

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**DETERMINACIÓN DE LAS VARIACIONES ELECTROLÍTICAS SERICAS PRE,
DURANTE Y POST COMPETENCIA EN EL EQUINO DE RESISTENCIA (RAID)**

por

MARICHAL CAMEJO, Gonzalo Jesús

HERNÁNDEZ MEDEROS, Jorge Horacio

**TESIS DE GRADO presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de Doctor
en Ciencias Veterinarias
Orientación: Medicina Veterinaria**

MODALIDAD: ENSAYO EXPERIMENTAL

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2013**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de mesa:

Dr. Rubén Acosta

Segundo miembro (tutor):

Dr. Carlos E. Soto

Tercer miembro:

Dr. Alejandro Benech

Cuarto miembro (co-tutor):

Dr. Jorge Carluccio

Fecha: 22 de febrero de 2013

Autores:

Br. Gonzalo Marichal Camejo

Br. Horacio Hernández Mederos

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por el apoyo incondicional no solo durante la carrera sino a lo largo de nuestras vidas.

A nuestro tutor Dr. Carlos E. Soto por el apoyo brindado.

A nuestro co-tutor Dr. Jorge Carlucci por sus aportes.

Al Dr. Rubén Acosta por su gran aporte y colaboración en varios pasos de la tesis.

Al Dr. Jorge Inocente por ser el ideólogo de este trabajo.

A Dr. Fernando Vila quien nos ayudó en el análisis estadístico.

A Silvia Gallo por ayudarnos en la traducción.

Al personal de biblioteca y de la secretaria estudiantil.

A los docentes y estudiantes que formaron parte del Proyecto de Investigación “Determinación de la variación de electrolitos séricos en caballos de Raid”.

A los propietarios, clubes, jinetes y médicos veterinarios que participaron en la temporada de raid 2012 y que colaboraron en este trabajo.

A los compañeros y amigos de facultad y de la vida.

Por último y no menos importante a la Facultad de Veterinaria y a todos los docentes que la integran, por formarnos no solo en lo profesional sino también en lo humano.

TABLA DE CONTENIDO	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	8
SUMMARY.....	9
1.INTRODUCCIÓN.....	10
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1.Fisiología del ejercicio.....	12
2.2.Termorregulación.....	12
2.3.Perdida de electrolitos y deshidratación.....	13
2.4. Sodio.....	15
2.5. Potasio.....	15
2.6. Cloro.....	15
2.7. Calcio y Magnesio.....	16
2.8. Alcalosis metabólica.....	16
3.HIPÓTESIS.....	18
4. OBJETIVOS.....	19
4.1. Objetivo general.....	19
4.2. Objetivos particulares.....	19
5.MATERIALES Y METODOS.....	20
5.1. Animales.....	20
5.2. Obtención de muestras.....	20
5.3. Procesamiento de muestras.....	21
5.4. Análisis estadístico.....	21
6.RESULTADOS.....	22
6.1. Hematocritos.....	22
6.2. Proteínas Plasmáticas Totales.....	22
6.3. Electrolitos basales.....	23
6.4. Electrolitos en competencia.....	24
6.4.1. Pre y durante competencia (muestras 1 y 2).....	24
6.4.2. Pre y post competencia (muestras 1 y 3).....	25

7.DISCUSIÓN.....	31
8.CONCLUSIONES.....	34
9.BIBLIOGRAFÍA.....	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición de electrolitos (mEq) más importantes en plasma y sudor equino. (Carlson y col. 1976).....	13
Tabla 2. Valores promedios de hematocritos (%) y proteínas plasmáticas totales (g/dl) de los equinos inmediatamente finalizada la competencia, en relación al Índice de Estrés Ambiental (IEA).....	23
Tabla 3. Composición de electrolitos (mEq/l) en plasma de caballos en Uruguay.....	23
Tabla 4. Test de t comparando valores de iones de los equinos pre y durante la competencia.....	25
Tabla 5. Test de t comparando valores de iones de los equinos precompetencia y post competencia con tratamiento.....	27
Tabla 6. Pérdidas porcentuales de electrolitos séricos post competencia.....	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variación del hematocrito (%) pre, durante y post competencia en equinos de Raid.....	22
Figura 2. Variación de proteínas plasmáticas totales (g/dl) pre, durante y post competencia en equinos de Raid.....	22
Figura 3. Valores de K ⁺ (mEq/l) pre y durante la competencia.....	24
Figura 4. Valores de Na ⁺ (mEq/l) pre y durante la competencia.....	24
Figura 5. Valores de Cl ⁻ (mEq/l) pre y durante la competencia.....	25
Figura 6. Valores de iCa ⁺⁺ (mEq/l) pre y durante la competencia.....	25
Figura 7. Valores de K ⁺ (mEq/l) pre y post competencia.....	26
Figura 8. Valores de Na ⁺ (mEq/l) pre y post competencia.....	26
Figura 9. Valores de Cl ⁻ (mEq/l) pre y post competencia.....	27
Figura 10. Valores de iCa ⁺⁺ (mEq/l) pre y post competencia.....	27
Figura 11. Correlación entre Índice de Estrés Ambiental y K ⁺ durante la competencia.....	28
Figura 12. Correlación entre Índice de Estrés Ambiental y Na ⁺ durante la competencia.....	29
Figura 13. Correlación entre Índice de Estrés Ambiental y Cl ⁻ durante la competencia.....	29
Figura 14. Correlación entre Índice de Estrés Ambiental y iCa ⁺⁺ durante la competencia....	30

RESUMEN

Las competencias de Raid hípico, llevan más de 75 años realizándose en nuestro país. La exigencia de este tipo de competencias, determina que entre un 20 y un 70 % de los participantes no culmina la carrera por diversos motivos, entre ellos las patologías locomotoras y los trastornos metabólicos son los más frecuentes. El sudor del equino es hipertónico, perdiendo principalmente Sodio, Potasio y Cloro, arrastrando consigo agua. Finalizada la prueba, todos los caballos que hayan competido deben obligatoriamente presentarse en el área denominada Hospital, donde son asistidos hasta que normalicen sus parámetros cardio respiratorios, digestivos y de medio interno. Debido a que estos tratamientos se realizan a “efecto”, ya que no se conocen cuales son las pérdidas iónicas reales, es que se realiza este trabajo. Los objetivos del trabajo fueron: Determinar los valores séricos basales de Sodio (Na^+), Potasio (K^+), Cloro (Cl^-) y Calcio iónico (Ca^{++}) en un número significativo de caballos machos y hembras, a campo y sin suplementación, de diferentes edades y razas utilizadas en las competencias de Resistencia (RAID) en Uruguay. Así como también determinar las variaciones iónicas séricas de los caballos de Resistencia (RAID) en Uruguay pre, durante y post competencia en las diferentes estaciones climáticas anuales y bajo diferentes niveles de temperatura y humedad en busca de hallar una correlación entre las pérdidas electrolíticas y el Índice de Estrés Ambiental (IEA). Evaluar las variaciones de hematocrito y proteínas totales y relacionarlas con el IEA. Para esto se conocieron los valores séricos basales de equinos a campo, utilizados en pruebas de resistencia en los cuales se determino Sodio, Potasio, Cloro y Calcio iónico plasmático. Luego se concurre a 11 competencias de raid, con distancias ubicadas entre 80 y 104 kilómetros, en las que se obtuvieron muestras de sangre de 10 ml mediante venopunción yugular con jeringas descartables y agujas de calibre 21 G, de todos los equinos pre, durante y post competencia. La muestra se colocó en un tubo con acelerador de la coagulación y gel separador seco y se centrifugó a 3600 rpm, luego se refrigeró para su posterior determinación electrolítica en el laboratorio. Se obtuvieron muestras sanguíneas de 201 caballos. Se observó que el hematocrito y las proteínas plasmáticas totales aumentan con el ejercicio pero que esta elevación no está ligada al IEA. Los valores iónicos de los equinos a campo fueron similares a los descriptos en la bibliografía. Encontramos que los niveles plasmáticos de K^+ , Cl^- y Ca^{++} luego de finalizada la prueba y antes del tratamiento se encuentran por debajo de los valores pre competencia a excepción del Na^+ el cual se comportó inversamente a éstos, hallándose más elevado. Luego del hospital veterinario post competencia, todos los electrolitos se hallaron por debajo de los niveles pre competencia, entre ellos el K^+ y el Cl^- fueron los que presentaron mayor pérdida porcentual. En cuanto a la pérdida electrolítica y la correlación iónica con IEA, se vio que el Na^+ no presento correlación mientras que el resto de los iones si presentaron correlaciones negativas de las cuales la del K^+ fue baja, la del Ca^{++} fue media y la del Cl^- alta, siendo este último ion el más afectado por el clima.

SUMMARY

Raid equestrian competitions are over 75 years in our country. Requirement for this type of competition determined that between 20 and 70% of participants do not end the race for various reasons the most frequent among them are locomotive pathologies and metabolic disorders. Equine sweat is hypertonic; they lose Na, K and Cl and as a consequence water while exercising or racing. Once the race finishes all horses must be assisted at the area known as Hospital till the cardiorespiratory, digestive and internal medium parameters normalize. We conducted this study because available treatments are aid recovery effect since real ionic losses are unknown. The objectives of this study were to determine basal serum sodium; potassium; chloride and calcium ions in a significant number of male and female horses of different ages and breeds in field conditions; without supplementation used in endurance events (RAID) in Uruguay. As well as determining serum ionic variations of endurance horses (RAID) in Uruguay before, during and post competition in different climatic seasons and under different levels of temperature and humidity in the search of a correlation between electrolyte losses and environmental stress index (ESI). For that reason we determined basal serum values of horses in field used in endurance races in which Sodium; Potassium; Chloride and Plasma Calcium ions. We attended to 11 Raid races with distances located between 80 and 104 km, where we collected 10 ml blood samples from all horses by jugular venipuncture with disposal syringes and gauge needles 21G of pre, during and post competition. The sample was placed in a tube with coagulation accelerator and dry gel separator and centrifuged at 3600 rpm, then cooled for subsequent electrolyte laboratory determination. We obtained samples of blood of 201 horses. It was observed that the hematocrit and total plasma proteins increase with exercise but that this increase is not linked to the ESI. Ionic values in horses in field conditions were similar to those described in the literature. We found that plasma levels of K⁺, Cl⁻ and iCa⁺⁺ after the race finishes were below those values before the race except for Na⁺ which behaved inversely and was higher. After the veterinary hospital all electrolytes were below the pre competition levels among them K⁺ and Cl⁻ were those with greatest percentage loss. Regarding the ionic correlation with the ESI it was found that the Na⁺ did not show any correlation while the remaining ions showed negative correlations from which K⁺ was low; the iCa⁺⁺ was medium and Cl⁻ high, this last ion was the most affected by the climate.

