolitos según los valores estadísticamente significativos, con un nivel de confianza superior a 95%. Los resultados fueron los valores normales para la raza en los diferentes tiempos y la curva de comportamiento de los electrolitos. Los valores obtenidos en mEq/L fueron: para  $T_0$ :  $\text{Na}^+$  (136,71 $\pm$ 0,23),  $\text{K}^+$  (4,05 $\pm$ 0,03),  $\text{Ca}^{2+}$  (1,58 $\pm$ 0,006); para  $T_1$ :  $\text{Na}^+$  (136,44 $\pm$ 0,24),  $\text{K}^+$  (3,92 $\pm$ 0,24),  $\text{Ca}^{2+}$  (1,42 $\pm$ 0,0080); y para  $T_2$ :  $\text{Na}^+$  (137,32 $\pm$ 0,23),  $\text{K}^+$  (3,68 $\pm$ 0,03),  $\text{Ca}^{2+}$  (1,51 $\pm$ 0,009). El  $\text{Na}^+$  en el  $T_2$  aumentó significativamente después del reposo posejercicio, mientras que los

\* Proyecto realizado en convenio entre la Universidad de La Salle y Fedequinas.

\*\* Estudiante de Medicina Veterinaria, Universidad de La Salle. Correo electrónico: camivaldes@yahoo.com

\*\*\* Estudiante de Medicina Veterinaria, Universidad de La Salle. Correo electrónico: mvjuanrestrepo@hotmail.com

\*\*\*\* Médico veterinario, Especialista, M.Sc. Docente del programa de Medicina Veterinaria, Universidad de La Salle. Correo electrónico: j triana@unisalle.edu.co

\*\*\*\*\* Médico veterinario zootecnista, Ph.D. Docente del programa de Medicina Veterinaria, Universidad de La Salle. Correo electrónico: gemendoza@unisalle.edu.co, geomendozas@hotmail.com

\*\*\*\*\* Médico veterinario, M.Sc. Docente del programa de Medicina Veterinaria, Universidad de La Salle. Correo electrónico: cmutis@lasalle.edu.co

\*\*\*\*\* Médico veterinario, M.Sc. (c). Docente del programa de Medicina Veterinaria, Universidad de La Salle. Correo electrónico: euramirez@unisalle.edu.co

\*\*\*\*\* Médico veterinario M.Sc., Ph.D. Profesor adjunto de la Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Departamento de Clínica y Cirugía Animal (Brasil). Correo electrónico: cesarandrey\_equinos@ufrj.br

Fecha de recepción: enero 29 de 2010

Fecha de aprobación: septiembre 16 de 2010

valores de  $K^+$  y  $Ca^{2+}$  disminuyeron en  $T_1$ . El ion calcio aumentó de manera significativa en  $T_2$  contrariamente al  $K^+$  que disminuyó. Esta investigación busca generar un aporte a la medicina deportiva equina colombiana, ya que no hay literatura reportada so-

bre datos de referencia para los valores de electrolitos en la raza paso fino colombiano.

**Palabras clave:** caballos paso fino, ejercicio, electrolitos, plasma.

## **DETERMINATION OF THE PHYSIOLOGICAL PLASMATIC VALUES OF SODIUM, POTASSIUM AND ION CALCIUM AND ITS PRE AND POST EXERCISE VARIATIONS IN “PASO FINO” HORSES IN THE BOGOTA SAVANNAH**

