

CAMBIOS EN LAS VARIABLES FISIOLÓGICAS EN EQUINOS COMPLETIENDO EN UNA PRUEBA COMBINADA

Changes in physiological variables in horses competing in a combined test

Perrone, G.M.^{1*}, Caviglia, J.F.², Pérez, A.³, Fidanza, M.⁴, Marquez, A.⁴, Catelli, J.L.², González, G.⁵
Áreas de ¹Producción Equina y ³Métodos de Investigación y Estadística y Biometría, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina, Buenos Aires, Argentina. Áreas de ²Salud y Producción Equina, ⁴Patología Clínica y ⁵Enfermedades Médicas y Nutrición Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

*Autor de referencia: Gustavo Perrone, Tel: 54-11-48572532, Email: gustavoperrone@fibertel.com.ar

RESUMEN

La frecuencia cardíaca (Fc), frecuencia respiratoria (Fr), temperatura rectal (Tr), glucosa (Gl), lactato plasmático (Lp), hematocrito (Hto), proteínas totales (Pt), albúmina (Al), urea (U), creatinina (Cr), aspartato aminotransferasa (AST), creatinquinasa (CK), lactato dehidrogenasa (LDH), gamaglutamiltransferasa (GGT), fosfatasa alcalina (FA), calcio (Ca) y fósforo (P) en un grupo de equinos, se estudiaron en reposo (R), a los 5 minutos (T5), 30 minutos (T30) y 60 minutos (T60) de finalizada una Prueba Combinada, consistente en una fase de 8 saltos variados en pista de arena, con una distancia de 240 metros, a una velocidad de 400 metros por minuto (m/m) y un recorrido de exterior, con 15 obstáculos, con una distancia de 3.100 metros, a una velocidad de 690 m/m. La competición se desarrolló en el mes de mayo con una temperatura ambiente de 14° C y una humedad del 88 %. Todos los parámetros se elevaron a T5, recuperándose a T30, excepto Fr y Lp, los que se mantuvieron elevados a T30 y T60 por la acidosis metabólica propia de este tipo de ejercicio. La Gl se mantuvo sin cambios a los distintos tiempos y el Ca descendió a T30. En las condiciones de esta Prueba Combinada, las variables medidas volvieron a valores fisiológicos en los tiempos considerados aceptables para caballos en buen estado de entrenamiento, sin embargo, estas variables presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) con los valores de reposo.

Palabras clave: Caballos, fisiología, ejercicio, Prueba Combinada.

ABSTRACT

Heart rate, respiratory rate, rectal temperature, glucose, plasma lactate, pack cell volume, total proteins, albumin, urea, creatinine, aspartate aminotransferase, creatine kinase, lactate dehydrogenase, gamma glutamyl transferase, alkaline fosfatase, calcium and phosphorus, in a group of horses, were studied at rest, at five, thirty

and sixty minutes from the end of a Combined Test, beginning with eight jumps in a sand ring, on a distance of 240 meters, at a speed of 400 meters per minute and a cross country course with fifteen jumps, on a distance of 3.100 meters, at a speed of 690 meters per minute. The event took place in May (Southern Hemisphere) with a temperature of 14° C and 88 % of humidity.

All variables were elevated at five minutes, recovering at thirty minutes, except from respiratory rate and plasma lactate, both of which remained elevated at thirty and sixty minutes, due to the metabolic acidosis, characteristic of this type of exercise.

Glucose showed no changes at any time and calcium descended at thirty minutes.

In the conditions of this Combined Test, all the variables measured in this experience, returned to physiological values at times considered acceptable for well trained horses, although there were significant differences ($p < 0.05$) with rest values.

Key words: Horses, physiology, exercise, Combined Test.

INTRODUCCIÓN

El análisis de las modificaciones de las variables fisiológicas post competición permite generar una base de datos de estas variables, en las condiciones en que se desarrollan los deportes hípicas en nuestro país.

Esta base de datos permite evaluar qué parámetro fisiológico es útil para conocer que sucede en el caballo después de finalizada la competición, clasificar, desde el punto de vista metabólico el deporte en estudio y desarrollar pruebas de ejercicio estandarizadas "a campo", adaptadas a cada deporte, que permitan evaluar el entrenamiento y/o intolerancia al ejercicio (Caviglia et al. 1998, 2000 a, 2000 b; Perrone et al. 1999 a, 1999 b, 2000).