1. INTRODUCCIÓN

El raid hípico uruguayo tuvo sus dos primeras experiencias en 1913 (Sarandí Grande-Florida-Sarandí Grande) y 1915 (Sarandí Grande-Florida-Sarandí Grande) que fueron objeto de fuertes críticas, luego de éstas, las marchas a caballo quedaron paralizadas.

Veinte años después surge entonces la ocurrencia de hacer otro raid, el cual se fija para el 12 de octubre de 1934, el recorrido de la carrera fue Sarandí Grande-Durazno-Sarandí Grande, en la misma compitieron 14 jinetes. Desde entonces esta prueba hípica de largo aliento, única en el mundo, no ha sufrido interrupción.

A nivel nacional, el Raid es una disciplina hípica que ostenta un gran crecimiento en los últimos años. El formato de la competencia está regido por la Federación Ecuestre Uruguaya, constituida por 46 instituciones. La misma contempla dos tipos de pruebas: El Raid corto que recorre una distancia de 60 kilómetros y el raid largo, que admite distancias de 80, 90, 95, 100, 104 y 115 kilómetros. A diferencia del endurance, en el raid uruguayo se debe cubrir los 2/3 del recorrido total en una sola etapa (de marcha libre), con una parada obligatoria que requiere examen veterinario que determinará si el animal está apto para continuar la competencia. Las pautas de eliminación de un animal son alteraciones metabólicas y/o locomotoras. Esta evaluación se realiza a los 20 minutos de ingresar el equino al llamado predio de neutralización, si el equino es autorizado a continuar la competencia, se debe cumplir una detención obligatoria de 40 minutos más.

La exigencia de este tipo de competencias, determina que entre un 20 y un 70 % de los participantes no culmine la carrera por diversos motivos, entre ellos las patologías locomotoras y los trastornos metabólicos son los más frecuentes (Rose 1986).

Para evaluar las condiciones climáticas de cada competencia y poder relacionar la temperatura y humedad relativa ambiente se utilizó el Índice de Estrés Ambiental (IEA), antes conocido como índice de confort (IC) (Acosta 1995). Este es un indicador que proporciona información sobre las condiciones climáticas.

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Estrés Ambiental} = \text{°C} + \frac{\% \text{ humedad}}{1.8}$$

Para el trabajo se agrupó los equinos de acuerdo a las condiciones climáticas, se formaron 3 niveles de Índices de Estrés Ambiental y se seleccionaron los equinos de acuerdo a cada uno de éstos

Se subdividieron en 3 categorías:

- 1) menor de 54,44 (días fríos).
- 2) de 54,44 a 65,55 (días templados).
- 3) mayor de 65,55 (días calurosos).

Si tenemos limitantes ambientales como una temperatura y humedad elevada, el individuo está perdiendo fluidos y electrolitos en forma masiva, esto puede llevar a que se instalen las patologías metabólicas. A medida que el Índice de Estrés ambiental aumenta, se hace menos favorable el ejercicio y se ven afectados los mecanismos de termorregulación llevando a un mayor riesgo metabólico (Acosta 2012, comunicación personal).

Finalizada la prueba, los caballos que hayan completado el recorrido y los que no lo hayan hecho, deben obligatoriamente presentarse en el área denominada Hospital, donde todos los caballos son asistidos hasta que normalicen sus parámetros cardio respiratorios, digestivos y de hidratación. Se obtienen muestras de sangre seriadas para micro hematocrito y proteínas totales que son los únicos exámenes paraclínicos que se realizan en la actualidad.

La recuperación de cada caballo al finalizar la competencia, depende de suministrar una hidratación adecuada a las pérdidas de electrolitos en el sudor, restablecer la volemia y con ella el balance hemodinámico. Así como de la capacidad que se disponga para enfriar rápidamente la piel del animal, y de esta manera disipar el calor acumulado durante la prueba.

Existe poca bibliografía internacional en cuanto al mecanismo fisiopatológico que desencadena el desequilibrio hidroelectrolítico. Por esta razón, no se cuenta a nivel del mercado uruguayo, ni a nivel internacional, con soluciones electrolíticas preparadas específicamente para este fin, recurriéndose a los sueros de uso humano o para otras patologías veterinarias (generalmente diarreas). Esto hace que los tratamientos de recuperación sean a efecto, basados en los datos clínicos y en la experiencia de los profesionales actuantes.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Fisiología del ejercicio

Todos los ejercicios involucran la conversión de energía química almacenada a energía mecánica por medio de la locomoción. Es necesario definir dos categorías de producción de energía. Las fuentes de combustible (glucosa, ácidos grasos) se puede metabolizar por medio de la fosforilación oxidativa (aeróbica) o por glucólisis (anaeróbica) para obtener energía por medio de intermediarios del adenosintrifosfato (ATP). Tradicionalmente, se ha considerado al ejercicio aeróbico como una actividad de intensidad submáxima, en la que todas las demandas energéticas pueden ser obtenidas por el metabolismo en presencia de oxígeno. Sin embargo, los dos sistemas no son mutuamente excluyentes. En todos los músculos, cualquiera sea la intensidad de ejercicio, se produce cierta cantidad de lactato (Rose 1986).

Los trastornos metabólicos en este tipo de competencia tienen que ver con el balance energético y la termorregulación corporal. El ejercicio prolongado a un ritmo submáximo, requiere de un gasto de energía 10 a 20 veces superior a la tasa metabólica basal (Carlson 1992a), de la cual solamente un 20 a 25 % se convierte en energía mecánica, mientras que el 75 % restante es energía calórica. En condiciones normales, este elevado porcentaje de calor endógeno es disipado rápidamente para mantener el balance térmico, mientras que una pequeña cantidad del mismo (alrededor del 5 % de la carga calórica generada sobre 4 horas de carrera) es almacenada en los tejidos corporales resultando en un incremento de entre 2 y 3 °C en la temperatura rectal (Mc Conaghy 1994).

2.2. Termorregulación

La disipación del calor endógeno se puede ver dificultada por las condiciones ambientales de temperatura y humedad desfavorables (Lindinger 2008). En este sentido está demostrado que la tasa de acúmulo de calor es proporcional a las condiciones ambientales, la intensidad del ejercicio y la hidratación del animal (Scott y col. 1996, Geor y col. 2000).

El aumento de la temperatura corporal desencadena una serie de respuestas termorregulatorias por parte del organismo, mediadas por el hipotálamo que incluyen vasodilatación cutánea y aumento de la producción de sudor (Gleeson 1998). En el caballo las pérdidas respiratorias contribuyen notoriamente a la pérdida de calor (Kingston y col., 1997), se estima que en ejercicio de baja intensidad estas pérdidas por la vía respiratoria son entre el 10 y el 30% aproximadamente (Hodgson y col. 1993). La sudoración representa el primer mecanismo de disipación del mismo (Kingston y col. 1997). Por este motivo, el ejercicio por largos períodos produce la pérdida de agua y electrolitos que puede llevar a la deshidratación, que no solo reduce el rendimiento sino que puede terminar en un shock térmico (Maughan y Lindinger 1995). Altas tasas de sudoración se traducen en pérdidas de 12 a 15 L de agua corporal por hora en un ambiente caliente (Flaminio y Rush 1998). Si definimos a la deshidratación clínica como la pérdida de 5% del agua corporal

(Gleeson1998), lo que significa 13,5 L en un caballo de 450 Kg, es lógico que ejercicios de más de 1 h de duración requieran de estrategias que prevengan la deshidratación.

La fatiga producida en el ejercicio de resistencia está asociada no solo a la depleción del sustrato energético (glucógeno muscular), sino también al desbalance hidroelectrolítico y a los efectos fisiopatológicos que éste produce. La pérdida sustancial de fluido y electrólitos asociada con una tasa elevada de sudoración produce efectos adversos significativos en los mecanismos de termorregulación y en el sistema cardiovascular (Carlson 1992a, Acosta 1995).

2.3. Pérdida de electrolitos y deshidratación

Los electrolitos corporales actúan desde el punto de vista fisiológico regulando el potencial de membranas biológicas, y participando en una serie de reacciones que son necesarias para la vida (Carlson 1992b). Son varios los iones involucrados en las pérdidas, sodio (Na), cloro (Cl), potasio (K), calcio (iCa), fosforo (P), magnesio (Mg) y otros compuestos (lactato, bicarbonato y proteínas), alterándose los más diversos sistemas del organismo como ser: cardiovascular, digestivo, renal y músculo esquelético.

Los requerimientos de reincorporación de estos electrolitos durante el ejercicio dependerán de las pérdidas individuales de cada ión en el sudor. Sin embargo no se conoce con certeza cuáles son estas pérdidas, debido a que la concentración de los iones en el sudor no es constante (Topliff 2006).

El sudor en los equinos es hipertónico con respecto al plasma (Rose 1983, Flaminio y Rush 1998), aunque todos coinciden en que sus mayores componentes iónicos son Na, Cl y K. Las condiciones ambientales y la intensidad del ejercicio pueden afectar la composición del sudor aumentando la concentración de Na en el mismo (McCutcheom y Geor 1998).

Tabla 1. Composición de electrolitos (mEq) más importantes en plasma y sudor equino.(Carlson y col. 1976).