### **ABSTRACT**

This research intends to be a contribution to the Colombian sports equine medicine by providing data on electrolytes standards, a field where there is a substantial lack of literature. This research analyze and determines the normal values of sodium ( $Na^+$ ), potassium ( $K^+$ ) and ion calcium ( $iCa^{2+}$ ) electrolytes for Colombian Paso Fino horses. The establishment of the reference intervals was done at rest and after exercise. To achieve this, blood samples were taken from farms located in the Bogotá savannah. The 115 mares and stallions used for this study were actively competing with ages ranging from 43 to 78 months old. The samples were taken at three intervals:  $T_0$  (Rest),  $T_1$  (immediately after 45 minutes of exercise), and  $T_2$  (1 hour post exercise). The samples were processed using a portable blood analyzer i-STAT® and the data was interpreted using descriptive and comparative statistic according to Tukey tests. The normal values

for the breed were established and an electrolytic behavior curve was created, using values inside intervals at 95% confidence levels. The values obtained in mEq/L were: for  $T_0$ :  $Na^+$  (136,71+/-0,23),  $K^+$  (4,05+/-0,03),  $Ca^{2+}$  (1,58+/-0,006); for  $T_1$ :  $Na^+$  (136,44+/-0,24),  $K^+$  (3,92+/-0,24),  $Ca^{2+}$  (1,42+/-0,008); and for  $T_2$ :  $Na^+$  (137,32+/-0,23),  $K^+$  (3,68+/-0,03),  $Ca^{2+}$  (1,51+/-0,009).  $Na^+$  values increased after exercise. On the contrary  $K^+$  and  $Ca^{2+}$  values didn't increase in  $T_1$ . Calcium increased on  $T_2$  and  $K^+$  decreased. The findings of this research will serve as a framework for future analysis. Moreover, further studies and developments in this field is recommended and will prove to be very useful for equine practitioners.

**Keywords:** electrolyte, exercise, paso fino horse, plasma.

## INTRODUCCIÓN

El caballo de paso fino se viene posicionando en Colombia y en el mundo como una de las razas más populares. Su importancia trasciende no solo como un pasatiempo, sino en niveles competitivos y de interés económico. Sin embargo, los parámetros fisiológicos que se utilizan actualmente como referencia, corresponden principalmente a estudios hechos en otras razas, diferentes condiciones de ambiente (altura, temperatura) y de nivel de entrenamiento. Dado que el equino es considerado un atleta y su desempeño depende de las características mencionadas anteriormente se vio la necesidad de desarrollar esta investigación buscando establecer los parámetros fisiológicos plasmáticos de los electrolitos sodio ( $\text{Na}^+$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ) y calcio iónico ( $\text{iCa}^{2+}$ ) en estado de reposo, además de su variación y comportamiento frente al ejercicio.

## EL EJERCICIO EN EL EQUINO

Los electrolitos intervienen en el correcto y normal funcionamiento celular en el momento del ejercicio. Así, durante el esfuerzo físico, la estimulación eléctrica de la célula provoca su acción. La actividad física genera energía mecánica pero el proceso es subóptimo, porque gran parte de la energía se libera en forma de calor (McCutcheon, 2007) y es un mecanismo que se agota a largo plazo. El animal necesita eliminar el exceso de calor, por lo que utiliza mecanismos como la disipación: por medio de la evaporación del sudor y cuando hay flujo de aire por las vías respiratorias. Pero cuando el animal suda, pierde tanto agua como electrolitos y esta pérdida progresiva genera fatiga muscular y el agotamiento del animal.

## ELECTROLITOS PLASMÁTICOS

Los electrolitos como el  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , y  $\text{iCa}^{2+}$  tienen funciones especiales durante el esfuerzo físico además

de mantener el equilibrio celular (Cunningham, 2003). La deficiencia de estos crea anomalías como debilidad y calambres musculares, desequilibrios ácido-básicos y aleteo diafragmático, las cuales afectan el rendimiento deportivo del animal (Hinchliff *et ál.*, 2007). Los electrolitos son necesarios para mantener la osmolaridad y para el correcto funcionamiento de la actividad eléctrica de la membrana celular, siendo la dieta la principal fuente de aporte. La regulación de los electrolitos es renal o intestinal, siempre y cuando se cumpla con la demanda diaria de agua.

