

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LOS  
PARÁMETROS FISIOLÓGICOS: TURGENCIA DE LA PIEL,  
TIEMPO DE LLENADO CAPILAR, PROTEÍNA  
PLASMÁTICA Y HEMATOCRITO SOBRE EL GRADO DE  
DESHIDRATACIÓN EN EQUINOS DEDICADOS A LA  
DISCIPLINA DE ENDURANCE EN GUATEMALA**

**DANIEL JAVIER ZAYDEN MAYORGA**

**Médico Veterinario**

**GUATEMALA, FEBRERO DE 2015**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS  
FISIOLÓGICOS: TURGENCIA DE LA PIEL, TIEMPO DE LLENADO  
CAPILAR, PROTEÍNA PLASMÁTICA Y HEMATOCRITO SOBRE EL  
GRADO DE DESHIDRATACIÓN EN EQUINOS DEDICADOS A LA  
DISCIPLINA DE ENDURANCE EN GUATEMALA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

**POR**

**DANIEL JAVIER ZAYDEN MAYORGA**

Al conferírsele el título profesional de

**Médico Veterinario**

En grado de licenciado

**GUATEMALA, FEBRERO DE 2015**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO:</b>	M.Sc. Carlos Enrique Saavedra Vélez
<b>SECRETARIA:</b>	M.V. Blanca Josefina Zelaya de Romillo
<b>VOCAL I:</b>	Lic. Zoot. Sergio Amílcar Dávila Hidalgo
<b>VOCAL II:</b>	M.Sc. Dennis Sigfried Guerra Centeno
<b>VOCAL III:</b>	M.V. Carlos Alberto Sánchez Flamenco
<b>VOCAL IV:</b>	Br. Javier Augusto Castro Vásquez
<b>VOCAL V:</b>	Br. Andrea Analy López García

**ASESORES**

M.Sc. JUAN JOSÉ PREM GONZÁLEZ

M.V. CARMEN GRIZELDA ARIZANDIETA ALTÁN

M.V. JORGE RAFAEL ORELLANA SUAREZ

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

### **DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS FISIOLÓGICOS: TURGENCIA DE LA PIEL, TIEMPO DE LLENADO CAPILAR, PROTEÍNA PLASMÁTICA Y HEMATOCRITO SOBRE EL GRADO DE DESHIDRATACIÓN EN EQUINOS DEDICADOS A LA DISCIPLINA DE ENDURANCE EN GUATEMALA**

Como requisito previo a optar al título de:

**MÉDICO VETERINARIO**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS:**

Por ser el dador de la vida y creador de todo lo que existe. Por enviar a su hijo Jesucristo para salvación de la humanidad. Por cambiar mi vida, darme fuerza y sabiduría para culminar esta carrera. Por estar a mi lado durante todo este tiempo y ser la persona más real que existe.

### **Mis padres:**

Rosita y Julio, por cuidarme desde pequeño, por luchar y sacarme adelante, por todas las palabras de aliento y apoyo que me brindaron en los momentos más difíciles de la carrera. Por todos los momentos de cariño y diversión.

### **Mi hermana:**

Wendy, por ser la persona que más admiro en esta tierra y brindarme el apoyo que nadie me dio. Por ser mi mejor consejera y la persona más increíble que conozco.

### **Mis amigos:**

A todos mis compañeros de la promoción 55 de veterinaria, por todos los momentos alegres que compartimos en el aula y fuera de ella. Por todas las desveladas y viajes que vivimos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A: La Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser mi casa de estudios.

A: La Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por formarme como médico veterinario.

A: Mis asesores, los doctores Juan Prem, Carlos Camey, Jorge Orellana y la doctora Grizelda Arizandieta, por su tiempo y dedicación, compartir su sabiduría en la realización de este estudio.

A: Los doctores Hugo Pérez y Fredy González, por las buenas ideas y apoyo que fueron claves para la realización de este estudio.

A: Mi compañera Claudia Lehr, por su apoyo y compañía en la realización de este estudio, sin ella hubiera sido imposible realizarlo.

A: Todo el equipo de Endurance Guatemala, por permitirme realizar el estudio en los caballos de las carreras y la confianza brindada.

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. HIPÓTESIS</b> .....	3
<b>III. OBJETIVOS</b> .....	4
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
4.1 “Endurance” .....	5
4.2 Referencias históricas .....	5
4.3 Competencias modernas .....	6
4.4 Equipo .....	7
4.5 La pista .....	7
4.6 Paso o ritmo .....	8
4.7 Variables que evalúan el grado de deshidratación .....	8
4.7.1 Turgencia de la piel .....	9
4.7.2 Estado de mucosas .....	9
4.7.3 Humectación .....	10
4.7.4 Secreciones .....	10
4.7.5 Integridad .....	11
4.7.6 Tiempo de llenado capilar .....	11
4.8 Deshidratación y pérdidas de electrolitos en caballos deportivos .....	11
4.8.1 Los electrolitos en el equino .....	12
4.8.2 Compartimientos de fluidos corporales .....	13
4.8.3 Pérdidas de agua y electrolitos .....	14
4.8.4 La sed .....	15
4.8.5 Consumo de agua .....	16
4.8.6 Como tratar pérdidas de agua y electrolitos después de la competencia .....	17
4.8.7 Consecuencias de la pérdida de fluidos corporales .....	17
4.8.8 Deshidratación inducida por el ejercicio en caballos .....	18

4.8.9	Valoración clínica y de laboratorio de la deshidratación .....	18
4.8.10	Agotamiento del agua.....	20
4.8.11	Agotamiento del sodio .....	21
4.9	Pruebas de laboratorio .....	22
4.9.1	Muestras de sangre.....	22
4.9.2	Valor hematocrito.....	23
4.9.3	Proteína plasmática.....	24
<b>V.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
5.1	Materiales .....	27
5.1.1	Área de estudio.....	27
5.1.2	Recursos humanos.....	27
5.1.3	Material y equipo .....	28
5.2	Métodos .....	28
5.2.1	Toma y envío de muestras.....	28
5.2.2	Procesamiento de muestras .....	29
5.2.3	Ordenamiento y análisis de datos.....	29
5.2.4	Registro de turgencia de la piel y tiempo de llenado capilar durante el evento .....	29
5.2.5	Registro de resultados y determinación del grado de deshidratación .....	29
5.2.6	Determinación de los cambios por método estadístico de la turgencia de la piel, el tiempo de llenado capilar, hematocrito y proteína plasmática. ....	30
5.2.7	Análisis del grado de deshidratación de los caballos dependiendo la distancia que recorren.....	30
5.2.8	Análisis del grado de deshidratación de los caballos que terminan la carrera. ....	30
5.2.9	Determinación de la Relación de los parámetros fisiológicos sobre el grado de deshidratación. ....	30
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>31</b>
6.1	Análisis Cambios en la Turgencia de la Piel.....	31
6.2	Análisis cambios del tiempo de llenado capilar.....	32

6.3	Análisis cambios de la proteína plasmática .....	34
6.4	Análisis cambios del hematocrito .....	37
6.6	Análisis del grado de deshidratación de los caballos dependiendo la distancia que recorren, según análisis del hematocrito. ....	39
6.7	Análisis del grado de deshidratación de los caballos que terminan la carrera. ....	40
6.8	Determinación de la relación de los parámetros fisiológicos sobre el grado de deshidratación.....	41
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>45</b>
<b>VIII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>47</b>
<b>IX.</b>	<b>RESUMEN</b> .....	<b>48</b>
	<b>SUMMARY</b> .....	<b>49</b>
<b>X.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>50</b>
<b>XI.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>54</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Estadística descriptiva de los cambios en la turgencia de la piel. Equinos de “endurance”, Agosto 2014. ....	31
Cuadro 2	Estadística descriptiva de los cambios en el tiempo de llenado capilar, Equinos de “endurance”, Agosto 2014. ....	33
Cuadro 3	Estadística descriptiva de los cambios en las proteínas plasmáticas, Equinos de “endurance”, Agosto 2014.....	34
Cuadro 4	Estadística descriptiva de los cambios en el hematocrito, Equinos de “endurance”, Agosto 2014.....	37
Cuadro 5	Relaciones observadas entre las variables, Equinos de “endurance”, Agosto 2014.....	41
Cuadro 6	Deshidratación por kilómetros recorridos y lugar de la carrera, Equinos de “endurance”, Agosto 2014.....	59
Cuadro 7	Registro de datos, Equinos de “endurance”, Agosto 2014.....	61
Cuadro 8	Estimación del grado de deshidratación, Equinos de “endurance”, Agosto 2014.....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Cambios de la Turgencia de la Piel antes y después de La carrera.....	55
Figura 2	Cambios del Tiempo de Llenado Capilar antes y después de la carrera.....	56
Figura 3	Cambios Proteína Plasmática antes y después de la carrera .....	57
Figura 4	Cambios del Hematocrito antes y después de la carrera.....	58

## I. INTRODUCCIÓN

El “endurance” es una de las siete disciplinas ecuestres avaladas por la Federación Ecuestre Internacional (FEI); actualmente se realizan anualmente más de 500 carreras internacionales en todo el mundo, convirtiendo al “endurance” en la segunda disciplina ecuestre de mayor importancia, luego del Salto. La competencia consiste en completar un número determinado de etapas o fases con una cantidad de kilómetros y rutas preestablecidas; al final de cada fase, los caballos son inspeccionados por veterinarios, quienes, de no encontrar ningún problema clínico, darán la autorización para continuar la carrera. Esta disciplina ecuestre pone a prueba la resistencia, física y psicológica, del binomio (caballo y jinete), ya que ambos deben recorrer grandes distancias en un día, a través de una diversidad de terrenos y en contra del tiempo; ganando el primer binomio en cruzar la meta y que apruebe exitosamente el último chequeo clínico veterinario, es decir, que se encuentre en condiciones de realizar otra etapa. Es más importante que el caballo termine la carrera en buenas condiciones a que termine en primer lugar.

Hoy en día, a nivel mundial, se llevan a cabo esfuerzos para promover el “endurance”, sin embargo, uno de los mayores retos que se tiene de este deporte, es reducir los casos en los que los equinos mueren en competencias, debido a complicaciones post-carrera, principalmente debido a deshidratación. Uno de los problemas a los que se enfrentan los veterinarios que realizan los chequeos clínicos al final de cada fase, es la forma en que miden la deshidratación en los equinos, la cual realizan de forma subjetiva midiendo la turgencia de la piel, el estado de las mucosas y el tiempo del llenado capilar. Por lo tanto, la importancia del presente estudio radica en que por medio del hematocrito y la PPT, sumado a la turgencia de la piel y el tiempo de llenado capilar pueden darse estimaciones más certeras y objetivas para el clínico veterinario a nivel de campo, y saber con

mayor exactitud el grado de deshidratación del equino que participa en estos eventos; contribuyendo de esta forma en el bienestar integral de los equinos.

## **II. HIPÓTESIS**

Sí existe relación entre los parámetros fisiológicos: Turgencia de la piel, Tiempo de llenado capilar, Proteína plasmática y Hematocrito, sobre el grado de deshidratación en equinos dedicados al “endurance”.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

- Generar información para contribuir a mejorar el bienestar y rendimiento de los equinos que participan en competencias de “endurance” en Guatemala.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Determinar los cambios de la turgencia de la piel, el tiempo de llenado capilar, la proteína plasmática y el hematocrito, al comenzar y terminar la carrera.
- Determinar el grado de deshidratación de los caballos dependiendo la distancia que recorren.
- Determinar el grado de deshidratación de los caballos que terminan la carrera.
- Determinar la relación entre la turgencia de la piel, el tiempo de llenado capilar, la proteína plasmática y el hematocrito.

## **IV. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1 “Endurance”**

Una competencia de “endurance” es un evento contra reloj para comprobar la velocidad y la resistencia del caballo. Para triunfar, los competidores deben conocer los diferentes ritmos y la dosificación apropiada de la fuerza de sus caballos a campo traviesa. A pesar de que las competencias son cronometradas, el énfasis se pone en terminar en buena condición, más que en terminar primero. Las competencias de “endurance” son genuinas pruebas de equitación (FEI. 2009).

### **4.2 Referencias históricas**

Las competencias de “endurance” comenzaron más como una necesidad que como un deporte. Los caballos fueron la principal forma de transporte a través de siglos y se daba gran valor a aquellos caballos que eran capaces de cabalgar por largos trayectos, conservando una buena condición física (FEI. 2009).

El “endurance” comenzó como deporte, en los Estados Unidos de América, cuando la caballería del ejército hizo una prueba a sus caballos en un trayecto de 300 millas (483 km) cargando más de 200 lb, durante 5 días (FEI. 2009).

Sin embargo, no se convirtió en un deporte competitivo hasta en los años 50s, cuando Wendell Robie trazo la ruta Pony Express desde Nevada hasta California, misma que recorrían en menos de 24 horas. El “endurance” no llegó a Europa sino hasta los 60s. En 1982, la FEI aprobó el “endurance” como una disciplina oficial (FEI. 2009).