Electrolitos	Na+	K+	Cl-	Ca ++	Mg++
Plasma	140	4	100	6	1.8
Sudor	131	53	174	6.2	4.6

Siguiendo la hipótesis de estos investigadores, recordemos que el agua cruza fácilmente la gran mayoría de las membranas celulares y que sus movimientos se hacen en respuesta a las variaciones en la osmolaridad de cada uno de los compartimientos. El agua se desplaza desde el compartimiento de menor al de mayor osmolaridad. Los diferentes compartimientos se encuentran en equilibrio osmótico y el cambio de la osmolaridad en uno de los compartimientos generará cambios en la distribución de volumen entre los mismos (Johnson

1995). Por este motivo, en la deshidratación hipertónica el compromiso es global, extra e intracelular, mientras que en la hipotónica el afectado es el líquido extracelular (Schott y col. 1993).

Debido a la hipertonidad del sudor equino, de forma paralela a la pérdida de agua se produce una importante eliminación de electrolitos (los reales causantes de la pérdida de agua), pudiendo llegar a instalar una deshidratación hipotónica en los casos de pérdidas sudorales graves (Corley y Marr 1998).

Las modificaciones electrolíticas condicionan mecanismos como la sed, contractilidad muscular y la transmisión nerviosa (Geor 2000, Radostits y col. 2002a, Radostits y col. 2002b). Datos recientes demostraron que el óptimo equilibrio hidroelectrolítico demora el inicio de la fatiga (Harris y Mayhew 1998, Ochs H 2011).

La patogenia de la deshidratación hipotónica es la siguiente:

- Disminución de la presión osmótica extracelular
- Pasaje de agua del espacio extra al intracelular.
- Disminución del agua extracelular con hiperhidratación celular
- Osmoreceptores distendidos, no hay sed ni secreción de Hormona Anti Diurética (ADH) por hipoosmolalidad, aunque la disminución del volumen circulante eficaz (VCE) estimula su liberación (Schott y col. 1993).

Las concentraciones plasmáticas de los distintos electrolitos no reflejan directamente sus pérdidas extracelulares. Ello es debido a la participación de factores que modifican sus concentraciones. Así, la hipotonía extracelular que determina un pasaje de agua hacia la célula y las pérdidas de agua por vía renal y pulmonar dan lugar a niveles plasmáticos de electrolitos más elevados de los que correspondería por su simple pérdida.

El ingreso de agua por el contrario, diluye aún más sus bajas concentraciones. En depleción aguda y severa la pérdida de sodio puede llegar a un 20-25% del sodio intercambiable. Sin embargo la caída del sodio plasmático no es, proporcional a la pérdida.

Osmolaridad del plasma: Se encuentra disminuida en grado variable. De los integrantes plasmáticos que contribuyen a determinar su presión osmótica el sodio es el más afectado, y es el responsable principal de la hiposmolaridad (Lieberman 1975).

2.4. Sodio

Con respecto al Na, si bien su concentración en el sudor es menor que la plasmática, a medida que el animal ingiere agua se produce un efecto de dilución sobre los electrolitos plasmáticos (Carlson 1983). Las reposiciones hídricas que no contemplan las pérdidas iónicas, exacerban y agravan la deshidratación hipotónica (Schott y col. 1993).

En equinos que practican ejercicios de larga duración la alteración que se presenta vinculada al metabolismo del Na es la hiponatremia (Corley y Marr1998). Ésta se define como la disminución de la concentración plasmática de Na por debajo de 135 mEq/l de plasma asociada generalmente a hipoosmolalidad e hipotonicidad. Cuando es severa y aguda se asocia a alta mortalidad (Johnson 1995). Puede deberse a una pérdida de Na mayor que la de agua o a una ganancia neta de agua. Si durante la dinámica del esfuerzo físico, se estimula la ADH para enfrentar la pérdida de volumen se producirá una reabsorción de agua libre de solutos que contribuirá a la instalación de la hiponatremia. En las competencias de largo aliento la hiponatremia cursa con hipovolemia o sea una disminución del Na Corporal Total (NaCT) y también del Agua Corporal Total (ACT), solo que el déficit de Na excede en términos relativos al del agua, dando lugar a una hiponatremia con depleción de volumen (Johnson 1995, Schott y col. 1996).

La deshidratación asociada a la depleción de sodio resulta en una disminución del volumen plasmático evidenciado por un aumento del hematocrito y de la concentración de proteínas totales.

2.5. Potasio

Además de la depleción de Na, en este tipo de prueba se instala en los equinos una hipokaliemia (K por debajo de 3,5 mEq/l de plasma), recordemos que la kaliemia normal oscila entre 4 – 4,5 mEq/l. Además de las pérdidas directas por el sudor, se producen otras circunstancias que agravan la hipokaliemia, como ser, los mecanismos que se desencadenan para ahorrar Na, intercambiándolo por K y agua, diluyendo a nivel renal, o el balance interno del potasio (distribución intra y extracelular) frente a las alteraciones del equilibrio acido-base que se presentan, específicamente la alcalosis metabólica, disminuyendo la kaliemia (Johnson 1995). Un incremento de 0,1 en el valor pH representa una disminución de 0,5mEq/l K extracelular con H intracelular para compensar la alcalosis (Rowell 1983).

2.6. Cloro

Las pérdidas de Cl en el sudor del equino son importantes y numéricamente similares a la suma del Na y K. La hipocloremia que se instala como consecuencia es el factor más relevante de la alcalosis metabólica que se presenta en caballos de resistencia. En su reabsorción tubular este ión es co-transportado junto al bicarbonato. Además, contribuye con la disminución de la osmolaridad (Carlson 1983). A nivel intestinal el Cl se absorbe fundamentalmente por el co-transporte $1\text{Na } 1\text{K } 2\text{Cl}$, y por intercambio colónico con

bicarbonato. Por lo tanto se deben administrar soluciones poliiónicas para una óptima absorción de Cl, teniendo en cuenta que su absorción es más limitada que la del Na (Carlson 1983, Carlson 1987, Schott y col. 1996).

2.7. Calcio y Magnesio

Por su parte, las pérdidas de Ca y Mg en el sudor llevan a producir una hipocalcemia e hipomagnesemia que se asociarán a las anteriormente descritas de Cl y K y serán la causa de alteraciones de potencial de membrana y la transmisión neuromuscular (Corley y Marr 1998). Tanto el Ca como el Mg se pueden obtener mediante resorción ósea, sin embargo un estudio ha mostrado una respuesta desigual de la hormona paratiroidea durante carreras de raid en caballos sanos, sugiriendo que esta vía puede no estar disponible en todos los animales que compiten (Boggia 1985, Aguilera-Tejero y col. 2001).

Del análisis realizado, se desprende que la depleción de electrolitos en el sudor (principalmente Na), se combina con deshidratación y lleva a la hipovolemia y al incremento en la viscosidad sanguínea lo que reduce la perfusión tisular con la consecuente reducción del transporte de oxígeno y sustratos a los tejidos. Estos cambios hidroelectrolíticos ponen en riesgo la vida del animal, pero en un primer momento, produce una reducción de rendimiento. Además, la hipovolemia disminuye el flujo sanguíneo renal, cayendo la tasa de filtración glomerular. Si el cuadro hipovolémico continúa se producirá una falla renal aguda. La hiponatremia también puede ocasionar calambres musculares intermitentes, posiblemente debido a la inhibición de la $\text{Na}^+\text{Ca}^{++}\text{-ATPasa}$ (McConaghy 1994). Por otro lado, la deshidratación ocasiona un significativo deterioro en la eficiencia del enfriamiento por evaporación debido a la reducción del flujo sanguíneo cutáneo.

2.8. Alcalosis metabólica

La alcalosis metabólica asociada con la depleción de los electrolitos mencionados en el sudor, puede alterar los potenciales de membrana y la transmisión neuromuscular y contribuye aléstasis gastrointestinal, arritmias cardíacas, calambres musculares, y aleteo diafragmático sincrónico (Harris y Mayhew 1998).

El aleteo diafragmático sincrónico (FSD) en equinos es un signo clínico que está relacionado con el nivel de exigencia física y es frecuentemente observado en equinos durante las carreras de resistencia (Mansmann y col. 1974). Las alteraciones que más comúnmente se encuentran en el laboratorio asociadas a esta condición clínica son la alcalosis metabólica y respiratoria, la hipocloremia, hipocalcemia e hipopotasemia (Mansmann y col. 1974), lo que confirma lo mencionado anteriormente.

La determinación de las variaciones electrolíticas en sangre durante este tipo de competencia sería de gran ayuda en el tratamiento de recuperación de los equinos para aumentar el nivel competitivo, preservando al máximo su salud.

3. HIPÓTESIS

- 1) A medida que aumenta la temperatura y la humedad relativa ambiental (Índice de Estrés Ambiental), las pérdidas plasmáticas de los iones Sodio, Potasio, Cloro y Calcio iónico durante el ejercicio son mayores así como también se verifican valores mayores de Hematocritos y Proteínas Plasmáticas Totales.

- 2) Los valores séricos de Sodio, Potasio, Cloro y Calcio iónico, de las muestras pre competencia y post competencia con tratamiento (1 y 3), no presentan diferencias significativas.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General:

1.- Determinar los valores séricos basales de Sodio, Potasio, Cloro y Calcio iónico en un número significativo de caballos machos y hembras, a campo y sin suplementación, de diferentes edades y razas utilizadas en las competencias de Resistencia (RAID) en Uruguay. Así como también determinar las variaciones iónicas séricas de los caballos de Resistencia (RAID) en Uruguay pre, durante y post competencia.

4.2. Objetivos Específicos:

1.-Determinar las variaciones iónicas séricas de Sodio, Potasio, Cloro y Calcio iónico, pre, durante y post competencia, en caballos de ambos sexos, de diferentes edades y razas utilizados en las competencias de Resistencia (RAID) en Uruguay, en las diferentes estaciones climáticas anuales y bajo diferentes niveles de temperatura y humedad.

2.- Cuantificar las pérdidas iónicas séricas y aportar datos a nivel nacional, principalmente a médicos veterinarios, propietarios y jinetes, así como también a público en general sobre la disciplina y la incidencia del clima en las pérdidas sudorales.