### SODIO ( $\text{Na}^+$ )

El  $\text{Na}^+$  es el electrolito más abundante en el líquido extracelular. Este es aportado en su totalidad por la dieta y su homeostasia es controlada por la hormona aldosterona que regula intestinal y renalmente la absorción y reabsorción, respectivamente (Guyton, 2006). Este elemento es primordial para el buen desempeño durante el ejercicio, por lo que aportes pobres del electrolito inhibirán la sudoración (McCutcheon, 2001), pudiendo causar un aumento en la temperatura corporal del animal, al igual que una hipertermia maligna, creando problemas fisiológicos de compensación, llegando hasta la muerte. Por otro lado, las pérdidas severas de  $\text{Na}^+$  por el sudor pueden llevar a estados alterados de la volemia y a una hiponatremia severa que generarían el colapso y la muerte del animal (Hinchliff *et ál.*, 2007).

### POTASIO ( $\text{K}^+$ )

El  $\text{K}^+$  es el principal catión del líquido extracelular y el principal reservorio es la célula muscular esquelética (McCutcheon, 2001), siendo este catión el responsable del potencial de acción en las membranas celulares. En el momento del ejercicio es liberado durante la contracción muscular, pero retorna a niveles basales al final de este (Martínez *et ál.*, 2000). La acción del ion  $\text{K}^+$  está mediada por diferentes hormonas

como la insulina, la aldosterona, las catecolaminas y el cortisol (White *et ál.*, 1992; Islas *et ál.*, 2006).

### **CALCIO (Ca<sup>2+</sup>)**

Solo un 1% del calcio es libre y disponible para el uso inmediato en el organismo. Este se encuentra en las mitocondrias, en el retículo endoplásmico y en el líquido extracelular, donde cumple un rol homeostático sobre la célula (Cunningham, 2003). El acortamiento del músculo se da por la interacción del Ca<sup>2+</sup> con la molécula de troponina. Esta unión desencadena una cascada de interacciones entre las moléculas musculares y se produce la contracción del sarcómero (Cunningham, 2003). En ausencia del Ca<sup>2+</sup> no hay desplazamiento de la tropomiosina y, en consecuencia, se provoca la relajación muscular. Su regulación está controlada por la calcitonina y la paratohormona, aunque aún no se ha comprobado el efecto de estas hormonas sobre el Ca<sup>2+</sup> durante el ejercicio (Hinchcliff *et ál.*, 2007).

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se utilizaron 115 equinos criollos de paso fino colombiano, machos y hembras entre 43 y 78 meses de edad. Los animales pertenecen a criaderos registrados en la Federación de Asociaciones Equinas (Fedequinas) y localizados exclusivamente en la Sabana de Bogotá, entre los 2.600 y 2.800 msnm. Previamente al muestreo, se les realizó un examen clínico completo para declararlos sanos y verificar que se cumplieran

los requerimientos sanitarios, tales como las vacunaciones y vermifugaciones. Adicionalmente, se verificó que los ejemplares seleccionados estuvieran en entrenamiento activo y competencia.

### **TOMA DE MUESTRAS**

Se utilizó sangre venosa obtenida por venopunción de la vena yugular, en tres tiempos diferentes. La primera en estado de reposo ( $T_0$ ), la segunda inmediatamente después de terminar un entrenamiento de cuarenta y cinco minutos ( $T_1$ ), y la tercera una hora después de terminado el ejercicio ( $T_2$ ). Las muestras fueron procesadas para obtener los resultados mediante el analizador portátil de sangre i-STAT<sup>®</sup>, utilizando el cartucho <sup>EG</sup>7+.

Los intervalos para cada una de las variables fueron determinados usando la media y una desviación estándar. Para establecer si existían diferencias entre los distintos tiempos de muestreo, se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple (Tukey) con un nivel de confianza de 95%. Los datos fueron depurados y procesados utilizando los programas Excel<sup>®</sup> y Statgraphics Plus<sup>®</sup> (Version 5.1, StatPoint Technologies Inc., Warrenton, VA, USA).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se recopilaron los datos de concentración plasmática de los electrolitos en caballos paso fino colombiano, sometidos al ejercicio (tabla 1).