El objetivo de este trabajo fue obtener y estudiar las variables fisiológicas post competición, después de una Prueba Combinada, compararlas con la bibliografía, establecer los parámetros de recuperación de estas variables a condiciones de reposo y sumar los resultados a los obtenidos previamente por los autores, en pruebas de Saltos Variados, carreras de Trote y partidos de Pato.

MATERIALES Y MÉTODOS

La frecuencia cardíaca (Fc), frecuencia respiratoria (Fr), temperatura rectal (Tr) y las extracciones de sangre se realizaron en reposo

(R), a los cinco minutos (T5), treinta minutos (T30) y sesenta minutos (T60) de finalizada una Prueba Combinada consistente en una fase de 8 saltos variados en pista de arena, con una distancia de 240 metros a una velocidad de 400 metros por minuto (m/m) y un recorrido de exterior con 15 obstáculos con una distancia de 3.100 metros a una velocidad de 690 m/m. La competición se desarrolló en el mes de mayo con una temperatura ambiente de 14° C y una humedad del 88 %.

Se tomaron muestras de 11 caballos deportivos, 10 machos castrados y una hembra, entre 4 y 20 años, clínicamente sanos, pre y post competición. Las muestras de sangre (20 cc) se recolectaron en jeringas por venopunción yugular y fueron colocadas en tubos conteniendo EDTA-disódico para hematología, EDTA-fluoruro de sodio para glucosa (Gl) y lactato plasmático (Lp) y sin anticoagulante para el resto de las determinaciones. Las muestras con EDTA-fluoruro de sodio se centrifugaron a 3.000 r.p.m. durante 10 minutos y se congeló el sobrenadante a - 20 °C. El resto fue procesado dentro de las 8 horas de su extracción.

Se utilizaron las siguientes técnicas: hematocrito (Hto) (Wintrobe) y proteínas totales (Pt) (refractometría. Refractómetro manual, marca Atago modelo SPR-N protein 0-12 g/dl, Japón). Para albúminas (Al) (método colorimétrico de punto final), urea (U) (método cinético UV), creatinina (Cr) (método cinético UV), asparta-

to amino transferasa (AST) (método cinético UV), creatin quinasa (CK) (método cinético UV), gama glutamil transferasa (GGT) (método cinético UV), fosfatasa alcalina (FAS) (método cinético UV), lactato dehidrogenasa (LDH) (método cinético UV), fósforo (P) (método colorimétrico de punto final) y calcio (Ca) (método colorimétrico de punto final) se utilizó un equipo Autoanalizador marca Metrolab modelo 2100, Metrolab, Argentina. Los reactivos utilizados fueron Wiener Lab, Rosario, Argentina.

Para determinar GI se utilizó el método Enzimático, Wiener Lab, Rosario, Argentina y para Lp el método (Lactate PAP) colorimétrico, punto final, Laboratorio BioMerieux, Francia, con un espectrofotómetro Metrolab 1000, Metrolab, Argentina.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante un análisis de la varianza con un diseño de medidas repetidas en el tiempo, seguido eventualmente por la prueba de Tukey a fin de detectar diferencias entre tiempos. La normalidad de los

residuos fue verificada mediante la prueba de Shapiro Wilks y la homocedasticidad mediante la prueba de Levene. En el caso de la variable Lp, dado que no fue posible lograr homocedasticidad entre tiempos, se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman. Se consideraron significativas aquellas pruebas con $p < 0.05$. Los análisis fueron efectuados utilizando el programa Infostat, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Córdoba, Argentina.

RESULTADOS

La Fc a T30 se encontraba en 54 latidos por minuto ($X + 2.2284$ E.E.) dentro de los valores clínicamente aceptados de recuperación. La Fr se mantuvo elevada a T30 y T60. La Tr a T30 se encontraba elevada respecto a R, pero dentro de límites clínicos de recuperación ($38,6$ °C, $X + 2.2284$ E.E.). La GI promedio no se modificó en ningún momento post ejercicio, pero las glucemias individuales mostraron dispersión de los datos (Cuadro 1). El Hto se elevó a T5, junto a la Pt y Al, recuperando estas últimas los valores de reposo a T30 (Cuadro 2). La U se mantuvo

Cuadro 1. Frecuencia Cardíaca, Frecuencia Respiratoria, Temperatura Rectal, Glucosa y Concentración de Lactato plasmático en los distintos tiempos