3.- Relacionar las pérdidas electrolíticas con la temperatura y la humedad ambiental y el Índice de Estrés Ambiental (IEA), mediante coeficientes de correlación.

4.-Evaluar el aumento del hematocrito y las proteínas plasmáticas totales, durante el ejercicio de resistencia y su relación con el Índice de Estrés Ambiental.

5. MATERIALES Y METODOS

En una primera instancia se registraron los valores séricos basales de equinos que hayan participado o que hayan sido entrenados para competencias de Raid y que se encontraban a campo en los cuales se determinó Sodio, Potasio, Cloro y Calcio iónico.

Una vez obtenidos estos valores basales se concurre a 11 pruebas de resistencia de distancias entre 80 y 104 kilómetros, en las 4 estaciones climáticas anuales, en las que se obtuvieron muestras de sangre de los equinos en competencia.

La obtención de estas muestras se realizó conjuntamente con la toma de muestras realizada por parte del Laboratorio Veterinario Oficial de la prueba, en la que se determinaron Hematocrito y Proteínas Plasmáticas Totales de los cuales obtuvimos los valores de equino en cada competencia.

5.1. Animales

En cada una de las pruebas de Resistencia se obtuvieron tres muestras de sangre a todos los animales que compitieron en las mismas. Los animales a los cuales no le fue posible obtener una de las tres muestras fueron descartados del ensayo, permaneciendo en el protocolo 201 caballos. Se obtuvieron muestras de sangre de 10 ml mediante venopunción yugular, utilizando jeringas descartables con agujas de calibre 21G

En éstas se determinaron los valores séricos de Sodio, Potasio, Cloro y Calcio iónico y se correlacionaron estadísticamente con el índice de estrés ambiental (IEA).

5.2. Obtención de muestras

1ra toma (201 caballos): Se obtuvo el día previo a la competencia, en el momento que se realiza la marcación e inspección veterinaria previa a la carrera.

Estas muestras se identificaron con el color verde.

2da toma (201 caballos): Se realizó cuando:

- a) El equino abandonó en la primera etapa.
- b) En el campo de neutralización (culminada la primera etapa), si el equino no fue autorizado a completar el recorrido cualquiera sea su causa o retiro.
- c) El equino abandonó en la segunda etapa.
- d) Cuando el equino completó el recorrido y previo al inicio del tratamiento médico.

Estas muestras se identificaron con el color rojo.

3er toma (201 caballos): Esta se realizó cuando el equino fue dado de alta por el cuerpo veterinario oficial, en base a una valoración clínica y valores de micro hematocrito y proteínas plasmáticas totales.

Estas muestras se identificaron con el color azul.

5.3. Procesamiento de muestras

Inmediatamente de obtenida, la muestra de sangre se colocó en un tubo con acelerador de la coagulación y gel separador Serotubpp gel (Deltalab 08191.Spain), que se invierte suavemente de 5 a 6 veces, y se dejó reposar por 15 minutos en posición vertical. Cada tubo fue identificado con el número correspondiente al equino, la fecha, la hora y la instancia de la competencia en que se tomó la muestra mediante el uso de marcadores con diferentes colores (pre competencia: verde, durante competencia: rojo y post competencia: azul). Paralelamente se registraron dichos datos en una planilla diseñada específicamente a tales efectos. Cada muestra se centrifugó por 15 minutos a 3600 rpm y se separó el suero que fue transferido a dos tubos Eppendorf, los que fueron debidamente identificados y refrigerados a 4° C hasta su procesamiento. Para el análisis de los parámetros sanguíneos (Sodio, Potasio, Cloro, Calcio iónico) se utilizó un analizador automático HumaLyte plus 5 (HUMAN GMBH Max Plank-Ring 21- 65205-Wiesbaden. Germany) que emplea electrodos ión específicos de elevada performance, controlados por microprocesador.

Los datos de temperatura y humedad fueron suministrados por la Dirección Nacional de Meteorología. A partir de los mismos se calculó el Índice de Estrés Ambiental (IEA).

5.4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos, fueron registrados y archivados para su posterior interpretación y análisis estadístico mediante test de t (se consideró como significativa una probabilidad $p < 0.05$) y coeficientes de correlaciones entre los valores de los electrolitos y los índices de estrés ambiental.

Test de Student o test de t: Este nos permite, basados en la desviación estándar, determinar si existen diferencias significativas en la variable que analizamos, o sea que hemos medido en dos grupos, con individuos o muestras distintas para cada grupo (test de t pareado) o cuando tenemos el mismo grupo, evaluado con un antes y después (test de t pareado). En nuestro trabajo utilizamos el test de t pareado, determinando los valores electrolíticos séricos de los mismos equinos antes y después de la competencia.

Correlación: El concepto de relación o correlación en estadística, se refiere al grado de variación, fuerza y dirección que se establece entre dos variables.

Una relación lineal positiva entre dos variables X e Y significa que los valores de las dos variables varían de forma parecida: los sujetos que puntúan alto en X tienden a puntuar alto en Y, y los que puntúan bajo en X tienden a puntuar bajo en Y. Una relación lineal negativa significa que los valores de ambas variables varían justamente el revés.

6. RESULTADOS

6.1. HEMATOCRITOS

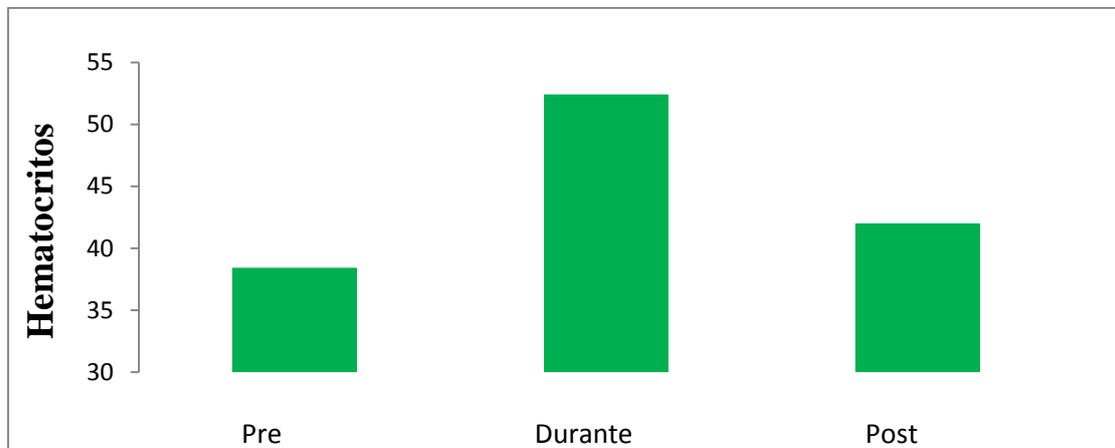


Figura 1. Variación del hematocrito (%) pre, durante y post competencia en equinos de Raid.

Se observó un aumento significativo del hematocrito inmediatamente finalizada la prueba en comparación al valor pre competencia (test de $t=2.47E-95$).

A su vez el hematocrito de los equinos post competencia luego de haber sido rehidratados en el hospital veterinario fue significativamente mayor con respecto a los equinos pre competencia (test de $t=4.79E-21$).

6.2. PROTEINAS PLASMATICAS TOTALES

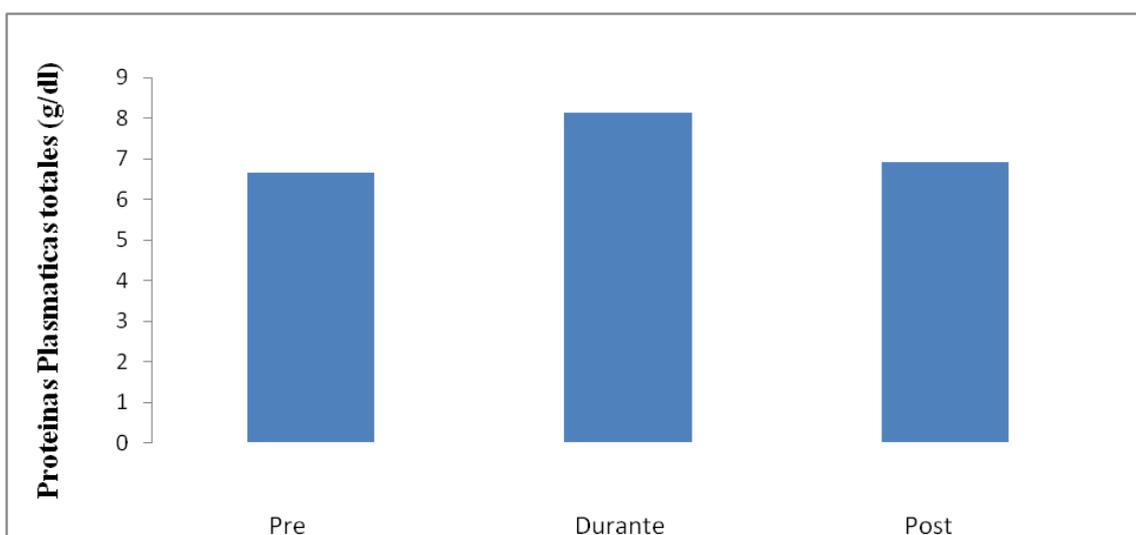


Figura 2. Variación de proteínas plasmáticas totales (g/dl) pre, durante y post competencia en equinos de Raid.

Se observó un aumento de las proteínas plasmáticas totales en los caballos inmediatamente luego de finalizada la prueba comparado al valor pre competencia (test de $t=3.11E-79$)

A diferencia del hematocrito, las proteínas plasmáticas totales, no presentaron diferencias entre los caballos antes de competir y post competencia luego de haber sido tratados en el hospital veterinario (test de $t=0.30$).