Ya en 1982, hubo cuatro competencias internacionales. Este número aumento lentamente, llegando a un promedio de 18 competencias por año, hasta

1998 en que se llevaron a cabo los campeonatos mundiales en los Emiratos Árabes Unidos (EAU). Gracias al auspicio de la Federación Nacional de los EAU, 47 Federaciones Nacionales de todo el mundo llegaron a competir. Este evento internacional se convirtió en el catalizador de un gran crecimiento en participación: en 2001 y 2002, hubo 147 y 186 competencias, respectivamente. El número creció a 238 en el 2003 y alcanzó la cifra de 300 en el 2004 (FEI. 2009).

### **4.3 Competencias modernas**

Las competencias modernas consisten en un número de etapas llamadas fases. Al final de cada fase, en principio, al menos cada 40 k, hay una parada obligatoria para una inspección veterinaria, que usualmente se le llama chequeo veterinario(FEI. 2009).

Cada caballo, que es examinado a profundidad antes de iniciar la competencia, debe ser presentado para su inspección, en un tiempo determinado, inmediatamente después de entrar al área de inspección. Mientras antes se presente, mejor, ya que los minutos y segundos que pasen antes de ser inspeccionado se suman al tiempo total de competencia. La finalidad del chequeo es determinar si el caballo está apto para continuar la competencia. Después de pasar la inspección, se retiene al caballo por un tiempo determinado (puede ser de 20 a 60 minutos) en el que puede ser alimentado y se le puede dar agua, antes de que se le permita continuar. También se realiza un inspección veterinaria al finalizar todas las etapas, para asegurar que los caballos que completen la competencia no estén fatigados o claudicando. Una fatiga excesiva, signos de claudicación, signos de deshidratación y otras indicaciones de problemas son causa para su eliminación (FEI. 2009).

La excesiva monta de un caballo cansado o cualquier otra acción que se pueda definir como crueldad es penalizada con la descalificación (FEI. 2009).

La distancia para una competencia de un solo día es entre 40 y 160 km, dependiendo del tipo de competencia. Para un campeonato mundial, la distancia es usualmente 160 km y el tiempo del ganador es aproximadamente de diez a doce horas(FEI. 2009).

Una parte vital del “endurance” es el equipo de apoyo. Usualmente los jinetes son asistidos por un equipo de ayudantes que los apoyan varias veces a lo largo de la competencia, vertiéndole agua sobre el lomo del caballo para enfriarlo, así como una bebida para el caballo y jinete. Estos equipos de apoyo también llevan aperos de reserva en caso de que algo se rompa o necesite ser reemplazado(FEI. 2009).

#### **4.4 Equipo**

El equipo varía mucho, dependiendo del caballo y de las preferencias del jinete. Sin embargo la vestimenta debe ser apropiada y no ir en detrimento de la imagen del deporte. El uso de protección para la cabeza es obligatorio. Se recomienda el uso de pantalones de montar y de calzado adecuado o polainas y una camisa con cuello en toda competencia, sin embargo son obligatorios en campeonatos y eventos oficiales(FEI. 2009).

#### **4.5 La pista**

Cada competidor recibe un mapa que muestra la ruta de la pista y la ubicación de cualquier parada obligatoria u obstáculo natural, como zanjas, escarpados, subidas, descensos o cruces de agua, que representan peligro(FEI. 2009).

Estos peligros están marcados con banderines rojos y blancos y se dejan en su estado natural tanto como sea posible. La pista no deberá contener más de un 10% de caminos de superficie dura, de uso vehicular(FEI. 2009).

## **4.6 Paso o ritmo**

Los jinetes están en la libertad de elegir su propio ritmo de competencia desde el inicio hasta la meta. Pueden guiar o seguir a sus caballos, pero deben estar montando su caballo al pasar la línea de salida y la de meta. Puede requerir varios años el que un binomio esté preparado para competir en una prueba de 160 km (FEI. 2009).

El “endurance” requiere de mucha preparación y un profundo conocimiento y comprensión entre el caballo y el jinete. Solo de esta manera se puede preservar el bienestar del caballo en todo momento (FEI. 2009).

El deporte del “endurance” permite hoy en día a jinetes de todas las edades y habilidades, competir juntos en armonía con el caballo (FEI. 2009).

## **4.7 Variables que evalúan el grado de deshidratación**

Durante las carreras de “endurance”, se sabe que todos los caballos en competencia deben ser sometidos a chequeos veterinarios antes y después de cada etapa de competencia. Dichos chequeos son realizados por los médicos veterinarios autorizados por la Federación Nacional de Ecuestres de su país o incluso por la Federación Ecuestre Internacional. Cada parámetro metabólico y de claudicación evaluado, es anotado en las fichas veterinarias que contienen toda la información pertinente del binomio y la carrera. Las ponderaciones de los parámetros evaluados son los evaluados durante la prueba. Estas variables son cuantitativas en su mayoría, pero algunas pocas son cualitativas. Para las cuantitativas se utilizan números mientras que para las cualitativas se emplean letras (AERC, 2008).

#### **4.7.1 Turgencia de la piel**

Es una anomalía en la capacidad de la piel para cambiar de forma y retornar a la normalidad. La turgencia cutánea es un signo comúnmente utilizado para evaluar el grado de pérdida de líquidos o deshidratación. Para determinar la turgencia de la piel, el médico toma la piel craneal, a la altura de la articulación escapulo-humeral, entre dos dedos, de manera que quede levantada, la sostiene por unos pocos segundos y luego la suelta (Vorvick, L. 2004).

La piel con turgencia normal regresa rápidamente a su posición normal en un tiempo menor a 1 segundo. Por otro lado, la piel con disminución de la turgencia permanece elevada y retorna lentamente a su posición normal. La disminución en la turgencia de la piel es un signo tardío de deshidratación y ocurre con deshidratación moderada o severa. La pérdida de líquidos del 5% del peso corporal se considera deshidratación leve, 10% es moderada y 15% o más, se considera deshidratación severa (Vorvick, L. 2004)

Durante los chequeos veterinarios en las carreras de “endurance”, se evalúa la turgencia de la piel, según el número de segundos que la piel demore en regresar a su posición normal, siendo considerables las descalificaciones con calificaciones mayores a 3 segundos, en combinación con otros parámetros evaluados (Prem, 2014).

#### **4.7.2 Estado de mucosas**

Las mucosas explorables en el caballo son la oral, conjuntival, de la nariz, prepucial, anal y vulvar. La de mayor valor diagnóstico, en el caso de competencias de “endurance”, es la oral, por no alterarse fácilmente por factores externos. Las características observables de una mucosa son: color, humectación, secreciones integridad y tiempo de llenado capilar (Lightowler, 2006)

Color	Significado	
Rosadas	Normales	Animal saludable, con buena hidratación.
Blancas o Pálidas	Anémicas	Anemia.- pérdida de sangre, deficiencia de eritrocitos.
Rojas o Anaranjadas	Congestionadas o Hiperémicas	Rojas.- probablemente problema local. Muy rojas.- problema generalizado que causa vasodilatación: fiebre, toxemia
Moradas o Azules	Cianóticas	Cianosis.- falta de O2 en sangre; problemas en el intercambio gaseoso.
Amarillas	Ictéricas	Hay que determinar la causa: emólisis masiva (prehepática), aumento (hepática) o mal drenaje (poshepática) de pigmentos biliares.

En el “endurance”, usualmente solo se presentan y clasifican, según el tono de rosado, ya que la intensidad de este dependerá de la disposición de sangre restante de la actividad muscular a la que se está sometiendo al animal (Lightowler, 2006).

#### 4.7.3 Humectación

Refleja el grado de hidratación del individuo. Una mucosa normal debe estar siempre húmeda (Lightowler, 2006).

#### 4.7.4 Secreciones

Suficientes para mantener húmeda la mucosa (Lightowler, 2006).

#### **4.7.5 Integridad**

En una mucosa normal no debe haber úlceras, laceraciones, ni hemorragias(Lightowler, 2006).

#### **4.7.6 Tiempo de llenado capilar**

Refleja el estado de circulación periférica e hidratación del individuo. Se observa al realizar una presión ligera, pero firme, con un dedo, sobre la mucosa de la encía, en el borde superior de los dientes incisivos superiores. Luego de esta acción el dedo queda marcado en la mucosa, como una mancha blanca que va regresando a su color original. El tiempo que tarda en regresar a la normalidad se cuenta y se califica en segundos. En un caballo adulto normal el TLLC es de 1 a 2 segundos, por lo que calificaciones mayores a 3 segundos requieren atención y ser evaluadas en conjunto con otras variables fisiológicas que evalúan la deshidratación, como por ejemplo, la turgencia de la piel (Prem, 2009).

#### **4.8 Deshidratación y pérdidas de electrolitos en caballos deportivos**

La deshidratación ocurre cuando el cuerpo del caballo pierde excesivas cantidades de agua de forma continua, que puede ser por medio de: sudor, orina y heces. En ciertas circunstancias las pérdidas son tan grandes que el cuerpo ya no puede reemplazarlas. En el caso de caballos deportivos la principal causa de pérdida de fluidos corporales ocurre en el sudor. En la deshidratación leve, el caballo puede compensar la pérdida de fluidos (TuftsUniversity. 2006).

Puede estimarse por medio del porcentaje de peso corporal que el caballo ha perdido. Es muy difícil detectar pérdidas menores al 5% del peso corporal. Si la deshidratación es mayor al 5% del peso corporal la piel pierde su elasticidad normal. Si la deshidratación progresa, el latido cardíaco sufre elevaciones en su ritmo, debido a la pérdida de fluidos en los vasos sanguíneos para poder bombear sangre más rápido a todo el cuerpo. En este punto el caballo orina con menos

frecuencia o puede dejar de hacerlo, deteriora su rendimiento hasta quedar exhausto. Si el nivel de deshidratación llega al más severo, el caballo puede llegar a colapsar (TuftsUniversity. 2006).

#### **4.8.1 Los electrolitos en el equino**

Los electrolitos tienen funciones integrales en nervios y músculos. Los más importantes son el sodio, cloro, potasio, calcio y magnesio. Están distribuidos en todo el cuerpo en un orden especial; cualquier alteración de este orden puede resultar en graves disfunciones. Si ocurren alteraciones en los niveles de electrolitos en un caballo puede ocurrir: problemas cardiacos, fallas en el sistema gastrointestinal, calambres musculares, incoordinación debida a fallas en el funcionamiento cerebral (TuftsUniversity. 2006).

Los electrolitos en grandes cantidades pueden ser tóxicos. Los requerimientos de cloruro de sodio (NaCl) van de una décima del porcentaje de alimento ingerido en una yegua de cría, a tres décimas del porcentaje de alimento ingerido para un caballo deportivo. La máxima cantidad de NaCl que un caballo puede tolerar antes de convertirse en toxico es del tres por ciento de alimento ingerido. Si accidentalmente un caballo ingiere grandes cantidades de NaCl, se debe a que el alimento es muy salado. Si se comienza a administrar electrolitos en cantidades exageradas, el animal empieza a orinar con más frecuencia de lo normal y a tomar más agua. No es recomendable adicionar electrolitos al agua; y si el animal ya consumió agua con electrolitos, es muy importante ofrecer una cubeta llena de agua sin aditivos electrolíticos. Los caballos no necesitan consumir agua con electrolitos para sustentar sus requerimientos de fluidos corporales, y pueden llegar a deshidratarse si no se les facilita el acceso a agua corriente. En general, la mejor idea es suplementar electrolitos en el alimento que en el agua (TuftsUniversity. 2006).

Los caballos pueden suplementarse con 1 o 2 onzas de sal al día. La mayoría de granos comerciales contienen 0.5% a 1% de sal, adicionalmente al potasio y calcio. Debido a que los caballos comen más heno u otro tipo de forraje; la ingesta de sal debe ser menor al 1%. Esto es más que suficiente para un caballo mascota, pero no es suficiente para caballos que realizan fuertes entrenamientos (TuftsUniversity. 2006).

El NaCl puede suplementarse en bloques de sal (bloques de minerales traza es lo más adecuado), o adicionar sal a los granos, es mejor si son granos que tienen un agente de unión como la melaza (TuftsUniversity. 2006).