VARIABLE	UNIDAD	REPOSO	T5	T30	T60
Fc	Lat/min	31,27±1,18 ^a (n=11)	94,18±4,77 ^b (n=11)	47,27±3,17 ^c (n=11)	38±1,4 ^a (n=11)
Fr	Resp/min	16,18±1,44 ^a (n=11)	83,18±1,92 ^b (n=11)	35,64±4,46 ^c (n=11)	31,09±3,23 ^c (n=11)
Tr	° C	37,14±0,09 ^a (n=11)	38,78±0,13 ^b (n=11)	38,33±0,12 ^c (n=11)	37,79±0,13 ^d (n=11)
GI	mg/dl	93,37±2,1 ^a (n=11)	96,68±5,48 ^a (n=11)	97,02±3,72 ^a (n=11)	97,65±2,55 ^a (n=11)
Lp	mMol/l	1,21±0,13 ^a (n=11)	16,86±2,28 ^b (n=11)	12,66±2,55 ^c (n=11)	7,21±1,95 ^d (n=11)

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Los valores se expresan en media ± Error Estándar ($x \pm E.E.$).

Cuadro 2. Hematocrito, Proteínas Totales y Albúminas en los distintos tiempos

VARIABLE	UNIDAD	REPOSO	T5	T30	T60
Hto	%	33,55±1,52 ^a (n=11)	50,50±1,37 ^b (n=11)	38,20±1,62 ^c (n=10)	36,10±1,73 ^d (n=10)
Pt	g/dl	6,54±0,16 ^a (n=11)	8,31±0,40 ^b (n=10)	5,54±0,25 ^c (n=11)	6,16±0,19 ^a (n=11)
Al	g/dl	2,33±0,07 ^a (n=11)	2,66±0,09 ^b (n=10)	2,28±0,07 ^a (n=11)	2,41±0,10 ^a (n=10)

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Los valores se expresan en $\bar{x} \pm E.E.$

Cuadro 3. Urea y Creatinina en los distintos tiempos

VARIABLE	UNIDAD	REPOSO	T5	T30	T60
U	mg/dl	45,09±3,06 ^a (n=11)	42,80±3,14 ^a (n=10)	38,55±2,79 ^b (n=11)	44,45±2,18 ^a (n=11)
Cr	mg/dl	1,23±0,04 ^a (n=11)	1,41±0,07 ^{ab} (n=10)	1,34±0,08 ^{ab} (n=11)	1,46±0,07 ^b (n=11)

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Los valores se expresan en $\bar{x} \pm E.E.$

Cuadro 4. Enzimas en los distintos tiempos

VARIABLE	UNIDAD	REPOSO	T5	T30	T60
AST	U/L	273,64±14,91 ^{ac} (n=11)	323,70±14,86 ^b (n=10)	247,45±10,20 ^a (n=11)	291,45±16,40 ^b (n=11)
CK	U/L	300,09±21,17 ^a (n=11)	323,60±29,65 ^a (n=10)	254,36±23,06 ^a (n=11)	304,2±33,96 ^a (n=10)
LDH	U/L	760,82±56,55 ^a (n=11)	797,30±50,95 ^a (n=10)	590,00±34,95 ^b (n=11)	646,45±46,76 ^b (n=11)
GGT	U/L	12,05 ^a ±1,56 (n=11)	10,4 ^a ±1,11 (n=10)	10,82 ^a ±1,08 (n=11)	12,42 ^a ±1,53 (n=11)
FAS	U/L	384,91±23,76 ^a (n=11)	468,00±29,51 ^b (n=10)	349,18±22,85 ^c (n=11)	401,82±23,13 ^c (n=11)

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Los valores se expresan en $\bar{x} \pm E.E.$

Cuadro 5. Calcio y Fósforo en los distintos tiempos

VARIABLE	UNIDAD	REPOSO	T5	T30	T60
Ca	mg/dl	12,65±0,23 ^a (n=11)	12,45±0,35 ^a (n=10)	10,75±0,36 ^b (n=11)	12,31±0,43 ^a (n=11)
P	mg/dl	2,91±0,21 ^a (n=11)	3,68±0,20 ^b (n=10)	2,69±0,10 ^a (n=11)	2,00±0,19 ^c (n=11)

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Los valores se expresan en $x \pm E.E.$