Tabla 2. Valores promedios de hematocritos (%) y proteínas plasmáticas totales (g/dl) de los equinos inmediatamente finalizada la competencia y en relación al Índice de Estrés Ambiental (IEA)

	Hematocritos	Proteínas plasmáticas totales
IEA 1	52.93	8.107
IEA 2	51.48	8.246
IEA 3	52.90	8.022

Los valores de hematocritos (%) encontrados inmediatamente finalizado el ejercicio y antes de instaurarse tratamiento fueron: Índice de estrés Ambiental 1=52.93, Índice de Estrés Ambiental 2=51.48 y para Índice de Estrés Ambiental 3=52.90.

En cuanto a las proteínas plasmáticas totales (g/dl) las medias fueron: Índice de Estrés Ambiental 1=8.107, Índice de Estrés Ambiental 2=8.246 y para Índice de Estrés Ambiental 3=8.022

6.3. ELECTROLITOS BASALES

En la tabla 3 se observan los valores plasmáticos de los iones obtenidos de equinos a campo, sin entrenamiento ni suplementación y que hubieran competido en temporadas anteriores.

Tabla 3. Composición de electrolitos (mEq/l) en plasma de caballos mantenidos a campo y sin entrenamiento en Uruguay.

Electrolito	Media	Intervalo de Confianza 95%
Na +	139.7 ± 3.36	138.4 ≤ 139.7 ≤ 141
K +	4.3 ± 0.60	4.09 ≤ 4.3 ≤ 4.55
Cl -	102 ± 2.04	101.2 ≤ 102 ≤ 102.8
iCa ++	1.68 ± 0.10	1.65 ≤ 1.68 ≤ 1.72

6.4. ELECTROLITOS EN COMPETENCIA

6.4.1. PRE Y DURANTE COMPETENCIA (muestras 1 y 2).

En las figuras 3, 4, 5 y 6 se observa los valores de K^+ , Na^+ , Cl^- y iCa^{++} respectivamente de los caballos en competencia obtenidos en las muestras 1 (previo a la competencia) y 2 (durante la misma).

Los valores sanguíneos de los iones de la muestra 1 ($4,19 \pm 0,5$ mEq/l para el K^+ ; $141,3 \pm 2,76$ mEq/l para el Na^+ ; $103,7 \pm 2,3$ mEq/l para el Cl^- y $1,68 \pm 0,07$ mEq/l para el iCa^{++}), no mostraron diferencias significativas con los registrados en los caballos no entrenados.

Los valores sanguíneos de los iones de las muestras 2 fueron : $3,9 \pm 1,34$ mEq/l para el K^+ ; $141,7 \pm 4,26$ mEq/l para el Na^+ ; $94,9 \pm 4,2$ mEq/l para el Cl^- y $1,44 \pm 0,22$ mEq/l para el iCa^{++} .

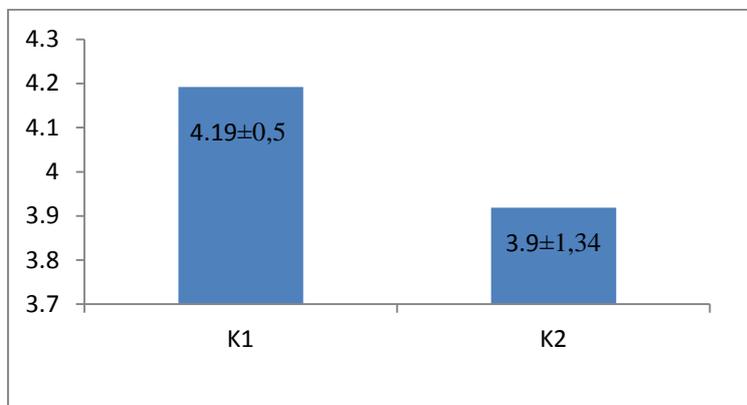


Figura 3. Valores de K^+ (mEq/l) pre y durante la competencia.

Para el K^+ : $p < 0,05$

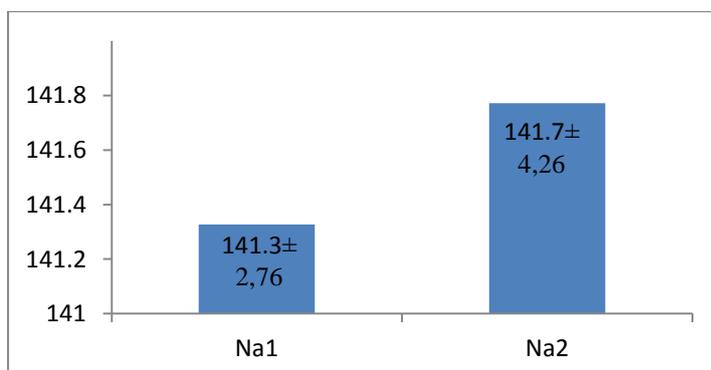


Figura 4. Valores de Na^+ (mEq/l) pre y durante la competencia.

Para el Na^+ : $p > 0,05$

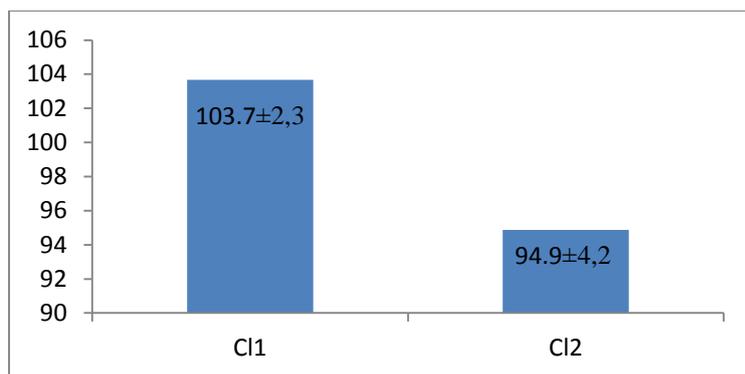


Figura 5. Valores de Cl⁻ (mEq/l) pre y durante la competencia.

Para el Cl⁻: p < 0,05

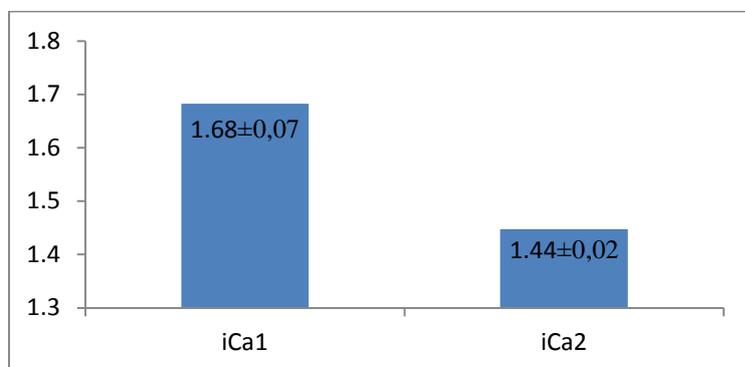


Figura 6. Valores de iCa ++ (mEq/l) pre y durante la competencia.

Para el iCa⁺⁺: p < 0,05

Tabla 4. Test de t comparando valores de iones de los equinos pre y durante la competencia.

Test de t muestras 1 y 2	
Iones	Probabilidad
K ⁺	0.01221697
Na ⁺	0.24617007 NS
Cl ⁻	1.0602E-56
iCa ⁺⁺	9.1642E-29

NS= No significativo.

Encontramos que durante la competencia o inmediatamente de finalizada la misma (previo al tratamiento), la mayoría de los iones descienden sus niveles plasmáticos a excepción del Na⁺ el cual no muestra diferencias significativas pre y durante la competencia.

6.4.2. PRE Y POST COMPETENCIA (muestras 1 y 3).

En las figuras 7, 8, 9 y 10 se observa los valores de K⁺, Na⁺, Cl⁻ y iCa⁺⁺ respectivamente de los caballos en competencia obtenidos en las muestras 1 (previo a la competencia) y 3 (post competencia).

Los valores sanguíneos de los iones de la muestra 1 fueron: $4,19 \pm 0,5$ mEq/l para el K⁺; $141,3 \pm 2,76$ mEq/l para el Na⁺; $103,7 \pm 2,3$ mEq/l para el Cl⁻ y $1,68 \pm 0,07$ mEq/l para el iCa⁺⁺.

Los valores sanguíneos de los iones de la muestra 3 fueron: $3,81 \pm 1,86$ mEq/l para el K⁺; $138 \pm 4,4$ mEq/l para el Na⁺; $97,7 \pm 4,23$ mEq/l para el Cl⁻ y $1,61 \pm 0,19$ mEq/l para el iCa⁺⁺.

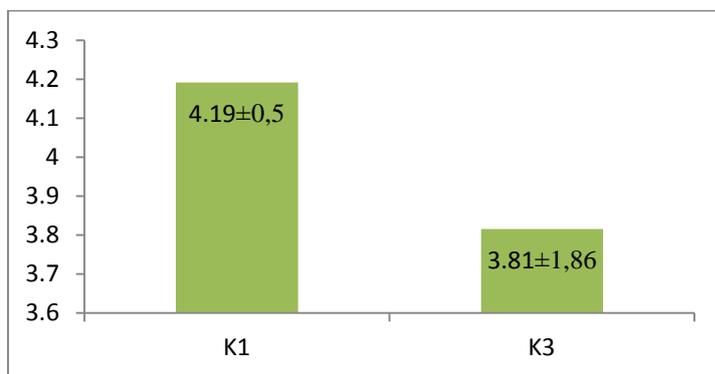


Figura 7. Valores de K⁺ (mEq/l) pre y post competencia.

Para el K⁺: $p < 0,05$

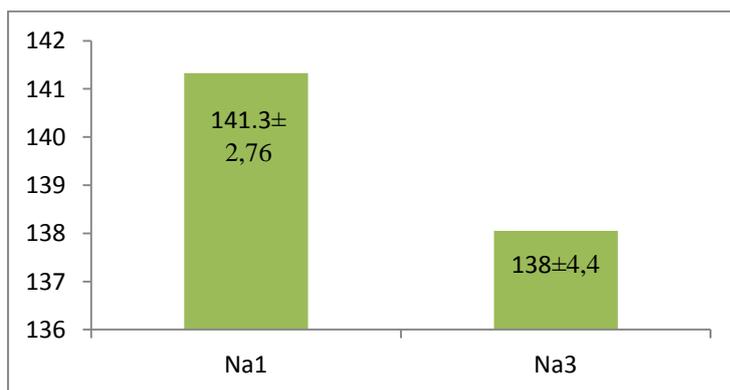


Figura8. Valores de Na⁺ (mEq/l) pre y post competencia.