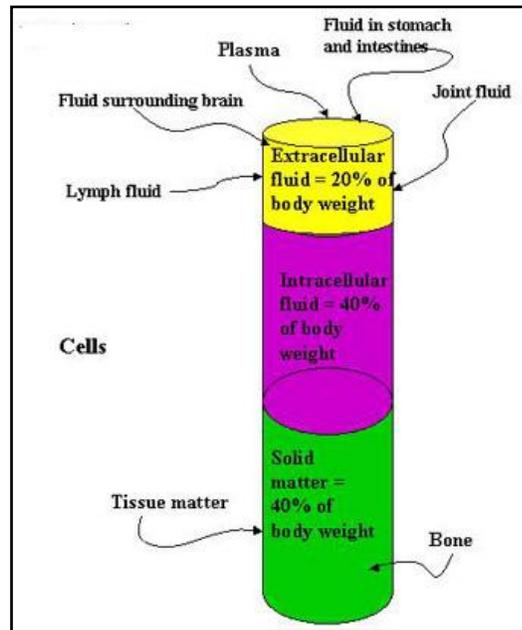
Si es necesario suplementar electrolitos, deben utilizarse preparados comerciales que contengan tres partes de NaCl por una parte de KCl, y de igual manera con el calcio y magnesio. Para preparar una solución electrolítica efectiva y económica, se debe comprar cloruro de potasio y sal de mesa; y mezclar tres partes de sal por una de cloruro de potasio. La cantidad a administrar depende del clima y el nivel de ejercicio que realiza el caballo. En general, los caballos que no sudan en exceso necesitan 2 onzas por día de esta solución y caballos que sudan en exceso en climas cálidos y húmedos necesitan de 3 a 5 onzas de la solución.

Para prevenir las pérdidas electrolíticas antes de una carrera, deben darse 2 onzas de suplementos electrolíticos unas horas antes de la competencia. Si la competencia será larga (como una carrera de “endurance”) puede darse la misma cantidad cada 30 minutos o cada hora. No debe suplementarse heno seco después de una competencia, porque podría absorber agua de cualquier lugar del cuerpo que el caballo podría llegar a necesitar (TuftsUniversity. 2006).

#### **4.8.2 Compartimientos de fluidos corporales**

Aproximadamente dos terceras partes del cuerpo del caballo son agua. Por ejemplo, en un caballo que pesa 1000 lb, 660 lb de la masa corporal serian agua, lo que equivale a 80 galones de agua. De esto un tercio es liquido extracelular y

dos tercios es intracelular. La composición electrolítica de ambos compartimientos es diferente. El fluido intracelular tiene grandes cantidades de potasio y el extracelular grandes cantidades de sodio. Se utilizan muestras de sangre para estimar la composición de electrolitos, pero son resultados engañosos porque no aportan resultados del compartimiento intracelular (TuftsUniversity. 2006).



(TuftsUniversity. 2006).

### 4.8.3 Perdidas de agua y electrolitos

El ion sodio es el catión principal en el sudor del caballo y está presente en concentraciones similares o mayores que las del plasma. Las concentraciones de ion potasio en el sudor son típicamente 10 a 20 veces mayores que las del plasma. También hay una concentración muy grande de ion cloruro en el sudor equino. La composición iónica relativamente grande del sudor equino contrasta con el sudor humano que es casi invariablemente hipotónico en relación al plasma. Estas diferencias en la composición del sudor son importantes en la alteración de líquidos y electrolitos, que resultan por pérdidas considerables de sudor durante el ejercicio en atletas humanos y equinos. También son importantes

en el suministro de suplementos de soluciones electrolíticas, sobre todo en caballos de resistencia (TuftsUniversity. 2006).

Todos los caballos que participan en eventos deportivos pierden líquidos en el sudor que expulsan para adaptarse al calor. Mientras se evapora el sudor el cuerpo se enfría. Esta es la razón primaria por la que es más difícil ejercitar caballos en lugares con alta humedad. En lugares muy húmedos el sudor se produce pero no se evapora por lo que se produce más sudor de lo normal, el proceso de formación de sudor se convierte en un círculo vicioso en lugares cálidos y húmedos. Las glándulas sudoríferas del equino liberan más electrolitos en comparación con las glándulas humanas. Los caballos pierden grandes cantidades de sodio y cloro en el sudor, con pequeñas cantidades de calcio y potasio. Las pérdidas de agua son grandes durante el ejercicio, mayores a 10 litros por hora. El rango de pérdida de agua depende de la intensidad del ejercicio y de la temperatura del ambiente (TuftsUniversity. 2006).

#### **4.8.4 La sed**

La sensación de sed en el equino se inicia cuando ocurre una o ambas de las siguientes razones: cuando se incrementa la concentración extracelular de sodio o cuando la volemia disminuye. Los caballos manifiestan la sensación de sed más lento que los humanos, debido a que existe menor concentración de sodio en el sudor humano por lo que el sodio se concentra más en la sangre, y la sensación de sed aparece más rápido. Las glándulas sudoríparas del equino conservan el sodio en pequeñas cantidades, por lo que liberan grandes cantidades de sodio y agua en su secreción y aunque este proceso ocurra la sensación de sed aparece hasta que existen bajos niveles de sodio en sangre. Consecuentemente, aunque el caballo este deshidratado, cuando se le ofrece agua y no tome es normal, su cuerpo aun no envía la señal de sensación de sed (TuftsUniversity. 2006).

#### 4.8.5 Consumo de agua

Un caballo necesita como mínimo un galón de agua por cada 100 libras de peso corporal, esto equivale a un promedio de 10 galones al día. Los requerimientos diarios de agua varían dependiendo el clima y el trabajo al que es sometido el animal. Si el caballo se ejercita en climas cálidos y húmedos, es probable que necesite de 2 a 4 veces más de agua al día (TuftsUniversity. 2006).

Para evitar problemas en el consumo de agua deben seguirse los siguientes consejos:

- Lo más importante es estar seguro que el animal tenga acceso libre y continuo al agua de bebida.
- Los caballos tienden a disminuir su ingesta de agua durante el invierno si el agua esta fría. Estudios demuestran que los caballos consumirán más agua si está caliente o tibia.
- Algunos caballos son muy delicados para consumir agua de un lugar distinto al que están acostumbrados. Algunos competidores traen se ven en la necesidad de traer agua de sus casas a las competencias. Muchos caballos disfrutan ingerir agua con jugo de manzana.
- Tratar de ofrecer el agua al animal en áreas tranquilas, donde no sea perturbado por ruidos a su alrededor.
- Una paca de heno es capaz de absorber 1 a 2 galones de agua. Por lo que es posible alimentar al animal con pacas de heno empapadas después de una larga carrera de “endurance” (TuftsUniversity. 2006).

#### **4.8.6 Como tratar pérdidas de agua y electrolitos después de la competencia**

Caballos que realizan ejercicios cortos pero extremos, deben ser enfriados cuidadosamente y suministrados frecuentemente con pequeños sorbos de agua. Caballos que realizan ejercicios largos y moderados (como una carrera de “endurance”) se les debe permitir el acceso durante e inmediatamente después de la competencia. Las soluciones electrolíticas no son la manera más adecuada de suministrar electrolitos a diario, son más apropiadas después de una competencia. Es más factible suministrar una solución electrolítica durante o después de la competencia, que antes de ella. Lo más importante es suministrar agua y no solamente electrolitos. Los caballos con deshidratación moderada a severa deben ser tratados por un médico veterinario. El médico tratante debe proporcionar terapia intravenosa o administrar fluidos por vía naso gástrica (TuftsUniversity. 2006).

#### **4.8.7 Consecuencias de la pérdida de fluidos corporales**

Después de una competencia de “endurance” es probable que el caballo sufra deshidratación, todo depende de las condiciones climáticas del lugar del evento. Las pérdidas ocurren temprano en la carrera, aunque el caballo parezca estar normal. Los signos que pueden observarse son: membranas mucosas secas, ojos hundidos, fatiga, frecuencia cardíaca y respiratoria alta que no bajan aún bajo buenas medidas de refrigeración o cólico. El veterinario observara signos de deshidratación como: presión arterial baja, llenado de la vena yugular lento, elasticidad cutánea disminuida y tiempo de llenado capilar lento. Si la deshidratación no se corrige el caballo puede colapsar. Adicionalmente a la deshidratación puede sufrir pérdidas en exceso de electrolitos y presentar los siguientes signos clínicos: nerviosismo, fatiga, temores musculares y rigidez de músculos. Recientes investigación de la Universidad Estatal de Washington descubrieron que después de un día de ejercicio intenso hormonas corporales continúan trabajando en recuperar sodio, aunque los caballos no presentaban signos de niveles bajos de electrolitos (TuftsUniversity. 2006).

#### **4.8.8 Deshidratación inducida por el ejercicio en caballos**

Dos tipos distintos de carreras de resistencia provocan problemas de desequilibrio de fluidos y electrolitos en los caballos. Las carreras cortas (3 – 10 km) aunque rápidas en época calurosa originan una deshidratación ligera, si bien se desarrolla acidosis láctica metabólica grave debido a una tendencia al agotamiento de las reservas de energía y a un cambio hacia metabolismo anaerobio. Generalmente, los caballos solamente pierden 2 – 10 litros de agua y 200-500 mmoles de Na<sup>+</sup> y 100-500 mmoles de K<sup>+</sup> por lo que únicamente precisan fluidos para rehidratación oral con adición de sales potásicas para compensar la pérdida. Algunos caballos pueden presentar un aumento de sodio en plasma tras el ejercicio, probablemente por una mayor absorción de fluidos intestinales (Michell, A. 1991).

Las carreras de resistencia prolongadas de unos 80-100 km a menor velocidad (10-18 km/hora) provocan un problema diferente. La energía es aportada normalmente mediante metabolismo aerobio tanto de carbohidratos como de ácidos grasos con cambios metabólicos mínimos hasta que se agotan estos sustratos. La mayoría de las carreras se efectúan durante el verano y la gravedad de los problemas encontrados depende de la temperatura y humedad ambiental y de la velocidad con que corren los caballos (Michell, A. 1991).

#### **4.8.9 Valoración clínica y de laboratorio de la deshidratación**

El diagnóstico de una deficiencia de fluidos corporales o de una alteración del equilibrio entre los fluidos se basa inicialmente, al igual que cualquier otro diagnóstico, en la historia clínica y reconocimientos físicos del animal. En el examen físico pueden observarse los siguientes signos clínicos de alteraciones del equilibrio del agua y de los electrolitos:

1. Turgencia cutánea: esto se determina con suma facilidad pellizcando un pliegue de piel flácida (ej. el flanco) y valorando la rapidez con que la piel retorna a su posición inicial.
2. Ojos hundidos: esto puede verse claramente en los animales cuando los ojos son normalmente salientes.
3. Mucosas: las mucosas aparecen pegajosas y viscosas, y cuando la circulación se va alterando progresivamente, puede apreciarse cianosis.
4. Frecuencia y profundidad de la respiración: la acidosis metabólica puede ir asociada con estimulación tanto de la frecuencia como de la profundidad de la respiración cuando el animal intenta excretar CO<sub>2</sub> para corregir el pH de la sangre. Por el contrario, la alcalosis tiende a deprimir la respiración aunque puede no ser fácil de apreciar clínicamente.
5. Debilidad muscular
6. Depresión
7. Sed (Michell, A; etal. 1991)

La deshidratación es uno de los factores más importantes en el síndrome del caballo extenuado, como se evidencia en la mejoría clínica y de laboratorio del animal tras la fluido terapia y restauración del volumen plasmático. Por otro lado, la deshidratación incrementa la retención de calor, debido al descenso del fluido extracelular disponible para eliminación de calor por la superficie corporal y para la producción de sudor. De hecho, la deshidratación puede ser tan severa como para inducir shock circulatorio e hipovolémico, resultando en una cascada de eventos que puede ser irreversible e incluso puede conducir a la muerte si no se procede a un tratamiento médico de urgencia (Trigo, P. 2011).

Los signos apreciados en cualquier caso individual dependerán del equilibrio de las pérdidas (o excesos) de agua y electrolitos, y se complicaran

probablemente por una combinación de dos o más deficiencias, ya que si bien el agotamiento de agua, sodio o potasio produce algunos signos clínicos característicos, la mayoría de las deficiencias encontradas en la práctica son mixtas y estos signos tienden a mezclarse. Sin embargo, resulta más simple considerar estos fenómenos por separado, como si derivasen del agotamiento puro de los diversos componentes de los fluidos corporales (Michell, A; etal. 1991).

Uno de los síntomas más utilizados en la evaluación clínica de los equinos es la pérdida de elasticidad de la piel, que se evalúa mediante la prueba del pellizco, en donde se mide el tiempo de retorno de la piel a su estado normal. Otros síntomas son: sed, malestar, disminución del apetito, aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria, fatiga, cansancio, disminución en el volumen de la orina (más oscura de lo normal), desequilibrio al pararse, somnolencia, ojos hundidos, extremidades frías, musculatura dura, decaimiento, aumento del tiempo de llenado capilar (se mide en las encías), boca seca, membranas mucosas secas, aumento leve de la temperatura, córnea opaca o seca, debilidad, delirio, inconsciencia, y en deshidratación avanzada el equino no permanece en pie (La importancia de calmar la sed y evitar la deshidratación en los equinos. 2010).

#### **4.8.10 Agotamiento del agua**

La sed es el primer síntoma del agotamiento del agua. Cuando aumenta la deficiencia de agua, las mucosas aparecen secas; esto puede ser detectado tocando la lengua y el interior de los carrillos con un dedo seco, y examinando los sacos conjuntivales que aparecen secos y anormalmente rojos. Cuando un animal padece un agotamiento avanzado de agua aparece débil y enfermo y se comporta de forma torpe y letárgica. No se aprecia taquicardia ni hipotensión arterial marcadas hasta bien avanzado el proceso cuando se ha reducido el volumen de sangre. Si se determinan los electrolitos, la hipernatremia es el síntoma cardinal. La fiebre y los ambientes cálidos y secos estimulan la pérdida de agua (Michell, A; etal. 1991).