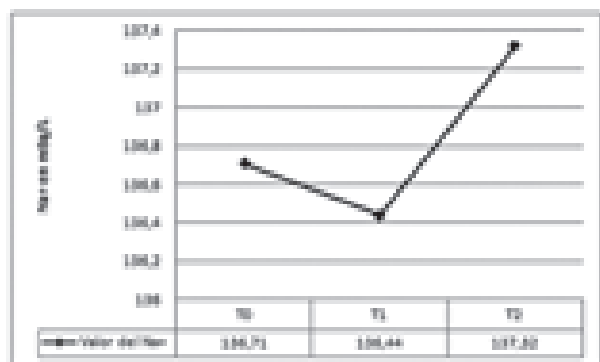
**Tabla 1.** Valores medios de la concentración plasmática de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup> (mEq/L) más o menos el error estándar en caballos paso fino colombiano y su variación frente al ejercicio.

| Electrolito      | T <sub>0</sub>     | T <sub>1</sub>    | T <sub>2</sub>    |
|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Na <sup>+</sup>  | 136,71 +/- 0,23 ab | 136,44 +/- 0,24 b | 137,32 +/- 0,23 a |
| K <sup>+</sup>   | 4,05 +/- 0,03 a    | 3,92 +/- 0,03 b   | 3,68 +/- 0,03 c   |
| Ca <sup>2+</sup> | 1,58 +/- 0,006a    | 1,42 +/- 0,008 c  | 1,51 +/- 0,009 b  |

Fuente: elaboración propia. Letras diferentes indican diferencia estadística significativa entre los diferentes momentos de muestra. Tukey (*P* < 0,05).

Los valores de Na<sup>+</sup> no sufrieron variaciones significativas (*P* < 0,05) entre el reposo e inmediatamente terminado el ejercicio. Únicamente se encontró diferencia significativa entre T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, cuando las concentraciones aumentaron luego de estar en reposo durante una hora (figura 1).

**Figura 1.** Variación de la concentración plasmática de sodio frente al ejercicio.



Fuente: elaboración propia.

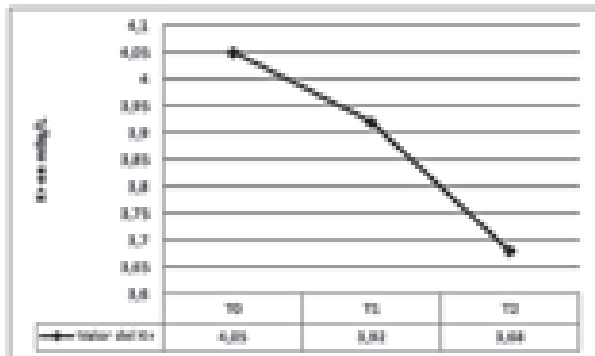
La disminución de los valores en T<sub>1</sub> puede deberse a las pérdidas en el líquido extracelular. Así mismo, por pérdida a través de la sudoración. No obstante, el

Na<sup>+</sup> es luego recuperado en T<sub>2</sub> con la ayuda de mecanismos de compensación fisiológica, vía digestiva y renal, similar a los resultados reportados por Osorio (2008) en equinos de salto. Durante el ejercicio más intenso y prolongado, el nivel de aldosterona aumenta, limitando la excreción fecal y urinaria de Na<sup>+</sup> (Jansson *et ál.*, 2002). Sin embargo, en el esfuerzo físico, cuando ocurren pérdidas de Na<sup>+</sup>, estas son rápidamente compensadas mediante el aumento de la excreción renal de K<sup>+</sup>, con el fin de retener Na<sup>+</sup> y así expandir el volumen plasmático (Deldar *et ál.*, 1982).

También existen mecanismos fisiológicos que compensan esta pérdida, como en el caso de la reabsorción por vía renal y de absorción de las reservas vía digestiva. Esto explica el aumento significativo en T<sub>2</sub> como respuesta a la pérdida del ion durante el ejercicio. Estos resultados concuerdan con estudios realizados en caballos de enduro (Rose *et ál.*, 1983; Orozco, 2007) y caballos fina sangre chilena, sometidos a ejercicio en banda caminadora (Fuentes, 2006).

