

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**ESTUDIO DESCRIPTIVO Y FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LAS  
MUERTES EN RAID HÍPICO URUGUAYO**

**Por**

Marcos BORGES

Agustina ROVIRA

TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias

**Orientación:** Higiene, Inspección-Control y Tecnología de los Alimentos, Producción animal

**Modalidad:** Estudio de caso

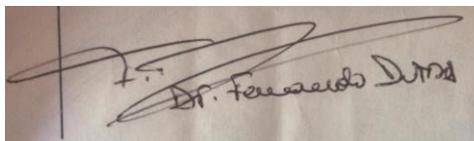
**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2020**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

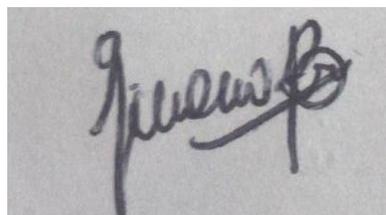
TESIS DE GRADO aprobada por:



Presidente de mesa:

---

Dr. Fernando Dutra

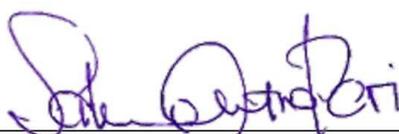


Segundo miembro (Tutor):

---

Dra. Gimena Brito

Tercer miembro:



---

***Dra. Sabrina Castro Peri***  
Unidad de Equinos Fvet/UdelaR

FECHA DE APROBACIÓN: 17/12/2020

AUTORES:

---

Br. Agustina Rovira

---

Br. Marcos Borges

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, queremos agradecer a la Dra. Gimena Brito por su tutoría, dedicación e invaluable apoyo y al Dr. Fernando Vila por su co-tutoría y paciencia.

A la Federación Ecuestre Uruguaya por brindar el material necesario y a su secretario Iván Sánchez por su buena dedicación.

Al Dr. Fernando Dutra por guiarnos, y sobre todo por el tiempo dedicado.

Al Dr. Ruben Arismendi por la entera disposición y conocimientos compartidos.

A Facultad de Veterinaria y a todos nuestros profesores por contribuir en nuestra formación profesional. A todos los compañeros y amigos que nos dejó facultad, por los momentos compartidos.

A nuestras familias, a todas esas personas que están y los que ya no están a nuestro lado, pero son parte del camino recorrido, por su apoyo, e incentivo.

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS .....	6
TABLAS .....	6
FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
SUMMTRY.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. ANTECEDENTES .....	11
2.1. Caracterización del sector ecuestre en Uruguay.....	11
2.2. El deporte ecuestre de resistencia.....	11
2.2.1 Mtrcha funcional .....	12
2.2.2 Enduro Ecuestre .....	12
2.2.3. Raid Hípico Uruguay.....	13
2.3. Causas de muerte en deportes de resistencia.....	14
2.3.1. Fracturas catastróficas .....	14
2.3.2. Trastornos metabólicos .....	16
2.3.3. Muerte súbita .....	17
2.3.4 Muertes accidentales .....	18
2.4. Factores de riesgo asociados a muertes en caballos deportivos .....	18
2.4.1. Factores intrínsecos.....	19
2.4.2 Factores extrínsecos.....	21
3. HIPOTESIS .....	25
4. OBJETIVOS .....	26
OBJETIVOS GENERALES.....	26
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	26
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
5.1. Población de estudio.....	27
5.2. Recolección de datos.....	27
5.3. Descripción de las variables .....	27
5.4. Procesamiento de los datos.....	28
5.5. Análisis estadístico .....	28
6. RESULTADOS.....	30
6.1. Fracturas catastróficas.....	34
6.2. Trastornos metabólicos.....	35

6.3. Muerte súbita.....	35
7. DISCUSIÓN.....	36
7.1. Causas de muerte .....	38
7.2. Fracturas catastróficas.....	38
7.3. Trastornos metabólicos.....	41
7.4. Muerte súbita.....	42
8. CONCLUSIONES.....	44
9. BIBLIOGRAFÍA.....	45