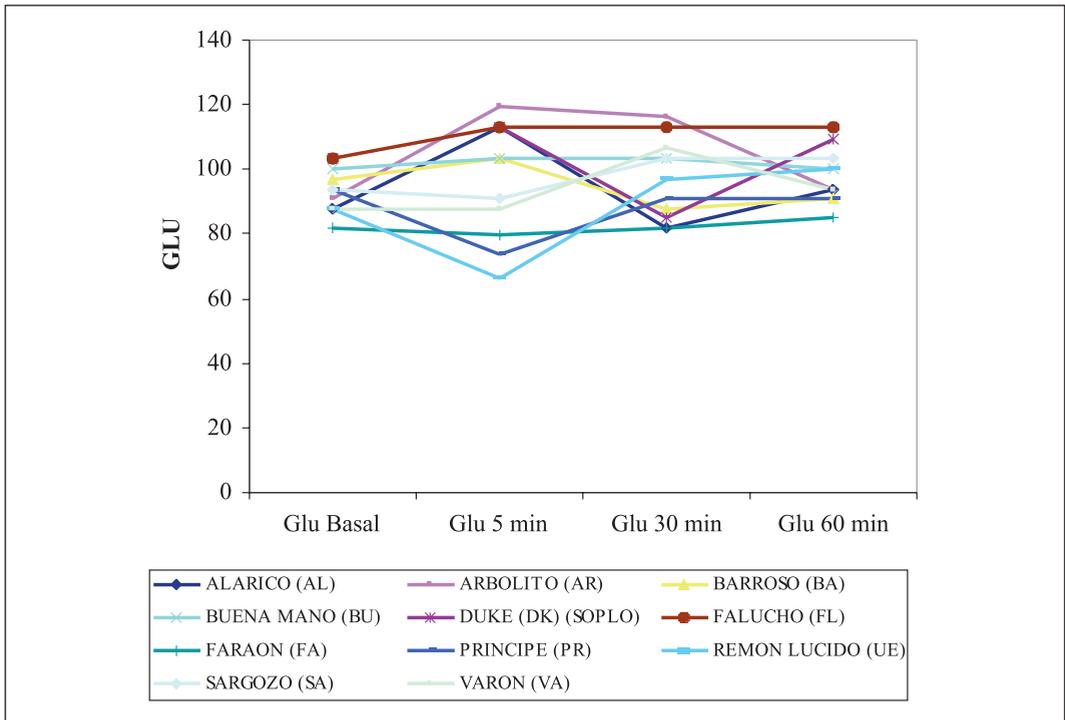


Figura 1. Glucemias individuales.

dentro de los límites considerados normales y la Cr se mantuvo elevada a T60 (Cuadro 3). AST, LDH y FAS presentaron modificaciones significativas, pero ninguna de relevancia clínica. Mientras que CK y GGT no presentaron diferencias significativas. (Cuadro 4). El Ca presentó un descenso a T30, mientras que el P sufrió un ascenso a T5 seguido por una curva

descendente hasta la finalización del muestreo (Cuadro 5).

DISCUSIÓN

Las variaciones en las variables fisiológicas relacionadas con el ejercicio han sido estudiadas en distintos deportes hípicos (Caviglia et

al. 1998, 2000 a, 2000 b; Perrone et al. 1999 a, 1999 b, 2000). En los caballos de Prueba Completa, previo a las Olimpiadas de 1996, en la ciudad de Atlanta, Georgia (EEUU), dado lo riguroso de esta actividad, sobre todo en climas cálidos y húmedos, se realizaron varias investigaciones sobre estas variaciones, dando lugar a cambios en las características de la competición para resguardar la salud y bienestar de los equinos (White, 1998)

Dentro de los cambios que se pueden realizar en este tipo de pruebas, se encuentra la realización de una Prueba Combinada que no contempla las fases A, B y C de un Evento de Tres Días. Este tipo de competición consiste en un recorrido de saltos variados en pista, seguido de un recorrido a través del campo con obstáculos de diferente dificultad. Las fases A y C, consistentes en troles, y la fase B, consistente en una carrera de obstáculos en un hipódromo, han sido eliminadas.

En las condiciones de este estudio, las variables fisiológicas en R, coincidieron con las referencias bibliográficas para otros deportes ecuestres en nuestro país, y con las internacionales (Caviglia et al. 1998, 2000 a, 2000 b; Hodgson y Rose, 1994; Perrone et al. 1999 a, 1999 b, 2000).

La Fc tomada a T5 de finalizado el ejercicio es considerada adecuada para evaluar la magnitud del trabajo realizado y su valor a T30 es utilizado como indicador de la recuperación del caballo en deportes de resistencia (Caviglia et al. 1998, Hodgson y Rose, 1994; Perrone et al., 1999 b).