#### **4.8.11 Agotamiento del sodio**

Los signos clínicos del agotamiento del sodio (ligado con frecuencia con la pérdida de agua) se desarrollan mucho más rápidamente que los del agotamiento del agua. Un animal afectado por un agotamiento del sodio suele aparecer muy enfermo y se muestra indiferente a las diversas maniobras que se realizan durante su reconocimiento. Presenta debilidad muscular y fatiga excesiva mientras permanece en pie o camina. La pérdida de fluido subcutáneo provoca ojos hundidos y una expresión facial ansiosa y tensa. La piel pierde su turgencia normal y al pellizcar pliegues cutáneos se mantienen levantados aunque las mucosas no aparecen secas. A menos que el animal respire por la boca, la mucosa bucal se encuentra húmeda aunque pegajosa y la saliva es viscosa. El descenso de la turgencia cutánea no es tan beneficioso como suele suponerse, ya que cambios similares a los observados en el agotamiento del fluido extracelular se presentan en enfermedades debilitantes no asociadas con el agotamiento de los fluidos corporales. Cuando es grave el descenso del volumen del plasma, el animal experimenta el estado shock. En caso de un shock totalmente desarrollado, la piel de las axilas, la del interior de los muslos y del abdomen aparece fría y húmeda, las orejas, la boca y los cascos se notan fríos al tacto, mientras que las mucosas aparecen pálidas y algunas veces cianóticas. El tiempo de relleno capilar tras provocar palidez por compresión es lento, mientras que el pulso es rápido y con escaso volumen, débil. La vejiga suele estar vacía porque ha descendido la presión sanguínea arterial hasta el punto de que se altera la función renal (Michell, A; et al. 1991).

## **4.9 Pruebas de laboratorio**

### **4.9.1 Muestras de sangre**

El análisis de la sangre debe considerarse como de importancia primordial en el tratamiento de la alteración del equilibrio de fluidos y electrolitos. Cuando han de administrarse fluidos por vía intravenosa suele ser conveniente obtener la muestra de la sangre a través del catéter intravenoso que va a servir para la administración de fluidos, ahorrando así al animal una punción venosa adicional. En animales afectados de hipotensión grave, la recogida de sangre venosa por este procedimiento puede ser el único método práctico. La determinación del hematocrito y de la concentración de proteína total en plasma son las determinaciones que se realizan generalmente (Michell, A; etal. 1991).

En las primeras etapas del agotamiento de fluidos, los cambios en el hematocrito pueden ser pequeños debido a la intervención de mecanismos homeostáticos que tienden a mantener el volumen intravascular a expensas del de otros compartimientos del fluido corporal. El valor del hematocrito aumentara cuando la pérdida de fluido isotónico reduce el volumen del plasma aunque en una situación en la que predomina el agotamiento del agua, la contracción que experimentan los glóbulos rojos puede enmascarar un aumento del hematocrito (Michell, A; etal. 1991).

Cuando predomina el agotamiento del sodio, los glóbulos rojos se hincharan de forma que el hematocrito aparecerá elevado dando una falsa impresión de pérdida de agua. Como es lógico, cualquier descenso del valor del hematocrito dependiente de problemas de fluidos solamente tiene valor si es conocido el hematocrito antes del episodio. La fiabilidad de los valores del hematocrito también será afectada por la facilidad con que se toman las muestras (Michell, A; etal. 1991).

La determinación de la concentración de hemoglobina es generalmente menos rápida que la del hematocrito por lo que suele preferirse la determinación del hematocrito aunque la combinación de estos dos análisis puede proporcionar información adicional muy útil. En caso de privación de agua, cuando los glóbulos rojos se contraen y aumenta el hematocrito debido a la reducción de agua en el plasma con lo que puede descubrirse un hematocrito casi normal, una concentración elevada de hemoglobina en relación con el valor del hematocrito revelara la situación real de agotamiento de agua. Por el contrario, en el caso de que predomine el agotamiento del sodio la concentración de hemoglobina será baja en relación con el valor hallado para el hematocrito. Es más corriente interpretar los valores del hematocrito mediante la determinación del contenido de proteína total en plasma porque este valor no será afectado por cambios del agua de los fluidos extracelulares a los intracelulares de la misma manera en que es afectado el hematocrito. La contracción de volumen de agua en el plasma se asocia siempre con una elevación de las proteínas totales del plasma por encima del nivel normal a menos de que exista hipoproteïnemia antes de que se desarrolle la alteración del equilibrio de fluidos o que la pérdida patológica de fluidos sea rica en proteína (Michell, A; etal. 1991).

#### **4.9.2 Valor hematocrito**

El valor hematocrito (HTO) basal se ve influido por numerosos factores en équidos, tanto exógenos (manejo y procesamiento de la muestra, alimentación, entrenamiento) como endógenos (temperamento, patologías, razas, edad, sexo) (Trigo, P. 2011).

El HTO se haya influido por la intensidad y por la duración del ejercicio que el caballo lleva a cabo. Durante una carga única de esfuerzo, el HTO se eleva con rapidez al inicio, debido a la adición del volumen sanguíneo rico en hematíes proveniente de la esplenotransfusión (Trigo, P. 2011).

La magnitud de esta respuesta es muy variable y parece venir parcialmente determinada por factores individuales, como edad, sexo, intensidad relativa de esfuerzo y grado de entrenamiento (Trigo, P. 2011).

Los hematocritos máximos se encuentran en caballos con deshidratación marcada y extenuación (Trigo, P. 2011).

#### **4.9.3 Proteína plasmática**

La alteración de los niveles de proteína plasmática no es específica de ninguna enfermedad. No obstante, ciertos cambios en la concentración total o la variación de alguno de los componentes del total de proteínas plasmáticas puede tener significado para el diagnóstico y el pronóstico. Toda anomalía de las proteínas plasmáticas indica participación de factores patológicos, fisiológicos o capaces de inducir el trastorno (Coles, E. 1989).

Se puede evaluar el equilibrio hídrico del animal calculando la proteína total del plasma. Esta prueba y las determinaciones de volumen de células aglomeradas y de la cantidad de hemoglobina, juntas o por separado, son de gran utilidad para investigar presencia o ausencia y grado de deshidratación. En casos de deshidratación es útil estimar las proteínas totales del plasma para indicar la cantidad de líquido que debe administrarse durante la urgencia. En todos esos casos, la cantidad total de proteínas del plasma está alterada. La deshidratación aumenta las proteínas plasmáticas (Coles, E. 1989).

Para determinar las proteínas totales se utiliza el método refractométrico. El uso de refractómetro es sencillo y no requiere reactivos que deban prepararse o determinarse con precisión. El instrumento que suele emplearse para las determinaciones es el refractómetro manual de Goldberg (Coles, E. 1989).

Debido a los problemas de interpretación de los parámetros eritrocíticos, se recomienda determinar la concentración de proteínas en plasma. Lo mismo que el número de eritrocitos, la concentración de proteínas totales en el plasma aumenta

cuando se pierde agua del espacio extracelular. No obstante, algunos de los problemas para interpretar la valoración de proteínas plasmáticas son iguales a los que se presentan para interpretar los recuentos de eritrocitos (Coles, E. 1989).

La única ventaja que tiene la estimación de proteínas plasmáticas sobre la determinación de los parámetros eritrocíticos es que los niveles de proteína plasmática no están influidos por la excitación y la liberación de adrenalina. Una vez más, la principal aplicación de las determinaciones de proteínas plasmáticas consiste en la vigilancia de la evolución de la deshidratación. Los cambios rápidos en la cantidad de proteínas plasmáticas generalmente reflejan cambios del estado de hidratación (Coles, E. 1989).

La proteinemia en reposo y durante el ejercicio es el resultado de la interacción de numerosos factores, como grado de filtración entre los espacios intra y extravascular, demandas metabólicas, control neuroendocrino, estado nutricional y equilibrio hídrico (Trigo, P. 2011).

La hiperproteinemia se asocia a deshidratación, observándose en este caso una panhiperproteinemia, esto es, un aumento de las diversas fracciones que integran las PP. Por este motivo, la medición de las PP es importante en caballos de deporte como indicador de estado hídrico. Por otro lado, la hipoproteinemia puede derivar de dos grandes grupos de causas: pérdida de proteínas (hemorragias, enteropatías, nefropatías) y reducción en su síntesis (hepatopatías, mala digestión, mala absorción, estados de caquexia y neoplasias) (Trigo, P. 2011).

Las variaciones en la proteinemia en el curso de una prueba de resistencia son variables y dependen de las condiciones ambientales, dureza del recorrido y grado de aporte hídrico. Las proteínas plasmáticas se correlacionan de forma directa con la velocidad (Trigo, P. 2011).

Una elevación moderada tendría una acción positiva, ya que mejoraría el transporte de oxígeno hacia los tejidos. Sin embargo, un aumento marcado representa una deshidratación intensa e hiperviscosidad sanguínea (Trigo, P. 2011).

El incremento en las concentraciones de proteína plasmática y albúmina es un hallazgo común durante las pruebas de resistencia (Trigo, P. 2011).

Se considera que estos parámetros son unos indicadores más exactos del grado de deshidratación que el HTO, debido a que éste último puede verse afectado por la contracción esplénica durante el ejercicio. Se ha documentado que aunque ambos parámetros (HTO y proteína plasmática) suelen mostrar una evolución paralela, dicha tendencia no se observa en las primeras etapas, debido a la influencia del estrés con una esplenoccontracción intensa (Trigo, P. 2011).

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1 Materiales**

#### **5.1.1 Área de estudio**

Se analizaron 7 competencias avaladas por la Asociación Nacionalde Ecuestres de Guatemala (ANEG) durante el período comprendido entre el primero de septiembre de 2012 y el primero de septiembre de 2013, que se llevaron a cabo en las siguientes áreas de Guatemala:

1. El 9 septiembre 2012. Laguna “El Pino” municipio de Barberena, Departamento de Santa Rosa.
2. El 6 octubre 2012. Finca “El Caobanal” municipio Guanagazapa, Departamento de Escuintla.
3. El 1 diciembre 2012. Finca “El Triunfo” municipio de Taxisco, Departamento de Santa Rosa.
4. El 12 enero 2013. Finca “El Triunfo” municipio de Taxisco, Departamento de Santa Rosa.
5. El 6 abril 2013. Laguna “El Pino” municipio de Barberena, Departamento de Santa Rosa.
6. El 8 junio 2013. Kilómetro 28 carretera a Palencia, municipio de San José Pínula, Departamento de Guatemala.
7. El 10 agosto 2013. Laguna “El Pino” municipio de Barberena, Departamento de Santa Rosa.

#### **5.1.2 Recursos humanos**

- Estudiante Tesista.
- Cuatro Médicos Veterinarios Asesores.

### **5.1.3 Material y equipo**

- Tubos con anticoagulante EDTA
- Agujas Vacutainer No. 21
- Tubos de Microhematocrito
- Microcentrífuga
- Lector de Microhematocrito
- Refractómetro de Goldberg
- Algodón
- Alcohol
- Computadora
- Software: Microsoft Excel 2010

## **5.2 Métodos**

### **5.2.1 Toma y envío de muestras**

Se tomó la muestra de sangre en la vena yugular de 76 equinos en las carreras que se realizaron de la siguiente manera:

- a) Antes de comenzar la carrera.
- b) Cuando el equino fue descalificado por los jueces sin importar en qué fase ocurrió.
- c) Cuando finalizó la carrera.

Las muestras de sangre se almacenaron en tubos con anticoagulante EDTA, que después de terminar su recolección, fueron remitidas a la ciudad capital en refrigeración con una hielera con gradilla y fueron procesadas en el laboratorio del Hospital Veterinario de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **5.2.2 Procesamiento de muestras**

Para procesarlas se utilizaron tubos de micro hematocrito y un micro centrifuga, para obtener la medición de la proteína plasmática total (PPT) se utilizó el refractómetro de Goldberg.

### **5.2.3 Ordenamiento y análisis de datos**

Los datos del estudio fueron ordenados y analizados en el software: Microsoft Excel 2010.

### **5.2.4 Registro de turgencia de la piel y tiempo de llenado capilar durante el evento**

La turgencia de la piel se determinó tomando la piel craneal, a la altura de la articulación escapulo humeral, entre dos dedos, de manera que quede levantada, sosteniéndola por unos segundos y luego soltándola, se calificó en segundos. El tiempo de llenado capilar se determinó realizando presión ligera, pero firme, con un dedo, sobre la mucosa de la encía, en el borde superior de los dientes incisivos superiores, el tiempo que tardó en regresar a su color original se contó y se calificó en segundos.