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS

Tabla 1- Variables y respuestas intrínsecas y extrínsecas de los caballos que compitieron en el Raid Hípico federados de marzo de 2007 a noviembre de 2018.....	27
Tabla 2- Número de equinos muertos en Raid Hípico Uruguayo entre las temporadas 2007-2018.....	30
Tabla 3- Comparación de las velocidades promedio (km/h) de los caballos que murieron y de los que vivieron en raid largos en las temporadas de Raid Hípico Uruguayo entre 2007-2018.....	31
Tabla 4- Comparación de las velocidades promedio (km/h) de los caballos que murieron y los que vivieron en raid cortos en Raid Hípico Uruguayo entre las temporadas 2007-2018.....	31
Tabla 5- Asociación entre las causas de muerte y factores extrínsecos e intrínsecos en caballos de Raid Hípico Uruguayo en las temporadas entre 2007-2018.....	33

### FIGURAS

Figura 1- Distribución por causa de muerte en caballos de Raid Hípico Uruguayo entre las temporadas 2007-2018.....	32
Figura 2- N° de animales muertos por fracturas catastróficas en las temporadas de Raid Hípico Uruguayo entre 2007-2018. A) N° de animales fracturados según hueso afectado en MT; B) N° de casos fracturados según hueso afectado en MP .....	34

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue caracterizar y describir la proporción de las causas de muerte en los equinos que participan en Raid Hípico Uruguayo e identificar posibles factores de riesgo asociadas a las mismas. Para ello, se tomó como población objeto de estudio a todos los equinos participantes en dichas competencias entre las temporadas 2007-2018 y se extrajeron los datos de las variables de estudio, que se clasificaron como intrínsecos y extrínsecos del animal. Se analizaron 748 informes veterinarios y administrativos de la Federación Ecuestre Uruguaya, encontrando 99 muertes en 16865 caballos largados en los 12 años de estudio y una tasa de mortalidad de 5,87 cada 1000 partidas. En general se observó un efecto año, la mayoría de los caballos que murieron lo hicieron durante la competencia, y la mayor proporción murió en los raid cortos (60 km). No se encontraron diferencias en función del sexo, de la velocidad, del lugar de la carrera, de la estación del año, ni en las diferentes categorías de riesgos metabólicos. Las principales causas de muerte fueron las fracturas catastróficas (44,4%) seguidas por trastornos metabólicos (35,5%) muerte súbita (17,2 %) y finalmente muertes accidentales (3%). En los casos de muerte por fracturas catastróficas la casi totalidad (43/44) de los animales requirió eutanasia y no completó el recorrido. La región anatómica más afectada fue los miembros torácicos y dentro de ellos el III hueso metacarpiano, no encontrando diferencias en el lado afectado. En las muertes por trastornos metabólicos, hubo más probabilidad de morir por esta causa luego de completar el recorrido, cuando tuvieron frecuencia cardíaca por encima de 65 latidos por minutos, en carreras con riesgo metabólico alto, en raid largos y en carreras de más de 95 km, siendo la principal causa de muerte el Síndrome de Abdomen Agudo, seguido por el Síndrome de Equino Exhausto. En las muertes súbitas, ningún animal requirió eutanasia, en donde la mayor proporción muere durante la competencia, en raid cortos y en distancias de 60 km. Los factores de riesgo identificados en este estudio para cada una de las causas, solo refleja un efecto individual de cada uno de ellos. La muerte es el resultado de un proceso complejo por lo que debe hacerse un enfoque genérico y estudiar los diferentes factores en simultáneo para ver el efecto real de su combinación y poder así prevenir futuras muertes.