En climas cálidos y húmedos, la elevación de la Fr sería la respuesta termorreguladora del sistema respiratorio (Caviglia et al. 1998). Dado que la temperatura ambiental durante la competición no fue elevada, el aumento registrado podría deberse a una acidosis metabólica compensada por una hiperventilación asociada. Los elevados valores de Lp podrían corroborar la hipótesis de la acidosis metabólica (Hinchcliff et al., 1995; Perrone et al., 2000).

Dado que durante la competición, la temperatura y la humedad no fueron elevadas, en ningún tiempo se sobrepasaron los límites de Tr considerados seguros para la salud del caballo (Hodgson y Rose, 1994; Perrone et al., 2000).

La variabilidad individual de la glucemia post ejercicio (Fig. 1) podría deberse a la alimentación previa a la prueba, ya que se desconoce si los caballos estaban en ayunas o habían recibido algún alimento cercano al comienzo de la misma (Caviglia et al., 2000 b; Perrone et al., 1999 a). En este caso, la insulina post prandial, podría haber producido este efecto (Lawrence et al., 1993).

El Lp superó el umbral anaeróbico dado que la velocidad de la competición, sumada al esfuerzo de los saltos en exterior, se encuentra por encima de la velocidad considera límite para el comienzo de la acumulación de lactato. Su descenso se ajusta a la curva de recuperación de lactato post ejercicio, pero como en otros deportes hípicos en nuestro país, no se realizan ejercicios livianos aeróbicos al finalizar la competición para acelerar la metabolización del lactato (Caviglia et al., 1998; Perrone, et al., 1999 b; White, 1998). Esto produce valores de Lp elevados aun a T60.

El Hto tiene una respuesta lineal con la velocidad del ejercicio realizado, pero además, se ve influenciado por los movimientos de fluidos entre los distintos compartimentos biológicos o por las pérdidas por sudor. Como se esperaba, el Hto a T5 se elevó, no sólo, por la intensidad del esfuerzo realizado, sino también, por los movimientos de fluidos desde el espacio intravascular al intersticial. El aumento de Pt y Al a T5 confirma estos movimientos y la recuperación de los valores basales de estas variables a T30 podría deberse a la capacidad del tracto gastrointestinal de actuar como reservorio de agua y electrolitos (Caviglia et al., 2000 a, 2000 b; Perrone et al., 1999 a; Rose et al., 1980; White, 1998).

En deportes hípicos intensos como el Trote, y en las referencias sobre la Prueba Comple-

ta, en competiciones de mayor intensidad, se registran elevaciones de la U, explicadas por la hemoconcentración y por una disminución temporaria de la depuración renal de esta sustancia (Caviglia et al., 2000 b). La Cr elevada es compatible con un desdoblamiento intenso de los depósitos de fosfocreatina por el ejercicio realizado (Caviglia et al., 2000 a; Perrone, et al., 1999 a; White, 1998). Analizando la U y la Cr, sumadas al Hto, Pt y Al, se considera que no existió un estado de deshidratación ni de disminución del flujo renal en las condiciones de la prueba. La U, como indicador del flujo renal, no mostró diferencias a los distintos tiempos y el Hto, Pt y Al no mostraron elevaciones que indicaran una pérdida de fluidos, más allá de los movimientos entre los compartimentos intravascular al intersticial. En condiciones ambientales más extremas de calor y humedad, es posible que estos caballos mostraran modificaciones similares a las reportadas en la bibliografía (Andrews et al., 1995; White, 1998).

Las elevaciones del enzimograma muscular serían consecuencia de un aumento de permeabilidad de la membrana celular muscular ya que ningún caballo manifestó síntomas clínicos relacionados con miopatías (Caviglia et al., 2000 b).

Dado que las pérdidas de electrolitos por sudor, en el caso de esta competición, no son de consideración, la disminución del Ca a T30, se podría deber a su ingreso al músculo, coincidiendo con las referencias (Geiser et al., 1995; Hinchcliff et al., 1995; White, 1998). El movimiento del P respondería al desdoblamiento de la fosfocreatina y a su posterior captación celular para la reposición de las reservas energéticas de fosfágenos (Caviglia et al., 2000 b).