### **5.2.5 Registro de resultados y determinación del grado de deshidratación**

Los resultados de la turgencia de la piel, el tiempo de llenado capilar, hematocrito y la proteína plasmática se anotaron en el cuadro de registro de datos, para determinar el grado de deshidratación se midió la pérdida de plasma sanguíneo, para hacerlo se restó el valor del hematocrito final con el del hematocrito inicial.

Se compararon los datos con el cuadro de estimación del grado de deshidratación Equina, para establecer los objetivos planteados.

### **5.2.6 Determinación de los cambios por método estadístico de la turgencia de la piel, el tiempo de llenado capilar, hematocrito y proteína plasmática.**

Para analizar los cambios de las variables se utilizó la prueba estadística de Rangos con Signo de Wilcoxon y la prueba de T de Student para muestras pareadas, además se utilizó estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valor mínimo y valor máximo), para establecer las diferencias significativas se analizó a través de un diseño estadístico irrestricto al azar para un modelo desbalanceado, donde se encontraron diferencias estadísticas significativas se utilizaron medias de mínimos cuadrados; además se elaboraron graficas de barras.

### **5.2.7 Análisis del grado de deshidratación de los caballos dependiendo la distancia que recorren.**

Para analizar el efecto de la distancia recorrida sobre el grado de deshidratación se utilizó la prueba de Correlación de Pearson, donde se encontraron diferencias estadísticas significativas.

### **5.2.8 Análisis del grado de deshidratación de los caballos que terminan la carrera.**

Para este análisis se determinó el grado de deshidratación al finalizar la carrera y se calcularon proporciones.

### **5.2.9 Determinación de la Relación de los parámetros fisiológicos sobre el grado de deshidratación.**

Para analizar la relación entre los parámetros fisiológicos se estudiaron los cambios vistos durante las carreras, y para determinar el efecto de las variables sobre el grado de deshidratación se utilizó la prueba de Correlación de Pearson, donde se encontraron diferencias estadísticas significativas.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se tomaron muestras de 76 equinos antes y después de la carrera, haciendo un total de 152 muestras.

### 6.1 Análisis Cambios en la Turgencia de la Piel

En la figura 1 y cuadro 1 se presentan los cambios ocurridos en esta variable antes y después del evento. Al analizarlos por medio de la prueba de Wilcoxon, se determinó que existió una diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ). Por lo que la carrera sí tuvo efecto sobre la turgencia de la piel.

Al analizar las diferencias por medio de la prueba de T de Student se obtuvo una diferencia estadística significativa ( $P < 0.0001$ ), reforzando lo encontrado por la prueba de Wilcoxon.

#### 6.1.1 Cuadro 1 – Estadística descriptiva de los cambios en la turgencia de la piel. Equinos de “endurance”, Agosto 2014.

Medida estadística	Turgencia antes	Turgencia después
Promedio	1	1
Desviación estándar	0.42	0.87
Coefficiente de variación	42%	59%
Valor mínimo	0	0
Valor máximo	2	5

La mayoría de los caballos presentaron valores normales de turgencia de piel (1 a 2 segundos) al finalizar la carrera. Lo mismo se observó en caballos con deshidratación grave y moderada. Esto puede explicarse en que los equinos son

capaces de absorber hasta 20 litros de agua del tracto gastrointestinal para mantener el equilibrio hídrico corporal antes de necesitar consumir los líquidos del tejido subcutáneo (ABRAVEQ. 2012).

La disminución en la turgencia de la piel es un signo tardío de deshidratación y ocurre con deshidratación moderada o severa. (Paiz, 2012).

La turgencia cutánea, es una variable fisiológica muy ligada al movimiento de líquidos corporales, el cuerpo acude a recolectar líquidos de acuerdo a las necesidades del mismo, cuando ya consumió los líquidos extracelulares del sistema gastrointestinal acude a recolectar los líquidos del espacio intersticial (tejido subcutáneo) y es ahí donde se afecta la turgencia cutánea dando como resultado que la elasticidad de la piel sea más lenta. Por lo que la turgencia cutánea debe utilizarse como indicador del grado de deshidratación en carreras de “endurance” interpretándose con cautela y asociada a otras variables debido a que el organismo realiza movimientos de líquidos de otros compartimientos principalmente del líquido intersticial, antes que se afecte la piel (Schott. H. 2011).

## **6.2 Análisis cambios del tiempo de llenado capilar**

La figura 2 y cuadro 2 se presenta el resumen de los cambios ocurridos en el tiempo de llenado capilar al inicio de la carrera y los registrados al finalizar la carrera. Al analizarlos por medio de la prueba de Wilcoxon, se encontró que fueron diferentes estadísticamente (**P<0.05**) por lo que la carrera sí influye en los cambios para esta variable.

Según la prueba de T de Student se obtuvo un (**P<0.0001**), si existe diferencia significativa entre el llenado capilar antes y después. Reforzando lo encontrado por la prueba de Wilcoxon.

**6.2.1 Cuadro 2 - Estadística descriptiva de los cambios en el tiempo de llenado capilar, Equinos de “endurance”, Agosto 2014.**

<b>Medida estadística</b>	<b>Llenado capilar antes</b>	<b>Llenado capilar después</b>
<b>Promedio</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>0.34</b>	<b>0.68</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>30%</b>	<b>39%</b>
<b>Valor mínimo</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Valor máximo</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

La mayoría de los caballos presentaron valores normales en el llenado capilar (1 a 2 segundos) al inicio y final de la carrera. Existen dos causas por las que el llenado capilar puede aumentar: primero, la deshidratación que puede ocasionar aumento de glóbulos rojos en la sangre y disminución del plasma. Segundo, la hipotensión. Los valores normales vistos en el estudio pudieron deberse a un incremento de la presión sanguínea producto de la liberación de catecolaminas durante el ejercicio.

El entrenamiento físico induce adaptaciones al aumento de las demandas metabólicas en diversos aspectos. Un factor importante para la condición física y la resistencia es la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre. Esta capacidad aumenta durante el entrenamiento por un incremento del volumen total de eritrocitos. Hay una relación bien establecida entre el estado de entrenamiento, el volumen celular y otros índices de los eritrocitos en los humanos y en el caballo. La viscosidad plasmática y los niveles de fibrinógeno no se afectan normalmente por el entrenamiento. Cuando el entrenamiento es prolongado, el aumento de la masa de eritrocitos puede ser excesivo. Este incremento del volumen sanguíneo

da como resultado un aumento en el rendimiento al correr. El aumento de la viscosidad sanguínea puede producir una reducción de la perfusión capilar y un suministro inadecuado de oxígeno a los tejidos, y por lo tanto disminuir el tiempo de llenado capilar (Swenson, M; Reece, W. 2007).

### 6.3 Análisis cambios de la proteína plasmática

En la figura 3 y cuadro 3 se presentan los cambios ocurridos de la proteína plasmática antes y después. Al analizarlos por medio de la prueba de Wilcoxon, se determinó que existió una diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ). Por lo que la carrera si influye en los cambios de la variable.

Al analizar las diferencias por medio de la prueba de T de Student se obtuvo una diferencia estadística significativa ( $P < 0.0001$ ), reforzando lo encontrado por la prueba de Wilcoxon.

Los caballos que presentaron cambios de la proteína plasmática mayores a 1 gramo por decilitro presentaron grados de deshidratación más severos.

#### 6.3.1 Cuadro 3 - Estadística descriptiva de los cambios en las proteínas plasmáticas, Equinos de “endurance”, Agosto 2014.

Medida estadística	Proteína plasmática antes	Proteína plasmática después
Promedio	7	7
Desviación estándar	0.57	0.57
Coefficiente de variación	9%	8%
Valor mínimo	5.5	5.6
Valor máximo	7.6	9

Los caballos con deshidratación grave y moderada fueron los que presentaron valores más altos de proteína plasmática al finalizar la carrera, en general la mayoría de caballos presentaron aumento de la proteína plasmática al finalizar la carrera (ver cuadro 4). Esto puede deberse a que las pérdidas de líquidos debido a deshidratación ocasionan aumento de las proteínas plasmáticas y reducción del volumen sanguíneo. En este momento ocurre aumento de la albumina y globulinas; entonces el clínico debe estar alerta a que pueda aparecer un cuadro de hipoproteinemia, aunque las proteínas plasmáticas estén en valores normales debido al bajo volumen plasmático. En los caballos, la contracción del bazo fuerza a que un gran número de eritrocitos se movilicen a la circulación y aumenta el volumen sanguíneo. Todo esto se acompaña por un leve incremento en las proteínas plasmáticas, posiblemente como resultado del movimiento de líquidos hacia afuera de la sangre para compensar parcialmente el repentino aumento del volumen sanguíneo (JainN, 1975).

En general, los aumentos de proteínas plasmáticas ocurren en: deshidratación, inflamación séptica o no séptica y en cuadros de mieloma múltiple. La disminución de los valores normales se deben a: pérdidas de proteínas por enfermedad renal, gastrointestinal y hepática e inanición (Eades S. 1997).

La proteína total en el cuerpo representa un balance entre el anabolismo y el catabolismo. Las concentraciones de PPT reflejan el balance entre la filtración adentro de los capilares y el retorno de los tejidos vía linfática. Este balance depende de la presión osmótica coloidal y la dinámica de la circulación, por ejemplo, la tendencia de la sangre de atraer fluidos de los tejidos debido a la presión osmótica coloidal y la presión hidrostática que ejerce la sangre atrae los fluidos hacia los espacios de los tejidos (Jain N, 1975).

La concentración de la PPT depende de las funciones hormonales, el estado nutricional, el balance hídrico y otros factores que afectan el estado de salud (Jain N, 1975).

La concentración de proteínas es influenciada o regulada por las hormonas. Las hormonas tienen funciones anabólicas y catabólicas. La hormona del crecimiento incrementa el depósito de proteínas en los tejidos y disminuye la excreción de nitrógeno. Los andrógenos y estrógenos son anabólicos, que resultan en disminuciones de las proteínas en el hígado, músculo y glándulas sexuales accesorias. Los glucocorticoides consumen proteínas para el proceso de gluconeogénesis, por lo tanto son catabólicas (Jain N, 1975).

Los requerimientos de proteínas varían en cada una de las especies animales. Los requerimientos dietarios varían con la edad del animal. Los animales jóvenes requieren proteína para el crecimiento, los adultos para el mantenimiento de los tejidos. Adicionalmente, se requieren proteínas durante la preñez y lactación (Jain N, 1975).

El estrés puede aumentar o disminuir la concentración de las proteínas plasmáticas (Jain N, 1975).

La enfermedad febril causa pérdidas de nitrógeno asociadas con la producción de energía e incremento de la actividad adrenocortical, que resulta en la formación de varios aminoácidos para la formación de anticuerpos y la gluconeogénesis (Jain N, 1975).

El frío causa un incremento de la producción de nitrógeno por la orina e induce incremento en la producción de calor, estos cambios fisiológicos pueden ocasionar aumento o disminución en la concentración de las proteínas plasmáticas (Jain N, 1975).

Los cambios locales vasculares responsables de los signos de inflamación ocasionan pérdidas de proteínas hacia los fluidos de los tejidos en daños a los tejidos. Las catepsinas de los tejidos rompen las proteínas plasmáticas a fragmentos pequeños, ocasionando que incremente la presión osmótica extravascular. Los movimientos del espacio vascular al extravascular para

equilibrar la presión osmótica de ambos espacios resultan en la formación de edema (Jain N, 1975).

Las hemorragias inducen pérdidas de proteínas y disminución del volumen sanguíneo. El reemplazo del volumen por movimientos rápidos del fluido hacia el sistema vascular ocasiona reducción temporal de las proteínas plasmáticas (Jain N, 1975).

#### 6.4 Análisis cambios del hematocrito

En la figura 4 y cuadro 4 se presentan los cambios ocurridos en el hematocrito antes y después del evento. Al analizarlos por medio de la prueba de Wilcoxon, se determinó que existió una diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ). Por lo que la carrera sí influye en los cambios de la variable.

Al analizar las diferencias por medio de la prueba de T de Student se obtuvo una diferencia estadística significativa ( $P < 0.0001$ ), reforzando lo encontrado por la prueba de Wilcoxon.

##### 6.4.1 Cuadro 4 - Estadística descriptiva de los cambios en el hematocrito, Equinos de “endurance”, Agosto 2014.

Medida estadística	Hematocrito antes	Hematocrito después
Promedio	37	42
Desviación estándar	4.06	4.68
Coeficiente de variación	11%	11%
Valor mínimo	25	24
Valor máximo	45	53

Los caballos con cambios mayores al 10% del hematocrito presentaron grados de deshidratación más severos.

Los caballos con deshidratación grave y moderada fueron los que presentaron valores más altos de hematocrito al finalizar la carrera. En general, la mayoría de caballos presentaron elevación del hematocrito al finalizar la carrera.

El aumento del hematocrito en caballos que participan en carreras de “endurance” se debe a dos causas principalmente: primero, la pérdida de líquidos por deshidratación causa un descenso en el volumen del plasma sanguíneo y aumento de la concentración de glóbulos rojos. Segundo, la esplenotomía.