Para el Na⁺: $p < 0,05$

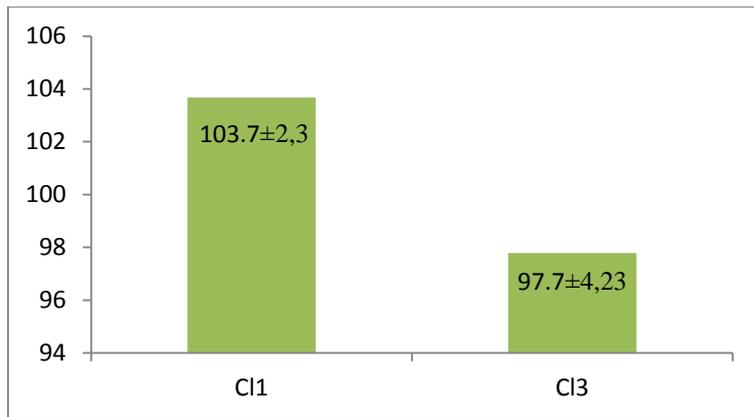


Figura 9. Valores de Cl⁻ (mEq/l) pre y post competencia.

Para el Cl⁻: $p < 0,05$

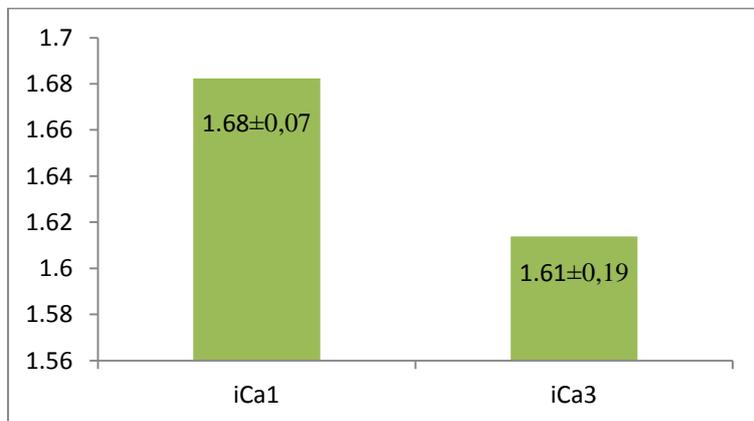


Figura 10. Valores de iCa⁺⁺(mEq/l) pre y post competencia.

Para el iCa⁺⁺: $p < 0,05$

Tabla 5. Test de t comparando valores de iones de los equinos pre competencia y post competencia con tratamiento.

Test de t muestras 1 y 3	
Iones	Probabilidad
K ⁺	0.00984965
Na ⁺	1.0547E-14
Cl ⁻	2.191E-37
iCa ⁺⁺	5.1481E-06

En todos los equinos post competencia luego del hospital veterinario se verificaron valores de iones plasmáticos significativamente por debajo del encontrado pre competencia.

Tabla 6. Pérdidas porcentuales de electrolitos sericos poscompetencia.

Electrolitos	K +	Na +	Cl-	iCa ++
Perdidas (%)	9.86	2.37	6.02	4.25

CORRELACIONES ENTRE IONES E INDICE DE ESTRÉS AMBIENTAL DURANTE LA CARRERA

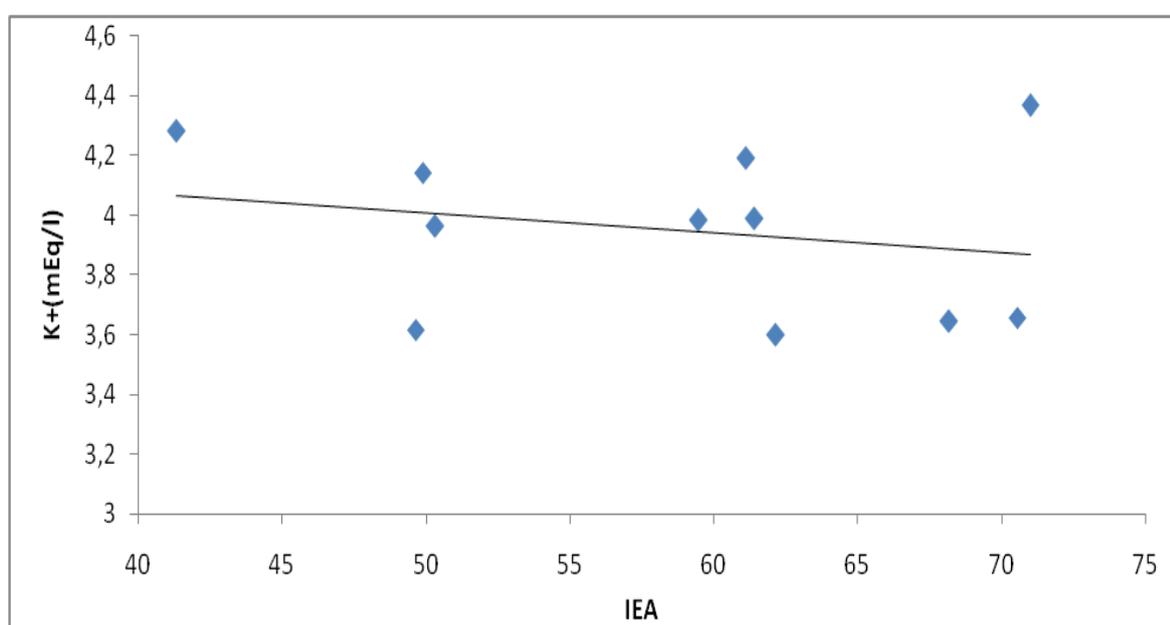


Figura 11. Correlación entre Índice de Estrés Ambiental y K+ durante la competencia

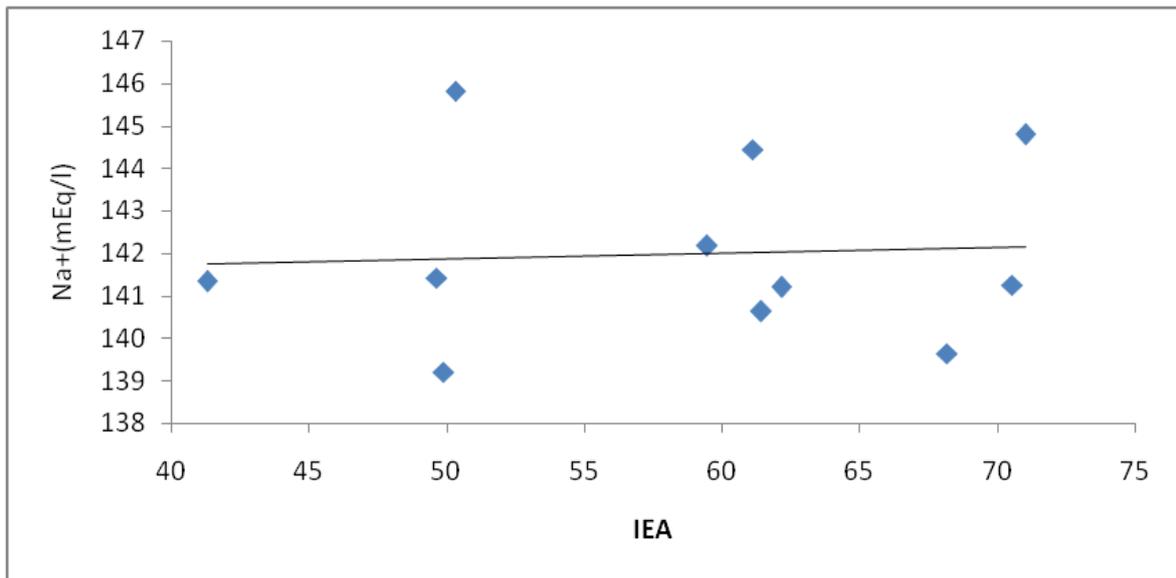


Figura 12. Correlación entre Índice de Estrés Ambiental y Na+ durante la competencia

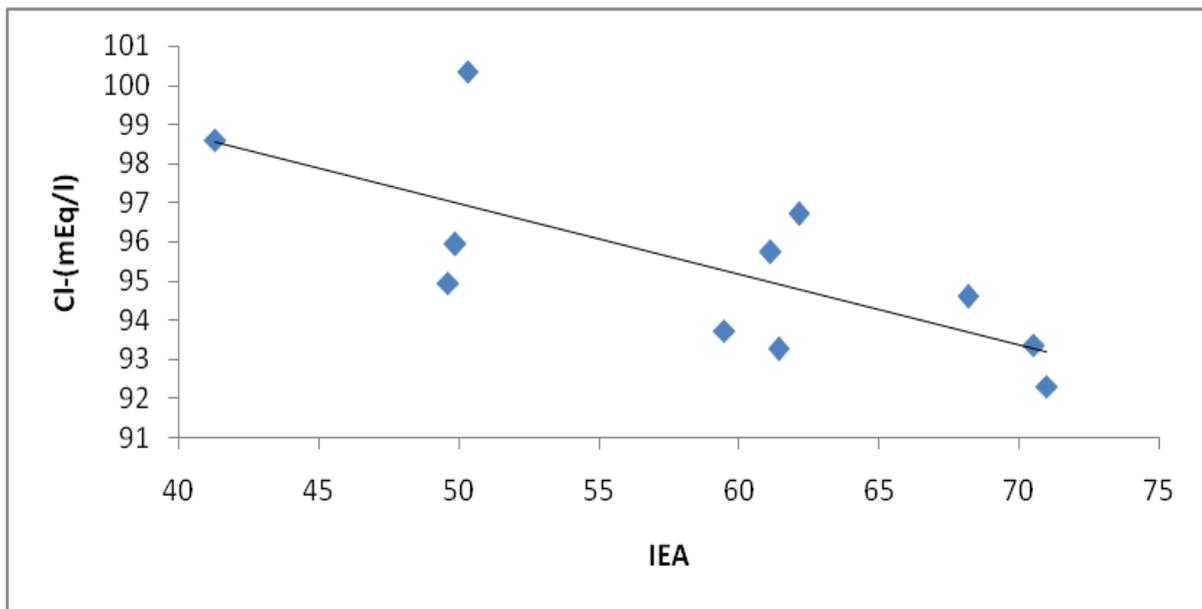


Figura 13. Correlación entre Índice de Estrés Ambiental y Cl- durante la competencia.