En relación con el K<sup>+</sup>, su concentración presentó variaciones significativas (*P* < 0,05) durante los tres tiempos, disminuyendo significativamente entre T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> (figura 2).

**Figura 2.** Variación de la concentración plasmática de  $K^+$  frente al ejercicio.



Fuente: elaboración propia.

En otros estudios se observaron disminuciones significativas en la concentración plasmática de  $K^+$  en equinos, especialmente durante (Schott *et ál.*, 1997) y después del ejercicio (Barton *et ál.*, 2003).

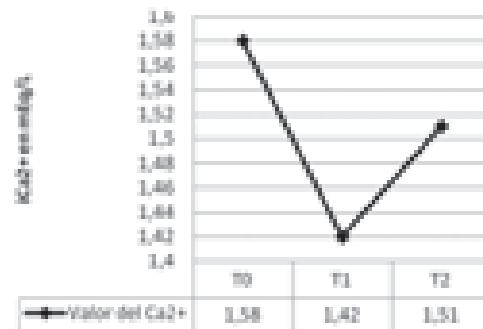
Entre  $T_1$  y  $T_2$  se ve una marcada disminución de la concentración del electrolito. Esto se debe a que al finalizar el ejercicio ocurre una recaptación de este hacia el interior de la célula muscular inactiva (Rose *et ál.*, 1983; Pérez *et ál.*, 1991) y de los eritrocitos circulantes. De este modo, se restablecen las concentraciones intracelulares de  $K^+$  (Snow *et ál.*, 1983; Pérez *et ál.*, 1997).

En  $T_2$  se evidencia una disminución importante del valor de  $K^+$ , posiblemente por la pérdida del ion a través del sudor. Debido a que el ejercicio y la carga física disminuyen, se produce un descenso en las concentraciones de  $K^+$  en el plasma, hasta los valores inferiores del rango basal (Katz *et ál.*, 1985; Rugh *et ál.*, 1989). Esto ocurre porque existe un flujo rápido del catión hacia el interior del músculo inactivo (Sjogaard *et ál.*, 1985). Una fracción significativa de esta caída también se debe a la recaptación que se produce hacia el interior de la célula muscular, los eritrocitos y el hígado, efectuada por la acción de las catecolaminas sobre los receptores  $\beta$ -adrenérgicos y la activación de la bomba de  $Na^+-K^+$  (Orozco, 2007).

Esta disminución durante el ejercicio y posterior a este coincide con estudios realizados en pruebas de velocidad (Krzywaneck, 1974), de resistencia (Carlson y Mansmann, 1974; Snow *et ál.*, 1983; Orozco, 2007), en concursos de salto (Osorio, 2008) y competencias de polo (Pacateque y Vargas, 2008).

Los valores del  $Ca^{2+}$  presentaron diferencia significativa entre los tres tiempos, disminuyendo durante el ejercicio ( $T_1$ ) y posterior a este ( $T_2$ ) (figura 3).

**Figura 3.** Variación de la concentración plasmática del ion calcio frente al ejercicio.



Fuente: elaboración propia.

Al iniciar el ejercicio los niveles de  $Ca^{2+}$  se ven disminuidos, puesto que durante la contracción muscular este es requerido por la fibra muscular, hacia donde es liberado desde el retículo sarcoplásmico (Gueiser *et ál.*, 1995). Una vez libre, puede ligarse con la troponina y permitir la unión actina-miosina (McConaghy, 1994). Este movimiento intracelular permite prolongar eficientemente la contracción muscular (Rose *et ál.*, 1983), pero disminuye la concentración del  $Ca^{2+}$  sanguíneo (Grimston *et ál.*, 1993; Hodgson, 1993), como ocurrió en el presente estudio en  $T_1$ .