Los cambios del hematocrito son influenciados por factores endógenos y exógenos del caballo. Para que el caballo pueda mantenerse en una carrera de “endurance”, debe realizar muchos cambios en su organismo como: incrementar el consumo de oxígeno, aumentar las funciones cardiovasculares, realizar movimientos de líquidos para la termorregulación fisiológica. Todos estos cambios tienen una influencia directa en el paquete vascular del caballo, por lo que los valores del hematocrito pueden sufrir cambios variables durante una carrera de “endurance” (Trigo P, 2011).

La capacidad para suministrar oxígeno y sustratos metabólicos a los músculos en trabajo y la eficiencia para eliminar productos de desecho de los músculos, imponen límites al rendimiento muscular. La sangre es la vía por la cual se proveen oxígeno y sustratos a la musculatura y por la cual se eliminan los productos de desecho, incluido el calor. Los cambios que se observan en la sangre circulante cuando un animal hace ejercicio, son notablemente rápidos. El más señalado es el aumento abrupto de eritrocitos, leucocitos y plaquetas por unidad de volumen (Swenson, M; Reece, W. 2007).

El sistema cardiovascular transporta grandes cantidades de oxígeno al musculo activo. En el caballo el bazo funciona como depósito de eritrocitos. La

liberación de eritrocitos almacenados del bazo a la circulación sistémica depende del sistema nervioso simpático y las catecolaminas circulantes. La capsula de musculo liso del bazo esta inervada por neuronas simpáticas posganglionares. Cualquier factor que aumente la actividad nerviosa simpática o las catecolaminas plasmáticas, como asfixia, hemorragia, excitación y ejercicio, da como resultado la contracción esplénica y aumenta el número de eritrocitos circulantes en un volumen plasmático esencialmente igual o reducido, lo que resulta en un aumento del volumen celular empaquetado (VCE), de la concentración de hemoglobina y de la cuenta de eritrocitos (Swenson, M; Reece, W. 2007).

El potencial del bazo para aumentar el volumen de eritrocitos circulantes es sorprendente en el caballo. En reposo, una gran proporción de eritrocitos se almacena en el bazo. El aumento del VCE es una función de la intensidad del ejercicio; existe una relación lineal entre el VCE y la velocidad, hasta un VCE de aproximadamente 60 a 65%. Esta “autotransfusión” de eritrocitos durante el ejercicio refuerza la capacidad transportadora de oxígeno de la sangre y se piensa que es un factor significativo que contribuye al consumo de oxígeno máximo, muy alto, del caballo en comparación con otras especies. Por ende, el volumen de eritrocitos aumenta considerablemente durante el ejercicio, como resultado de la contribución de la reserva esplénica. No obstante, el ejercicio provoca un cambio leve o una reducción pequeña en el volumen plasmático, lo cual se atribuye al paso del líquido del compartimiento intravascular al extravascular, como resultado de la pérdida de líquido por sudoración o jadeo (Swenson, M; Reece, W. 2007).

#### **6.6 Análisis del grado de deshidratación de los caballos dependiendo la distancia que recorren, según análisis del hematocrito.**

El cálculo de los grados de deshidratación se basó en el valor del porcentaje del plasma sanguíneo perdido durante la carrera, en base al análisis del hematocrito.

Al analizar la información por medio de la prueba de Correlación de Pearson se encontró una diferencia estadística significativa y positiva ( **$P < 0.0001$** ), Mientras más larga sea la longitud de la carrera el caballo sufrirá deshidrataciones más severas.

La deshidratación del equino que participa en una competencia de “endurance” está relacionada a la intensidad del ejercicio, la función muscular, función cardiovascular, procesos fisiológicos de termorregulación y alimentación. La sudoración del equino es importante también, debido a que es hipertónico con respecto al plasma y aumenta las pérdidas de líquidos (Prem, J. 2014).

Si un caballo recorre grandes distancias, es saludable, se mantiene hidratado y el clima es favorable no perderá demasiados líquidos corporales. En comparación si un caballo, recorre distancias cortas, con climas húmedos y calurosos, no mantiene una rehidratación correcta, es más probable que pierda una mayor cantidad de líquidos corporales, no es necesario recorrer grandes distancias para que un caballo se deshidrate en una carrera de “endurance” (Lindinger, 2013).

#### **6.7 Análisis del grado de deshidratación de los caballos que terminan la carrera.**

El cálculo de los grados de deshidratación se basó en el valor del porcentaje del plasma sanguíneo perdido durante la carrera, en base al análisis del hematocrito.

El 15.79% (12 caballos) presentaron deshidratación grave, 26.32% (20 caballos) deshidratación moderada, 46.05% (35 caballos) deshidratación normal y el 11.84% (9 caballos) deshidratación leve.

Varios de los caballos que presentaron deshidratación grave al finalizar la carrera, mostraron valores normales en la turgencia de la piel (1 a 2 segundos) y el tiempo de llenado capilar (1 a 2 segundos). Los valores normales de estas

variables permiten que el médico veterinario autorice que el caballo continúe en carrera, pero existe un riesgo de padecer problemas médicos o metabólicos si se deja correr un caballo con deshidratación grave. Por lo que es importante tomar otra variable fisiológica en cuenta, así como la actitud y voluntad del animal para poder autorizar que el caballo continúe en carrera.

La mayoría de los caballos que presentaron deshidratación grave mostraron pérdidas del plasma sanguíneo arriba del 10%. En cuanto a los caballos que presentaron deshidratación moderada y normal, mostraron valores normales en la turgencia de la piel y el tiempo de llenado capilar en los chequeos veterinarios. Pero si mostraron cambios importantes en el hematocrito y proteína plasmática, además de perder más del 7% del plasma sanguíneo. Los caballos con deshidratación leve mostraron aumento de las proteínas plasmáticas y hematocrito, algunos de estos caballos presentaron valores altos en el tiempo de llenado capilar y turgencia de la piel.

Con respecto al estado de hidratación, las condiciones de deshidratación están asociadas con un incremento en el estrés del sistema cardiovascular, con el incremento del flujo de sangre de la contracción muscular, para remover el calor producido por los músculos y el flujo de sangre hacia la piel para remover el calor (Lindinger, 2013).

**6.8 Determinación de la relación de los parámetros fisiológicos sobre el grado de deshidratación.**

**6.9 Cuadro 5 - Relaciones observadas entre las variables, Equinos de "endurance", Agosto 2014.**

<b>Aumento de hematocrito</b>	<b>Aumento de proteínas plasmáticas</b>
<b>Aumento de hematocrito</b>	<b>Tiempo de llenado capilar normal</b>

<b>Aumento de hematocrito</b>	<b>Turgencia de la piel normal</b>
<b>Aumento de Proteínas plasmáticas</b>	<b>Tiempo de llenado capilar normal</b>
<b>Aumento de Proteínas plasmáticas</b>	<b>Turgencia de la piel normal</b>
<b>Tiempo de llenado capilar normal</b>	<b>Turgencia de la piel normal</b>

**Fuente: Elaboración propia, datos de campo.**

Puede observarse en el cuadro anterior que existe una asociación entre el aumento de los valores del hematocrito con los de las proteínas plasmáticas.

El hematocrito y el tiempo de llenado capilar son variables fisiológicas que sufren alteraciones en el caballo debido a causas similares: una es la contracción esplénica y la liberación de eritrocitos para aumentar el abastecimiento de oxígeno, el movimiento de líquidos corporales que altera las presiones hidrostáticas y osmóticas para mantener el equilibrio hídrico, el gasto cardiaco para el envío de glóbulos rojos y nutrientes al sistema musculo esquelético. Las relaciones observadas entre los cambios del hematocrito y el tiempo de llenado fueron que no se observó, que al aumentar el valor del hematocrito aumentara el tiempo de llenado capilar. Pero si se observó que al aumentar el valor del hematocrito el tiempo de llenado capilar se mantuvo normal (1 a 2 segundos) en la mayoría de los caballos. Esto pudo deberse al aumento de la presión arterial.

El hematocrito y la turgencia de la piel son variables relacionadas con el movimiento de líquidos corporales. Al agotarse los líquidos de reserva del tracto gastrointestinal, el cuerpo comienza a utilizar las reservas de líquidos de la piel y así es como puede aumentar la turgencia de la piel. Para que se den estos movimientos el cuerpo debe movilizar oxígeno y nutrientes por medio del aumento de glóbulos rojos para que el cuerpo realice sus funciones fisiológicas con normalidad y es ahí donde se afecta el valor del hematocrito. Sin embargo, no se observó relación entre el aumento del hematocrito con el aumento de la turgencia

de la piel. En la mayoría de caballos la turgencia de piel se mantuvo en valores normales (1 a 2 segundos) y el hematocrito si aumento. Esto pudo deberse por dos causas primero el caballo tiene la capacidad de absorber hasta 20 litros de líquido extracelular del tracto gastrointestinal antes de utilizar los líquidos del tejido subcutáneo. Segundo, los caballos de “endurance” son rehidratados durante las carreras. Esto explica por qué la turgencia de la piel se mantuvo normal en la mayoría de caballos.

Se observó que al aumentar el valor de las proteínas plasmáticas el tiempo de llenado capilar se mantuvo normal. Esto puede deberse a que al aumentar el valor de hematocrito también aumenta la concentración de proteínas plasmáticas y debido a que las demandas de oxígeno y nutrientes son altas durante el ejercicio, el bombeo de sangre por el corazón es mayor y se mantiene la perfusión tisular normal y el tiempo de llenado capilar no aumenta.

Se observó que al aumentar el valor de proteínas plasmáticas la turgencia de piel se mantuvo en valores normales (1 a 2 segundos). Esto puede deberse a que al aumentarse la pérdida de líquidos corporales aumentan la concentración de proteínas plasmáticas, pero el caballo utilizo solo las reservas de líquido del tracto gastrointestinal antes de necesitar utilizar las reservas de líquidos del tejido subcutáneo, por lo que la turgencia de la piel se mantiene normal.

Las relaciones entre el tiempo de llenado capilar y la turgencia de la piel fueron, que ambas variables mantuvieron sus valores normales. Esto puede deberse al aumento de la presión arterial durante la carrera para mantener el llenado capilar normal, a la rehidratación de los caballos en carrera y el consumo de reservas de líquido del tracto gastrointestinal para mantener la turgencia de la piel normal.

En cuanto a la distancia recorrida en la carrera los resultados de las variables anteriores mencionados la prueba de Correlación de Pearson detecto una diferencia estadística significativa y positiva (**P<0.0054**) para los kilómetros recorridos. A mayor distancia recorrida mayor será el grado de deshidratación.

La proteína plasmática presento una correlación estadística significativa y positiva sobre el grado de deshidratación (**P<0.0270**). A mayor grado de deshidratación mayor será la concentración de proteínas plasmáticas.

El hematocrito presento una correlación estadística significativa y positiva sobre el grado de deshidratación (**P<0.0001**). A mayor grado de deshidratación mayor será el porcentaje de hematocrito.

Es importante que el médico veterinario encargado del chequeo de los caballos cuando terminan una fase de la carrera, no base su toma de decisiones en una sola variable. Todas las variables utilizadas para evaluar el estado de salud de los equinos en carreras de “endurance” deben tomarse en cuenta y ser evaluadas con cautela para mejorar el bienestar integral de los caballos que participan en estos eventos.

## VII. CONCLUSIONES

- Determiné que existe diferencia estadística significativa por medio de la prueba de Wilcoxon (**P<0.05**), la carrera tuvo efecto sobre la turgencia de piel. Determiné con la prueba de T de Student que existe diferencia estadística significativa (**P<0.0001**), mantuvo valores normales (1 a 2 segundos) antes y después de la carrera.
- Determiné que existe diferencia estadística significativa por medio de la prueba de Wilcoxon (**P<0.05**), la carrera tuvo efecto sobre el llenado capilar. Determiné con la prueba de T de Student que existe diferencia estadística significativa (**P<0.0001**), mantuvo valores normales (1 a 2 segundos) antes y después de la carrera.
- Confirmé que existe diferencia estadística significativa por medio de la prueba de Wilcoxon (**P<0.05**), la carrera tuvo efecto sobre las proteínas plasmáticas. Determiné con la prueba de T de Student que existe diferencia estadística significativa (**P<0.0001**), los caballos con cambios mayores a 1 gramo por decilitro presentaron grados de deshidratación más severos. Los valores más altos se registraron en caballos en deshidratación moderada a grave.
- Demostré que existe diferencia estadística significativa por medio de la prueba de Wilcoxon (**P<0.05**), la carrera tuvo efecto sobre el hematocrito. Determiné con la prueba de T de Student que existe diferencia estadística significativa (**P<0.0001**), Los caballos con cambios mayores al 10% del hematocrito presentaron grados de deshidratación más severos. Los valores más altos se registraron en caballos con deshidratación moderada a grave.