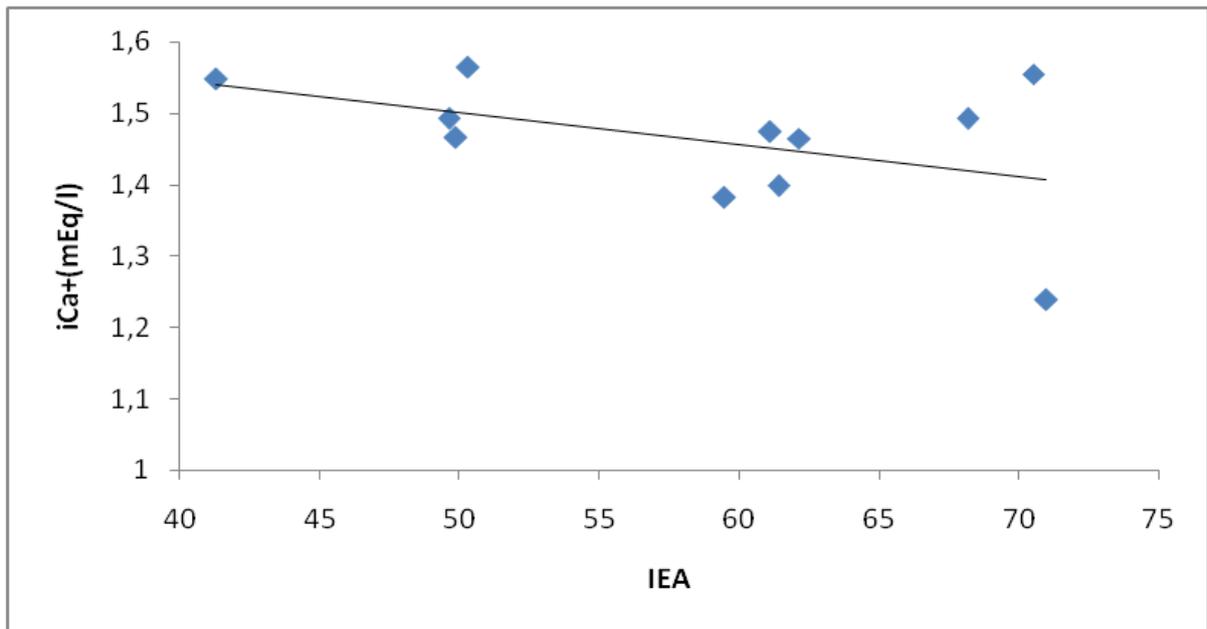


Figura 14. Correlación entre Índice de Estrés Ambiental y iCa++ durante la competencia.

Las correlaciones encontradas fueron:

Potasio $r = -0.23$

Sodio $r = 0.06$

Cloro $r = -0.72$

Calcio iónico $r = -0.46$

El sodio no presentó correlación con el índice de estrés ambiental. El resto de los iones sí presentaron correlaciones de las cuales la del potasio fue baja, la del calcio media y la del cloro alta, todas estas correlaciones encontradas fueron negativas.

7. DISCUSIÓN

El hematocrito y las proteínas plasmáticas de los caballos durante la carrera son mayores con respecto a los valores pre competencia (Carlson 1974). Al igual que el autor, encontramos en nuestro trabajo un aumento significativo de las proteínas plasmáticas durante la competencia, para descender a valores normales post competencia luego de ser rehidratados. Sin embargo esto no ocurrió en el hematocrito, el cual presentó una elevación durante la competencia, pero que luego de la rehidratación continuaba elevado en comparación con los valores pre competencia.

Los niveles plasmáticos de sodio, potasio, cloro y calcio en los animales a campo y sin entrenar se consideran dentro de lo normal, ya que coincide con la bibliografía (Carlson y col. 1976). con la salvedad de que en nuestros resultados el calcio medido fue el iónico (iCa^{++}). Por otro lado, estos valores son similares a los obtenidos en los animales entrenados en estado de reposo (muestra 1). Durante la carrera (muestra 2), se registró una depleción significativa de potasio, cloro y calcio, lo que respalda la teoría de que el sudor equino es hipertónico y que por este se pierden grandes cantidades de electrolitos además de agua (Rose 1983, Flaminio y Rush 1998).

Con respecto al sodio, no sucedió lo mismo que con el resto de los iones, los valores pre y durante la competencia no mostraron diferencias significativas. Estos resultados difieren de lo planteado por Corley y Marr (1998), quienes afirman que en equinos que practican ejercicios de larga duración la alteración que se presenta vinculada al metabolismo del Na es la hiponatremia. Sin embargo Carlson (1983) afirma que la hiponatremia se debe a un efecto de dilución luego de que el animal ingiere grandes volúmenes de agua. En este sentido, la segunda muestra de sangre fue obtenida antes de que los caballos ingirieran grandes volúmenes de agua. Por otro lado es posible que existan mecanismos de regulación de los niveles de Na^+ que garanticen sus concentraciones mínimas ya que el mismo actúa como regulador de la osmolaridad, entre los cuales se encuentra el de recurrir al sodio intersticial (Lieberman 1975), intercambiándolo por K^+ (Jhonson 1995).

Una hipótesis marcaba que las pérdidas plasmáticas de Na^+ , K^+ , Cl^- y iCa^{++} aumentaban a medida que el Índice de Estrés Ambiental era más elevado. Encontramos que el sodio no presentó variación de acuerdo al IEA (figura 12), por el contrario el K^+ , iCa^{++} y Cl^- sí presentaron una correlación negativa (figuras 9, 11 y 12), en la que los valores plasmáticos de estos electrolitos disminuían a medida que aumentaba el IEA. Dentro de estos iones el que mostraba una mayor correlación fue el Cl^- (figura 11). Las pérdidas de cloro llevan a que el organismo intente retener bicarbonato por medio de los riñones con el fin de mantener la electroneutralidad, esto lleva a que el pH sanguíneo se eleve y tienda ir hacia una alcalosis a expensas de una hipocloremia, esta alcalosis es uno de los factores determinantes, junto a una hipocalcemia e hipokaliemia para provocar el flutter sincrónico diafragmático (FSD) o golpe de flanco. A este respecto, una observación hecha por los autores fue que en los días en que la competencia se realizó bajo IEA alto, aumentaron los casos clínicos de flutter sincrónico diafragmático. Dejamos esta puerta abierta para seguir investigando.

En una de nuestras hipótesis planteamos que los valores séricos de Na^+ , K^+ , Cl^- y iCa^{++} , de las muestras pre competencia y post tratamiento no presentan diferencias significativas. En este sentido se encontraron resultados que marcaron lo contrario (figuras 5, 6, 7 y 8), lo cual indica que los caballos al retirarse del hospital veterinario y luego de haber recibido una terapia hidroelectrolítica, se iban del sitio con valores significativamente inferiores a los que tenían antes de competir. Esto puede deberse a que las soluciones electrolíticas usadas en la restauración de las pérdidas electrolíticas, no contengan los niveles de Na^+ , K^+ , Cl^- y iCa^{++} necesario para reponer las pérdidas generadas en la competencia. A esto debe sumarse que no se conocen las pérdidas iónicas reales de cada caballo, lo que lleva a que el tratamiento sea “a efecto”, guiado fundamentalmente por el examen clínico.

Uno de nuestros puntos de discusión a la hora de fundamentar la disparidad de resultados fue el haber tenido múltiples variables que no fueron contempladas. Entre ellas cabe mencionar factores animales, de la competencia y de entrenamiento. Dentro de los factores animales sabemos que hay gran variación en cuanto a la edad de los animales, encontrándose atletas que van desde los 5 años llegando a alcanzar algunos los 20 años. No se tomó en cuenta el sexo, por lo que se compararon machos y hembras por igual. Otro factor importante del animal fue la raza. No existe en el Uruguay una raza determinada para competir encontrándonos principalmente con equinos árabes, purasangre de carrera, criollos o la cruce de éstos.

Además de la temperatura y humedad como factores climáticos, hay otras variables que no se tomaron en cuenta con respecto a la termorregulación y la pérdida electrolítica, como pueden ser principalmente al viento y a la lluvia.

Otro punto importante es la pista, en algunos lugares se desarrolla la carrera sobre balastro exclusivamente, en otros sitios se corre sobre bitumen, a su vez algunas pistas presentan piedras lo cual es un inconveniente mas para el equino que se visualiza en la parte locomotora del equino, pero desconocemos si tiene efecto o no en la metabólica.

Cabe agregar los relieves de estas pistas, en algunas zonas del país, sobre todo hacia el sur del país, es más común encontrar suelos con pocos relieves, lo que se denomina pistas planas, mientras que mayoritariamente hacia el norte del país se encuentran más relieves en la silueta de las rutas. Este último factor esta directamente ligado a la velocidad de carrera, verificándose un mayor promedio de velocidad cuanto más planas son las pistas.

Pero a su vez esto relaciona otra variable que es la libertad de competir en cualquier prueba, a diferencia por ejemplo, del mecanismo utilizado para organizar las carreras de SPC (sangre pura de carrera), el cual equipara a los equinos de acuerdo a su sexo, edad y performance en las actuaciones.