La disminución de  $Ca^{2+}$  puede darse por el secuestro muscular (Vervuert *et ál.*, 2005). La unión del electrolito a la albúmina (Geiser *et ál.*, 1995; Martínez *et ál.*, 2001a) y la acumulación progresiva de calcio dentro

de los eritrocitos baja sus valores plasmáticos (Rose *et ál.*, 1983; Sommardahl *et ál.*, 1994). Esta disminución en  $T_1$  y  $T_2$  es similar a la encontrada en estudios realizados en equinos PSI de salto, por lo que se observan disminuciones significativas (Sommardahl *et ál.*, 1994). Al igual que en caballos de raza *standard* durante incrementos de velocidad en banda caminadora (Vervuert *et ál.*, 2005) y en pura sangre árabe en pruebas de resistencia, en los cuales disminuía la concentración del ion a medida que aumentaba la distancia recorrida y la intensidad del esfuerzo (Martínez *et ál.*, 2001b; Thrall, 2004; Orozco, 2007).

Existe evidencia de que el retorno de  $Ca^{2+}$  plasmático a los valores basales sucede después de tres horas

de terminado el ejercicio (Ilkiw *et ál.*, 1989), pero estudios recientes realizados por Orozco en 2007, evidencian que hay un aumento significativo a los quince y sesenta minutos posejercicio, y pasadas seis horas de recuperación los niveles de  $Ca^{2+}$  no retornaron a los valores normales del rango.

### TABLA DE RANGOS DE REFERENCIA

Se obtuvieron los rangos de referencia máximos y mínimos para la concentración plasmática de electrolitos  $Na^+$ ,  $K^+$  y  $Ca^{2+}$  en caballos de paso fino colombiano en la Sabana de Bogotá (tabla 2).

**Tabla 2.** Valores de referencia máximos y mínimos para los electrolitos  $Na^+$ ,  $K^+$  y  $Ca^{2+}$  en caballos paso fino colombiano (mEq/L).

| Electrolito | Valor mínimo | Valor máximo |
|-------------|--------------|--------------|
| $Na^+$      | 134,1        | 139,32       |
| $K^+$       | 3,71         | 4,39         |
| $iCa^{2+}$  | 1,51         | 1,64         |

Fuente: elaboración propia.

La concentración plasmática de  $Na^+$ ,  $K^+$  y  $Ca^{2+}$  estuvo dentro de los rangos descritos para la especie por Boffi (2007).

## CONCLUSIONES

Se establecieron los valores de referencia para los electrolitos  $Na^+$ ,  $K^+$  y  $Ca^{2+}$  para caballos paso fino colombiano en la Sabana de Bogotá. El efecto del ejercicio generó cambios significativos en la concentración plasmática de los electrolitos, especialmente en  $K^+$  y  $Ca^{2+}$ .

Se debe complementar este estudio, evaluando y cuantificando la pérdida de electrolitos por sudor y la con-

centración plasmática de cloro específicamente para la raza criolla colombiana en competencia, en diferentes zonas del país, teniendo en cuenta la altitud y el clima.