- Determiné con la prueba de Correlación de Pearson que existe diferencia estadística significativa y positiva (**P<0.0001**). A mayor longitud de la carrera mayor será el grado de deshidratación.
- Determiné los siguientes resultados de los caballos al terminar las carreras, el 15.79% (12) presentaron deshidratación grave, 26.32% (20) presentaron deshidratación moderada, 46.05% (35) presentaron deshidratación normal y el 11.84% (9) presentaron deshidratación leve.
- Demostré que los caballos con deshidratación moderada a grave mostraron estar relacionados con los valores más altos de hematocrito y proteína plasmática al finalizar la carrera. Y también presentaron valores normales (1 a 2 segundos) en la turgencia de la piel y el tiempo de llenado capilar al finalizar la carrera.
- Demostré que los caballos con deshidratación normal a leve, mostraron elevaciones del hematocrito y proteínas plasmáticas, y los valores de tiempo de llenado capilar y turgencia de la piel fueron normales (1 a 2 segundos).
- Determiné con la prueba de correlación de Pearson que existe correlación estadística significativa y positiva sobre el grado de deshidratación (**P<0.0270**). A mayor grado de deshidratación mayor será la concentración de proteínas plasmáticas.
- Determiné con la prueba de correlación de Pearson que existe correlación estadística significativa y positiva sobre el grado de deshidratación (**P<0.0001**). A mayor grado de deshidratación mayor será el porcentaje de hematocrito.

## VIII. RECOMENDACIONES

- La magnitud de la deshidratación puede ser medida con el peso perdido de masa corporal de los caballos durante una carrera de “endurance”. Por lo que se recomienda realizar un estudio acerca de la estimación del grado de deshidratación basado en las pérdidas del peso corporal de los caballos que compiten en carreras de “endurance”.
- Se recomienda mejorar las técnicas de hidratación en los caballos antes, durante y después de la carrera. Pueden utilizarse pacas de heno mojado, debido a que la absorción de líquidos es mayor a nivel del sistema gastrointestinal del caballo.
- Se recomienda realizar estudios acerca de la deshidratación de equinos de “endurance” en lugares donde los climas son cálidos y húmedos.
- Se recomienda realizar estudios acerca de los cambios en la presión arterial de los caballos antes, durante y después de las carreras de “endurance”.
- Considerar la medición de hematocrito y proteínas plasmáticas antes, durante y después de la carrera, para obtener estimaciones del grado de deshidratación más certeras.
- Divulgar este trabajo de investigación entre las asociaciones de equinos del país, personas involucradas en este deporte y médicos veterinarios, para mejorar el conocimiento y bienestar integral de los caballos que compiten.

## IX. RESUMEN

Se analizaron 152 muestras de sangre de 76 caballos. Se analizaron los cambios con las prueba de rangos con signo de Wilcoxon, prueba de T de Student y la prueba de Correlación de Pearson de la turgencia de piel, llenado capilar, hematocrito y proteínas plasmáticas, antes y después de las carreras. Al final se analizaron los cambios con el grado de deshidratación. La prueba de Wilcoxon determino que si existe diferencia estadística significativa (**P<0.05**), la prueba de T de Student determino que si existe diferencia estadística significativa (**P<0.0001**), las carreras tienen efecto sobre los cambios de las variables. Los caballos con cambios de 1 gramo por decilitro para las proteínas plasmáticas y del 10% en el hematocrito sufrieron deshidrataciones más severas. La correlación (Pearson) de las variables determino que si existe correlación estadística significativa y positiva; a mayor longitud de la carrera (**P<0.0001**) mayor será el valor del hematocrito (**P<0.0001**), proteínas plasmáticas (**P<0.0270**) y por ende mayor será el grado de deshidratación.

**Palabras Clave:** “endurance”, deshidratación, hematocrito, proteínas plasmáticas.

## SUMMARY

152 blood samples were analyzed in laboratory, from 76 horses included in the study. The analysis of skin elasticity, plasmatic proteins, hematocrit and capilar refill were analyzed with Wilcoxon and T Student test, after and before of “endurance” races. At the end of the study, the variables were analyzed with the dehydration grade. Based on the results of wilcoxon test was determined that if any significant statistical difference (**P<0.05**), T Student was determined that if any significant statistical difference, “endurance”s races had influences in challenges of values. Horses with challenges of 1 gram per deciliter for plasmatic proteins and 10% of hematocrit have more severe dehydration. The correlations (Pearson test) was determined that if any significant statistical correlation and positive; a greater stroke length (**P<0.0001**), a greater hematocrit value(**P<0.0001**), a greater plasmatic proteins value(**P<0.0270**)result in greater degree of dehydration.

**Key words:** “endurance”, dehydration, hematocrit, plasmatic proteins.

## X.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAVEQ (Asociación Brasileña de Veterinarios de Equinos, BR). 2012. Síndrome del Equino Exhausto (en línea). Brasil, Butanta, Consultado 4 jul. 2014. Disponible en [WWW.itarget.com.br/newclients/abaveq2012/?pageid=3760](http://WWW.itarget.com.br/newclients/abaveq2012/?pageid=3760).
- AERC (American Endurance Ride Conference, US). 2008. Guidelines for judging AERC Endurance Competitions. AERC Control JudgeHandbook. (en línea). Estados Unidos de Norteamérica. Consultado 19 oct. 2012. Disponible en <http://www.aerc.org/upload/2009ControljudgetHB.pdf>
- Climate data. 2014. Clima: Taxisco (en línea). Guatemala, GT. Consultado 7 ago. 2014. Disponible en [es.climate-data.org/location/53793/](http://es.climate-data.org/location/53793/)
- Coles, E. 1989. Diagnóstico y Patología Veterinaria. Distrito federal, México, Editorial Interamericana, Mcgraw Hill, 4ta. Edición. 496 p.
- Colahan P; etal. 1999. Equine Medicine and Surgery. United States of America, Mosby Inc. A Times Mirror Company. 437 p.
- Deguate. 2014. Recursos naturales de Guanagazapa (en línea). Guatemala, GT. Consultado 7 ago. 2014. Disponible en [www.deguatecom/municipios/pages/escuintla/guanagazapa/recursosnaturales.php#.U-P6fFwjMJ](http://www.deguatecom/municipios/pages/escuintla/guanagazapa/recursosnaturales.php#.U-P6fFwjMJ)
- Deguate. 2014 (a). Recursos naturales del municipio de Palencia (en línea). Guatemala, GT. Consultado 7 ago. 2014. Disponible en [www.deguate.com/municipios/pages/escuintla/palencia/recursosnaturales.php#.UP7aVwjMI](http://www.deguate.com/municipios/pages/escuintla/palencia/recursosnaturales.php#.UP7aVwjMI)

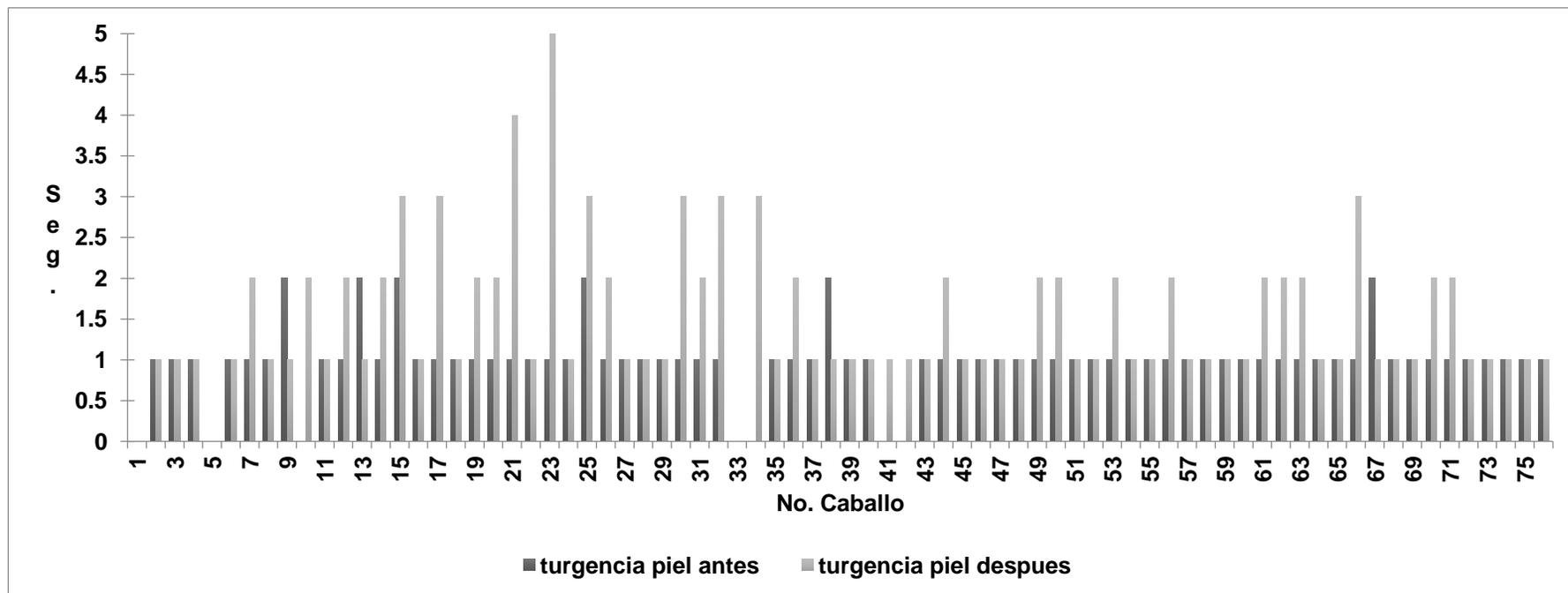
- Eades, S; Bounous, D. 1997. Laboratory Profiles of Equine Diseases. Georgia, USA, Mosby. 304 p.
- FEI (Federación Ecuestre Internacional, US). 2009. Aboutendurance. (en línea). FR. Consultado 20 oct. 2012. Disponible en [http://www.fei.org/Disiplines/Endurance/About\\_Endurance/Documents/FACT-endurance.pdf](http://www.fei.org/Disiplines/Endurance/About_Endurance/Documents/FACT-endurance.pdf)
- Howard, J. 1986. Current Veterinary Therapy 2: Food Animal Practice. Philadelphia, USA, W.B. Saunders Company. 1008 p.
- Jain, N; Carrol E. 1975. Veterinary Hematology. Philadelphia, USA, School of Veterinary Medicine, University of California, 3ra. Edición. 807 p.
- Laguna el pino blogspot. 2008. (en línea). Guatemala, GT. Consultado 7 ago. 2014. Disponible en [lagunaelpino.blogspot.com](http://lagunaelpino.blogspot.com)
- La importancia de calmar la sed y evitar la deshidratación en los equinos. 2010. (en línea). Bogotá, Colombia, Federación Colombiana de Asociaciones Equinas, FEDEQUINAS. Consultado 14 oct. 2012. Disponible en <http://www.fedequinas.org/biblioteca-virtual/145-la-importancia-de-calmar-la-sed-y-evitar-la-deshidratacion-en-los-equinos.html>
- Linghtowler, C. 2006. Manual de Cardiología del Caballo. Buenos Aires, Argentina, Chinfield. 431 p.
- Lindinger M. 2013. Approaches for determining dehydration, and its compartmentation, in horses at rest and with exercise (en línea). Canada, Canada, The Nutraceutical Alliance, Research and Development, Rockwood Consultado 6 abr. 2014 Disponible en <http://www.ivis.org/proceedings/weva/2013/posters/43.pdf?LA=1>

- Martínez, P; etal. 2000. Cambios Sanguíneos y Sudorales en Equinos Sometidos a Carreras de Resistencia (en línea PDF). Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile. Consultado 23 abr. 2014 Disponible en [STOERACES-avancesveterinaria.uchile.cl](http://STOERACES-avancesveterinaria.uchile.cl)
- Michell, A; etal. 1991. Fluidoterapia Veterinaria. Zaragoza, España, Editorial Acribia S.A. 273 p.
- Paiz, L. 2012. Determinación de las causas más frecuentes de descalificación de equinos dedicados a la disciplina de “endurance” en Guatemala en el período comprendido del 1 de mayo de 2009 al 30 de abril de 2010. Tesis Lic. Guatemala, USAC. 58 p.
- Prem González, JJ. 2009. El veterinario en la disciplina de endurance. (Presentación Power Point) Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC. Ciudad de Guatemala, Guatemala, 16 p.
- \_\_\_\_\_. Rol del Veterinario en carreras de endurance (entrevista). Guatemala, GT, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Said Gil; etal. Métodos Estadísticos, un enfoque interdisciplinario. Distrito Federal, México, Editorial Trillas. 643 p.
- Schott, H. 2011. Challenge of “endurance” exercise; hydration and electrolite balance (en línea). Michigan, USA, Department of Large Animal Clinical Sciences. Consultado 6 abr. 2014. Disponible en [WWW.ivis.org/proceedings/eenhc/20\\_08/Lindinger.pdf?LA=1-2011-11-28](http://WWW.ivis.org/proceedings/eenhc/20_08/Lindinger.pdf?LA=1-2011-11-28)