En las condiciones de esta Prueba Combinada, las variables fisiológicas volvieron a valores de reposo en los tiempos considerados aceptables para caballos en buen estado de entrenamiento. Las condiciones ambientales por la época del año, evitaron el cuadro de deshidratación que se produce en este deporte en época de

verano y/o en un Concurso Completo de Equitación de mayor rigurosidad. Es interesante la diferente respuesta individual de los valores de Gl, posiblemente debida al manejo de la dieta pre competición, tema que aún genera discusión entre los investigadores. Los valores elevados de Lp, aunque no se acompañaban de síntomas clínicos de fatiga, muestran la necesidad de ejercitar los caballos post esfuerzo para evitar su acumulación en el músculo. Esta acumulación repetida podría generar fatiga muscular en sucesivas competiciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrews, F.M.; Geiser, D.R.; White, S.L.; Williamson, L.H.; Maykuth, P.L.; Green, E.M.. 1995. Haematological and biochemical Changes in horses competing in a 3 Star Horse Trial and 3-day event. *Equine Vet. J. Suppl*, **20**:57-63.
- Caviglia, J.; Perrone, G.; Barbero, E.; Bel, C.; Chiappe, A.; González, G. 1998. Modificaciones en los parámetros fisiológicos post ejercicio en el equino de salto. I: Frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura rectal y lactato. *Rev. Med. Vet.*, Vol 79, **6**: 400-403.
- Caviglia, J.; Perrone, G.; Chiappe, A.; Taffarel, C.; González, G.. 2000 a. Evaluación de parámetros hematológicos y bioquímicos post ejercicio en caballos de Pato. *Rev. Med. Vet.*, Vol 81, **1**:75-78.
- Caviglia, J.; Perrone, G.; Chiappe, A.; Giménez, R.; Tassara, M.; Alvarez, E.; González, G.. 2000 b. Hematología y Bioquímica sanguínea post carrera en el caballo American Trotter. I Congreso de Medicina Equina de la Asociación Argentina de Veterinaria Equina. Buenos Aires.
- Geiser, D.R.; Andrews, F.M.; Rohrbach, B.W.; White, S.L.; Maykuth, P.L.; Green, E.M.; Provenza, M.K.. 1995. Blood Ionized Calcium Concentrations in Horses Before and After the Cross-Country Phase of Three-

- Day Event Competition. *Am. J. Vet. Res.*, 56 11:1502-1505.
- Hinchcliff, K.W.; Kohn, C.W.; Geor, R.; Mc Cutcheon, L.J.; Foreman, J.; Andrews, F. M.; Allen, A.K.; White, S.L; Williamson, L.H.; Maykuth, P.L.. 1995. Acid:base and serum biochemistry Changes in horses competing at a modified 1 Star 3-Day Event. *Equine Vet. J. Suppl*, 20:105-110.
- Hodgson, D.R.; Rose, R.J.. 1994. *The Athletic Horse, Principles and Practice of Equine Sports Medicine*, 1st Ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia, 17, 66-67, 88, 412 y 427 pp. 497 pp.
- Lawrence, L.; Soderholm, L.V.; Roberts, A.; Williams, J.; Hintz, H.. 1993. Feeding status affects glucose metabolism in exercise horses. *J. of Nutrition*, 123, 12: 2152-2157.
- Perrone, G.; Caviglia, J.; Barbero, E.; Bel, C.; Chiappe, A.; González, G.. 1999 a. Modificaciones de los parámetros fisiológicos post ejercicio en el equino de salto. II: Hematología y bioquímica sanguínea. *Rev. Med. Vet.*, Vol. 80, 3: 243-247.
- Perrone, G.; Caviglia, J.; Chiappe, A.; Taffarel, C.; González, G.. 1999 b. Modificaciones de los parámetros fisiológicos post ejercicio en el equino de Pato: Frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, temperatura rectal y lactato. *Rev. Med. Vet.*, Vol 80, 5: 424-426.
- Perrone, G.; Caviglia, J.; Giménez, R.; Tassara, M.; Chiappe, A.; Alvarez, E.; González, G.. 2000. Modificación de la Frecuencia Cardíaca, Frecuencia Respiratoria, Temperatura Rectal y Lactato Post Carrera en el Caballo American Trotter. *Rev. Med. Vet.*, Vol 81, 4:277-279.
- Rose, R.J.; Backhouse, J.W.; Ilkiw, J.E.. 1980. Electrocardiography and Hematology of horses competing in a Three-Day Event. *Aust.Vet. J.*, 56, 7: 318-320.
- White, S.L.. 1998. Fluid, Electrolyte, and Acid-Base Balances in Three-Day, Combined-Training Horse. En *The Veterinary Clinics of North America, Equine Practice, Fluids and Electrolytes in Athletic Horses*, Vol 14, 1: 137-145. Ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia. 225 pp.