## AGRADECIMIENTOS

A Fedequinas, al Centro de Investigaciones CISAHE de la Universidad de La Salle.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barton, H. M., Williamson, L., Jacks, S. and Norton, N. "Body Weight, Hematologic Findings of Horse Competing in 48-, 83-, or 159-km Endurance Ride under Similar Terrain and Weather Conditions". *American Journal Veterinary Research* 64. (2003): 246-753.
- Boffi, F. Fisiología del ejercicio en equinos. Buenos Aires: Inter-Médica, 2007.
- Carlson, G. P. and Mansmann, R. A. "Serum Electrolyte and Plasma Protein Alterations in Horses used in Endurance Ride". *J. Am. Vet. Ass.* 165. (1974): 262-264.
- Carlson, G. P. "Interrelationships between Fluid, Electrolyte and Acid-Base Balance During Maximal Exercise". *Equine Veterinary Journal, New Market, Suppl.* 18. (1995): 261-265.
- Cohen, N. D., Roussel, A. J., Lumsden, J. H., Cohen, A. C., Grift, E. and Lewis, C. "Alterations of Fluid and Electrolyte Balance in Thoroughbred Racehorses Following Strenuous Exercise During Training". *Canadian Journal of Veterinary Research* 57. (1993): 9-13.
- Cunningham, J. Fisiología veterinaria. Tercera edición. España: Elsevier, 2003.
- Deldar, A., Fregin, F. G., Bloom, J. C. and Davanipour, Z. "Changes in Selected Biochemical Constituents of Blood Collected from Horses Participating in a 50-Mile Endurance Ride". *American Journal of Veterinary Research* 43 (12). (1982): 2239-2243.
- Fuentes, A. L. "Determinación de proteínas plasmáticas, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> y Ca<sup>++</sup> en equinos mestizos sometidos a un ejercicio en treadmill". Tesis presentada a la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de Concepción. Chillan, Chile. 2006.
- Geiser, D. R., Andrews, F. M., Rohrbach, B. W, White, S. L., Maykuth, P. L., Green, E. M. and Provenza, M. K. Blood Ionized Calcium Concentrations in Horses before and after the Cross-Country Phase of the Three-Day Event Competition". *American Journal of Veterinary Research* 56 (11). (1995): 1502-1505.
- Grimston, S. K., Tanguay, K. E., Gundberg, C. M. and Hanley, D. "The Calcitropic Hormone Response to Changes in Serum Calcium During Exercise in Female Long Distance Runners". *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 76 (4). (1993): 867-872.
- Guyton, A. Tratado de fisiología médica. Decimoprimera edición. Madrid: Elsevier, 2006.
- Hinchliff, K., Kaneps, A. y Geor, R. Medicina y cirugía en los equinos de deporte: Ciencias básicas y clínicas de los equinos de deporte. Primera edición. Buenos Aires: Intermédica, 2007.
- Hodgson, D. R. "Exercise-Associated Myopathy: Is Calcium The Culprit". *Equine Veterinary Journal* 25 (1). (1993): 1-3.
- Ilkiw, J. E., Davis, P. E. and Church, D. B. "Hematologic, Biochemical, Blood-Gas, and Acid-Base Values in Greyhounds before and after Exercise". *American Journal of Veterinary Research* 50 (4). (1989): 583-586.
- Islas, A. et ál. "Determinación de sodio, potasio, calcio y cloro en equinos entrenados para participar en prueba de resistencia". *Avances en Ciencias Veterinarias* 21 (1-2) enero-diciembre. (2006): 5.
- Jansson, A., Lindholm, A. and Dahlborn, K. "Effects of Acute Intravenous Aldosterone Administration on Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, and Water Excretion in The Horse". *Journal Applied Physiology* 92. (2002): 135-141.
- Katz, A., Sahlin, K. and Juhlin-Dannfelt, A. "Effect of  $\beta$ -Adrenoceptor Blockade on H<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> Flux in Exercising Humans". *J. Appl. Physiol.* 59 (2). (1985): 336-341.