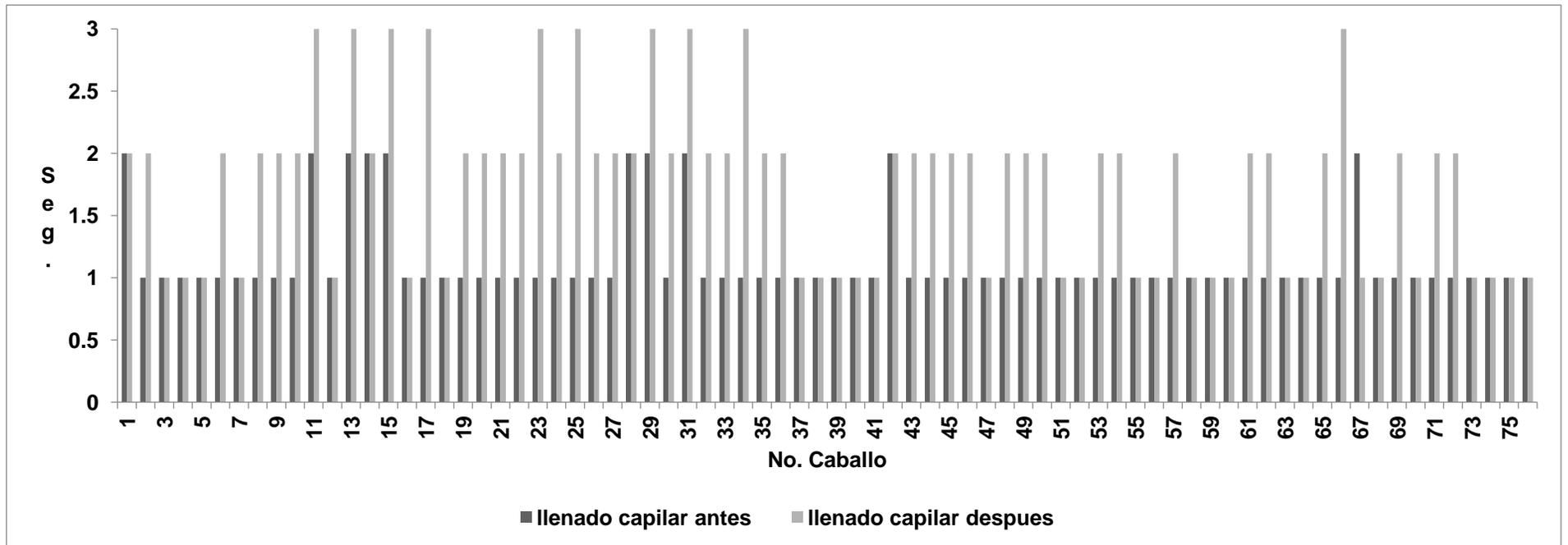
- \_\_\_\_\_. 2011 (a). Getting your Horse to Drink: Do Electrolytes Work? (en línea PDF) Italy, Montesilvano, Proceedings of the 17<sup>th</sup> Congress of the Italian Association of Equine Veterinarians. Consultado 25 mayo. 2014. Disponible en [WWW.ivis.org/proceedings/sive820118lectures8Schott4.pdf+2011-11-28](http://WWW.ivis.org/proceedings/sive820118lectures8Schott4.pdf+2011-11-28)
- Swenson, M; Reece, W. 2007. Fisiología de los animales domésticos de Dukes. Distrito Federal, México, Editorial LIMUSA, Tomo I. 516 p.
- \_\_\_\_\_. 2007(a). Fisiología de los animales domésticos de Dukes. Distrito Federal, México, Editorial LIMUSA, Tomo II. 925 p.
- Trigo, P. 2011. Fisiopatología del ejercicio en el caballo de resistencia (en línea PDF). Córdoba, España. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Consultado 7 oct. 2012. Disponible en <http://helviauco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/4467/9788469416440pdf?sequence=1>
- Tufts University. 2006. Dehydration and Electrolyte Losses in the Sport Horse (en línea). North Grafton, Massachusetts, Cummings school of veterinary medicine Consultado 7 oct. 2012. Disponible en <http://vet.tufts.edu/sports/dehydration.html>
- [Vorvick, L. 2004. Turgencia cutánea. \(en línea\). Estados Unidos de Norteamérica, Medline Plus. Consultado 19 oct. 2012. Disponible en http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003281.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003281.htm)

# **XI. ANEXOS**

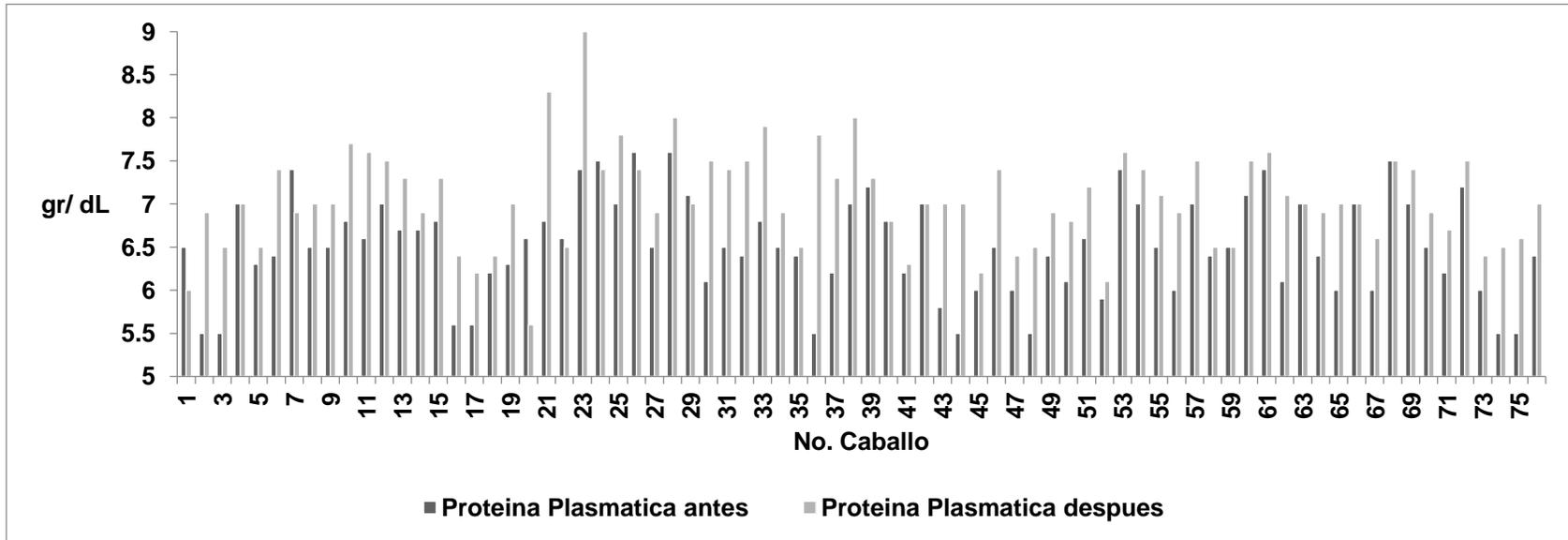
11.1 Figura 1 - Cambios de la Turgencia de la Piel antes y después de la carrera



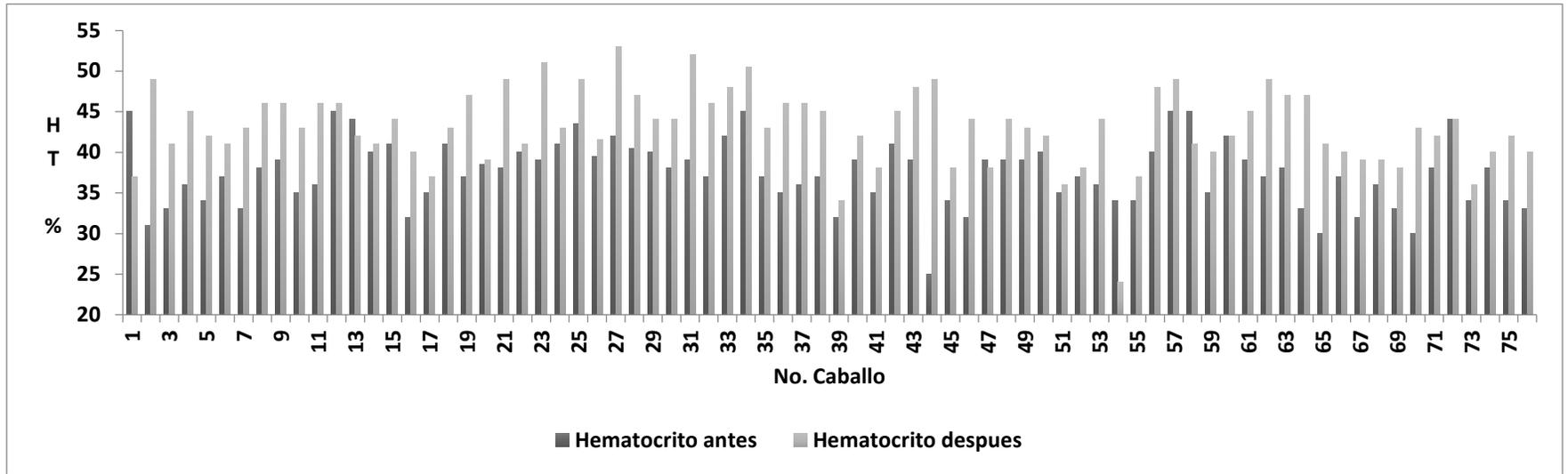
11.2 Figura 2 - Cambios del Tiempo de Llenado Capilar antes y después de la carrera



11.3 Figura3 - Cambios Proteína Plasmática antes y después de la carrera



11.4 Figura 4 - Cambios del Hematocrito antes y después de la carrera



**11.5 Cuadro 6 - Deshidratación por kilómetros recorridos y lugar de la carrera, Equinos de “endurance”, Agosto 2014.**

Kms	Cantidad caballos	Porcentaje	Lugar de la Carrera	Temperatura	Deshidratación	Total
120	2	60%	Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Grave	5
	1		Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Grave	
	1	20%	Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Moderada	
	1	20%	Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Normal	
100	1	33.33%	Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Moderada	3
	1	33.33%	Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Normal	
	1	33.33%	Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Leve	
80	1	16.67%	Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Grave	30
	2		Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Grave	
	1		Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Grave	
	1		Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Grave	
	5	40.00%	Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Moderada	
	4		Guanagazapa, Escuintla	19 - 34 °C	Moderada	
	1		Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Moderada	
	1		Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Moderada	
	1		Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Moderada	
	1	40.00%	Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Normal	

	1		Guanagazapa, Escuintla	19 - 34 °C	Normal	
	2		Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Normal	
	2		Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Normal	
	3		Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Normal	
	3		Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Normal	
	1	3.33%	Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Leve	
70	1	25%	Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Grave	4
	1	25%	Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Moderada	
	2	50%	Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Leve	
60	1	25%	Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Grave	4
	2	50%	San JoséPínula, Guatemala	17 - 24 °C	Normal	
	1	25%	Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Leve	
40	1	3.60%	San JoséPínula, Guatemala	17 - 24 °C	Grave	28
	1	14.28%	Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Moderada	
	1		San JoséPínula, Guatemala	17 - 24 °C	Moderada	
	2		Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Moderada	
	4	64.28%	Guanagazapa, Escuintla	19 - 34 °C	Normal	
	2		Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Normal	
	1		Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Normal	
	6		Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Normal	
2		San JoséPínula,	17 - 24 °C	Normal		

			Guatemala			
	3		Laguna El Pino, Santa Rosa	15 - 29 °C	Normal	
	1	14.28%	Guanagazapa, Escuintla	19 - 34 °C	Leve	
	1		Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Leve	
	1		Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Leve	
	1		San JoséPínula, Guatemala	17 - 24 °C	Leve	
30	1	50%	Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Grave	2
	1	50%	Taxisco, Santa Rosa	20 - 31 °C	Normal	

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

### 11.6 Cuadro 7 - Registro de datos, Equinos de “endurance”, Agosto 2014.

No. Caballo	Muestra	Turgencia de la piel (Seg)	Tiempo de llenado capilar (Seg)	Hematocrito (%)	Proteína plasmática (gr/dL)	Porcentaje de pérdidas de plasma sanguíneo	Kilómetros Recorridos
	Antes de la carrera						
	Al terminar Carrera						

Fuente: Elaboración propia, datos de campo.

**11.7 Cuadro 8 - Estimación del grado de deshidratación, Equinos de “endurance”, Agosto 2014.**

<b>Deshidratación</b>	<b>Porcentaje perdida de plasma sanguíneo</b>
<b>Normal</b>	<b>&lt; 5%</b>
<b>Leve</b>	<b>&gt; 5 – 7 &lt; %</b>
<b>Moderada</b>	<b>&gt; 7 – 10 &lt; %</b>
<b>Grave</b>	<b>&gt; 10%</b>

**Fuente: Colahan. 1999. Equine Medicine and Surgery.**