En enduro existe un sistema en el que los equinos a medida que completan las carreras pueden ir compitiendo en otras de mayor distancia. En raid no se ven estas limitantes, y los propietarios que deseen participar en un raid de 60, 90 o 115 kilómetros pueden hacerlo sin previa autorización. Una consecuencia de esto es la disparidad del nivel de caballos que se encuentran en cada competencia, viéndose en un mismo raid equinos de gran diferencia en

cuanto a la raza, así como también diferencias en el nivel de entrenamiento, esto además de las condiciones climáticas, influye directamente en la velocidad de carrera.

En cuanto al entrenamiento, hay grandes variables y no existen cursos ni capacitación para entrenar un caballo de raid al igual que en otras disciplinas ecuestres. Lamentablemente para el caballo, la experiencia se realiza en base al acierto y error, cometándose graves errores por inexperiencia, que lleva a perder muchos equinos y que no solo lo limitan deportivamente sino aun peor, acaban con sus vidas.

Otro factor del entrenamiento es la intensidad, el tiempo que se dedica a cada equino para prepararse, la determinación del momento acorde para correr, muchas veces se decide competir cuando el caballo aún no está en un nivel óptimo para competir, se elige erróneamente la distancia, no se toman precauciones sobre la pista y las condiciones climáticas o aun peor se le pone fecha y lugar al equino para competir. Este es un frecuente error en los propietarios y jinetes de raid, en muchas ocasiones no se elige determinado raid para competir porque el caballo este en un nivel óptimo para competir sino porque en determinada fecha se corre una carrera importante, con un buen premio o simplemente por compromisos con dirigentes o el club que lo organiza dejándose de lado el estado del equino.

Sabemos de acuerdo a la literatura, que el equino tiene importantes pérdidas electrolíticas por el sudor, las cuales causan disturbios metabólicos que exigen al máximo al animal y lo llevan al límite, muchas personas son conscientes de estos y buscan reponer esas pérdidas vía oral administrándose sales rehidratantes en el agua de bebida para que además de restaurar el balance hídrico se repongan parte de los iones perdidos en el sudor, por el contrario muchos otros no lo saben y solo administran agua, esto no es beneficioso para el equino, por el contrario puede ser perjudicial debido a que trae aparejado una dilución de los iones que están en plasma (Lieberman 1975, Johnson 1995).

8. CONCLUSIONES

No hubieron variaciones en los hematocritos y las proteínas plasmáticas totales en relación a los diferentes Índices de Estrés Ambiental (IEA) 1, 2 y 3 y que por lo tanto ni los hematocritos ni las proteínas plasmáticas totales se encuentran influenciados por la temperatura ni por la humedad ambiental.

Los valores basales (en reposo) de Na^+ , K^+ , Cl^- y iCa^{++} de los equinos a campo en Uruguay (tabla 2) no presentaron, descriptivamente, diferencias importantes con los obtenidos de la bibliografía (tabla 1). Estos valores en reposo son similares en caballos sin entrenar y entrenados.

Durante o inmediatamente definalizada la competencia la mayoría de los iones descienden sus niveles plasmáticos a excepción del Na^+ el cual no muestra diferencias significativas pre y post competencia sin tratamiento (figura 6).

Las pérdidas electrolíticas están correlacionadas negativamente con el IEA, por lo que a medida que se eleva el IEA las pérdidas de electrolitos aumentan, a excepción del Na^+ el cual no se altera.

Si bien la recuperación de los animales luego de una competencia de estas características está dirigida a reponer las pérdidas hidroelectrolíticas. En base a los valores iónicos en plasma obtenidos pre competencia y postratamiento, concluimos que el mismo no es el adecuado para los equinos de competencia de largo aliento.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta R(1995) Manual para Veterinarios en Raid, Montevideo. Hemisferio Sur.96 p.
2. Aguilera-Tejero E, Estepa JC, López I, Bas S, Garfía B, Rodríguez B (2001) Plasma ionized calcium and parathyroid hormone concentrations in horses after endurance rides. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 219: 488-490.
3. Boggia J(1985) Fisiopatología -Mecanismos de las disfunciones orgánicas. En: Taranto E, Rocchiccioli F, Noboa O. Alteraciones del metabolismo hidrosalino. Montevideo, Facultad de Medicina. Oficina del libro FEFMUR. P: 93-139.
4. Carlson GP, Ocean PO, Harrold D(1976) Clinicopathological alterations in normal and exhausted endurance horses. *Theriogenology.* 6 (2-3): 93-104.
5. Carlson GP (1983) Thermoregulation and fluid balance in the exercising horse. En: Snow DH, Persson SGB, Rose RJ. (eds) *Equine exercise physiology.* Cambridge, Granta. 291p.
6. Carlson GP (1987). Hematology and body fluids in the equine athlete: a review. En: Gillespie JR, Robinson NE, (eds) *Equine exercise physiology 2.* California, ICEEP. vol 2, p: 393-425.
7. Rose RJ (1992). Problemas en el rendimiento y resistencia del caballo. En: Robinson NE. *Terapéutica actual en medicina equina.* Philadelphia, Saunders. P: 499-525.
8. Corley KT, Marr CM (1998) Pathophysiology, assessment and treatment of acid-base disturbances in the horse. *Equine Vet. Educ.* 10 (5): 255-265.
9. Flaminio RJ, Rush BR (1998) Fluid and electrolyte balance in endurance horses. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 14(1):147-58.

10. Geor RJ (2000) Sports Medicine: Fluids and Electrolytes. Disponible en: <http://www.thehorse.com/articles/10205/fluids-and-electrolytes>. Fecha de consulta: 06/11/2012
11. Geor RJ, McCutcheon LJ, Ecker GL, Lindinger MI (2000) Heat storage in horse during submaximal exercise before and after humid heat acclimatation. *J Appl Physiol.* 89:2283-2293.
12. Gleeson M (1998) Temperature regulation during exercise. *Int J Sport Med.* 19 suppl. 2:596-599.
13. Harris PA, Mayhew IG (1998) Musculoskeletal disease: Exhausted Horse Syndrome. En: Reed S.M., Bayly W.M.(eds). *Equine Internal Medicine.*, Philadelphia, Saunders. P: 400 – 402.
14. Hogdson DR, McCutcheon LJ, Byrd SK, Brown WS, Bayly WM, Brengelman GL, Gollnick PD (1993) Dissipation of metabolic heat in horse during exercise. *J Appl Physiol.* 74:1161-1170.
15. Johnson PJ (1995) Electrolyte and acid-base disturbances in the horse. *Vet. Clin. North America Equine Pract.* 11 (3): 491-514.
16. Kingston JK, Geor RJ, McCutcheon LJ (1997) Rate and composition of sweat fluid losses are unaltered by hypohydration during prolonged exercises in horse. *J Appl Physiol.* 83(4):1133-1143.
17. Liberman I (1975) Cambios hidrosalinos en el organismo. Laboratorio del metabolismo hidrosalino. Montevideo. Departamento de Fisiopatología de la Facultad de Medicina. Oficina del libro. 40p.
18. Lindinger MI (2008) Sweating, dehydration and electrolyte supplementation: Challenges for the performance horse. Proceedings, 4th European Equine Nutrition and Health Congress, the Netherlands. P: 46-56.

19. Mansmann RA, Carlson GP, White NA, Milne DW (1974) Synchronous diaphragmatic flutter in horses. *J Am Vet Med Assoc.* 165(3):265-270.
20. Maughan RJ, Lindinger MI (1995) Preparing for a competing in the heat. *Equine Vet J Suppl.* 20:8-15.
21. McConaghy F (1994) Thermoregulation. En: Hodgson, RJ. Rose, The athletic Horse. Philadelphia, Saunders. P: 181 – 204.
22. McCutcheon LJ, Geor RJ (1998). Sweatin.Fluid and ions losses and replacement. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 14(1):75-95.
23. Nyman S, Jansson A, Dahlborn K, Lindholm A. (1996). Strategies for voluntary rehydration in horses during endurance exercise. *EquineVet. J.* 22: 99-106.
24. Ochs H, (2011) Apuntes del Curso de Fisiopatología, Montevideo, Facultad de Veterinaria, UdelaR. [7]p.
25. Radostits OM, Gay CC, Blood DC,Hinchcliff KW (2002a) Alteraciones hidroelectrolíticas y del equilibrio acidobásico. En:Blood, DC, Gay CC, Hinchcliff, KW,RadostitsOM,Medicina Veterinaria: Tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino. Vol. 1. Parte I: Medicina general, Estados generales sistémicos.9ª. ed, Madrid, McGraw-Hill-Interamericana. p. 91-116.
26. Radostits OM, Gay CC, Blood DC,Hinchcliff KW (2002b) Deficiencias en el rendimiento. En: Blood DC, Gay CC,Hinchcliff KW, RadostitsOM,Medicina Veterinaria: Tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino. Vol. 1. Parte I: Medicina general, Estados generales sistémicos.9ª. ed, Madrid, McGraw-Hill-Interamericana. p. 121-128.
27. Rose RJ (1986) Endurance exercise in the horse-a review. Part I. *Br Vet J.* 142(6):532-541.

28. Rowell LB (1983) Cardiovascular adjustments to thermal stress. En: Shepherd J.T. Handbook of physiology. The cardiovascular system. Peripheral circulation and organ blood flow, vol 3, part 2: Bethesda, American Physiological Society. P:967-1023.
29. Schott HC, Hinchcliff KW, (1993) Fluids, electrolytes and bicarbonate. Vet. Clin. North America. Equine Pract. Philadelphia, Saunders. 9 (3): 577-604.
30. Schott HC, McGlade KS, Hines MT, Petersen A (1996) Body weight, fluid and electrolyte, and hormonal changes in horse that successfully completed a 5 day, 424 kilometer endurance competition. Pferdeheilkunde. 12: 438 – 442.
31. Topliff DR (2006) Electrolytes, cations and anions in the performance horse. Proceedings, 3^a European Equine Nutrition and Health Conference. Merelbeke. p:78-83.
32. Trigo P (2010) Fisiopatología del ejercicio en el caballo de resistencia. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones de la Univ. de Córdoba, España. 111p.