- Krzywanek, H. "Lactic Acid Concentrations and pH Values in Trotters After Racing". *Journal of the South African Veterinary Association* 45. (1974): 355-360.
- Martínez, R., Cittar, J., Mattioli, G., Caviglia, J., Giuliadori, M. y Desmarás, E. "Fisiología del ejercicio equino. Análisis de una experiencia sobre *treadmill* de alta velocidad". *Av. Cien. Vet.* 16. (2001a). 15-20.
- Martínez, R., Scaglione, M. C., Luneburg, C., Hernández, E., Araneda, O., González, M., Estrada, M. y White, A. "Cambios sanguíneos y sudorales en equinos sometidos a carreras de resistencia". *Avances en Ciencias Veterinarias* 15. (2001b): 19-30.
- McConaghy, F. Thermoregulation. In: Hodgson, D. R. and Rose, R. J. *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sport Medicine*. Philadelphia: WB Saunders, 1994, pp. 181-202.
- McCutcheon, L. J. MacroMinerals-Sodium, Potassium and Chloride. En: Pagan J. D. and Geor, J. (eds.). *Advances in Equine Nutrition Proceedings II. Kentucky Equine Research*. Thrumpton: Nottingham University Press, 2001, pp. 339-351.
- McCutcheon L. J. Termorregulación y enfermedad del calor asociada con el ejercicio. En: Hinchliff, K. *Medicina y cirugía en los equinos de deporte: ciencias básicas y clínicas de los equinos de deporte*. Buenos Aires: Intermédica, 2007, pp. 1076-1077.
- Osorio, J. "Cambios fisiológicos de variables sanguíneas como respuesta a la competencia de salto en equinos atletas". Tesis presentada a la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia. 2008.
- Orozco, C. "Respostas hematológicas e bioquímicas de Equinos da raça puro sangue Árabe em testes de esforço progressivo realizados em esteira rolante durante a fase de treinamento e em prova de enduro a campo". Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP Jaboticabal. São Paulo, Brasil. 2007.
- Pacateque, A. M, y Vargas, O. "Valores fisiológicos de sodio, cloro y potasio en equinos atletas de polo pre y posejercicio en Cajicá (Cundinamarca)". Tesis presentada a la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia. 2008.
- Pérez, R., García, M., Cabezas, I., Guzmán, R., Merino, V., Valenzuela, S. y González, C. "Actividad física y cambios cardiovasculares y bioquímicos del caballo chileno a la competencia de rodeo". *Archivos de Medicina Veterinaria* 29 (2). (1997): 221-234.
- Pérez, R., Islas, A., Mora, G., Recabarren, S., Barahona, E., Jara C. e Ibáñez, M. "Electrolitos séricos y proteínas plasmáticas en caballos mestizos de tiro sometidos a ejercicio de tracción". *Av. Cien. Vet.* 6 (1). (1991): 29-35.
- Rose, R. J., Hodgson, D. R., Sampson, D. and Chan, W. "Changes in Plasma Biochemistry in Horses Competing in a 160 km Endurance Ride". *Australian Veterinary Journal* 60 (4). (1983): 101-105.
- Rugh, K. S., Garner, H. E., Miramonti, J. R. and Hatfield, D. G. "Left Ventricular Function and Haemodynamics in Ponies During Exercise and Recovery". *Equine Veterinary Journal* 21 (1). (1989): 39-44.
- Schott II, H. C., McGlade, K. S. and Molander, H. A. "Body Weight, Fluid, Electrolyte, and Hormonal Changes in Horses Competing in 50-and 100 Mile Endurance Ride". *American Journal of Veterinary Research* 58. (1997): 303-309.
- Sjogaard, G., Adams, R. P. and Saltin, B. "Water and Ion Shifts in Skeletal Muscle of Humans with Intense Dynamic Knee Extension". *American Journal of Physiology* 248 (17). (1985): 190-196.
- Snow, D. H., Kerr, M. G., Nimmo, M. A. and Abbott, E. M. "Alterations in Blood, Sweat, Urine and Muscle

- Composition During Prolonged Exercise in The Horse". *Veterinary Record* 110 (16). (1983): 377-384.
- Sommardahl, C. S., Andrews, F. M., Saxton, A. M., Geiser, D. R. and Maykuth, P. L. "Alterations in Blood Viscosity in Horses Competing in Cross Country Jumping". *American Journal of Veterinary Research* 55 (3). (1994): 389-394.
- Thrall, M. A. Fluid and electrolyte metabolism. In: Baker, D. C., Denicola, D. and Lassen, D. *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkis, 2004, pp. 329-353.
- Vervuert, I., Coenen, M. and Zamhöfer, J. "Effects of Draught Load Exercise and Training on Calcium Homeostasis in Horses". *The Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 89 (3-6). (2005): 134-139.
- White, A., Penna, M. and Martínez, R. "Cambios sanguíneos en equinos FSC en reposo inducidos por el entrenamiento". *Monografías Médicas Veterinarias* 14. (1992): 75-80.