## SUMMTRY

The aim of this essay was to characterize and describe the proportion of causes of death in equines participating in The Uruguayan Riding Raid and to identify possible risk factors associated with them. All equines participating in competitions between the 2007-2018 seasons were taken as the study population and the data of the study variables were extracted, which were classified as intrinsic and extrinsic of the animal. 748 veterinary and administrative reports of the Uruguayan Equestrian Federation were analyzed. 99 deaths in 16865 horses were found, released in the 12 years of study and a mortality rate of 5.87 per 1000 games was found. In general, a year effect was carried out, most of the horses that died did so during the competition, and the highest proportion died in the short raids (60 km). No differences were found based on sex, speed, place of the race, season of the year, or in the different categories of metabolic risks. The main causes of death were catastrophic fractures (44.4%) followed by metabolic disorders (35.5%) sudden death (17.2%) and finally accidental deaths (3%). In cases of death due to catastrophic fractures, almost all (43/44) of the animals required euthanasia and did not complete the route. The most affected anatomical region was the forelimbs and within them the main metacarpal, finding no differences on the affected side. In deaths from metabolic disorders, they were more likely to die from this cause after completing the course, when they had a heart rate above 65 beats per minute, in races with high metabolic risk, in long raids and in races of more than 95 km, the Acute Abdomen Syndrome being the main cause of death, followed by the Exhausted Equine Syndrome. In sudden deaths, no animal required euthanasia, with the highest proportion dying during competition, in short raids and over distances of 60 km. The risk factors identified in this study for each of the causes only reflect an individual effect of each one of them. Death is the result of a complex process, so a generic approach must be taken and the different factors studied simultaneously to see the real effect of their combination and thus be able to prevent future deaths.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, una de las temáticas más relevantes a nivel mundial, ha sido el bienestar animal y el rol que representa en cuanto a aspectos éticos, sociales y sanitarios. En Uruguay, ha habido una creciente preocupación por este tema y el equino deportivo no escapa a ello. Nuestro país se ubica en el lugar número 21 entre los países que poseen mayor población de caballos en el mundo, ocupando el segundo puesto mundial en relación a caballos por habitante (Ferrari y col., 2012). Si bien no todos los caballos son destinados a deportes ecuestres, es la población que está bajo la mira de la opinión pública. Los deportes ecuestres siempre han estado presentes en la cultura del pueblo uruguayo, especialmente cuando hablamos del Raid Hípico, un deporte de resistencia único en el mundo, que data de los años 30, lo que lo hace el deporte de resistencia más antiguo de nuestro país. Aunque las opiniones sobre la práctica de este deporte son controvertidas, el respaldo de una federación consolidada de más de 70 años, la profesionalización de los veterinarios, la evaluación y juicio de las pruebas, así como los controles más rigurosos, le han dado mayor credibilidad. Sin embargo, hay poca información disponible sobre lo que implica la práctica de este deporte desde el punto de vista clínico y de bienestar animal. Esto impone, la necesidad de iniciar investigación en este deporte con el fin de evitar y/o minimizar mortalidades asociadas a la práctica del mismo.

El Raid Hípico Uruguayo es una prueba de resistencia que se realiza en dos etapas con un descanso obligatorio intermedio donde se lleva a cabo una revisión veterinaria de los equinos. Este tipo de ejercicio, se clasifica dentro de los llamados ejercicios submáximos (baja a media intensidad y larga duración), donde los equinos galopan, en distintos tipos de pistas y bajo distintas condiciones climáticas. Se recorren distancias entre 60 y 115 km en períodos de tiempo que van desde 2 a 4,5 horas. Con el crecimiento y profesionalización del deporte, han ido aumentando las exigencias, las velocidades de carrera y con ellas las fracturas y los desequilibrios metabólicos, que muchas veces terminan con la vida del animal. Tanto las fracturas catastróficas como el Síndrome de Equino Exhausto y el Síndrome de Abdomen Agudo son las causas más frecuentes de pérdidas de caballos de Raid Hípico Uruguayo (Reglamento Federación Ecuestre Uruguayo, 2019). Además de éstas la muerte súbita y las accidentales debidas a traumatismos también han sido reportadas como causa de muerte por parte de la Federación Ecuestre Internacional (FEI) y por la Federación Ecuestre Uruguayo (FEU).

No hay muchos estudios que vinculen la muerte de los caballos en deportes de resistencia con factores de riesgo, generalmente se los asocia a los motivos de eliminación durante las competencias. Algunos estudios han investigado factores de riesgo de eliminación por claudicaciones o trastornos metabólicos que incluyen distancia (Perkins y col., 2005), carreras previas (Nagy y col., 2010, 2014a, 2014b), edad (Benet y Parkin, 2018), condiciones climáticas (Legg y col., 2019), estación del año (Legg y col., 2019).

Por su parte, la FEU maneja números globales de muertes de equinos por año, documentando casos puntuales, pero no se ha estudiado la frecuencia de las diferentes causas de muerte a lo largo de los años, o si estas pueden estar

asociadas a factores propios de los animales, ambientales y/o de las competencias. Por lo que en el presente trabajo de tesis de grado se pretende identificar la proporción y frecuencia de las causas de muerte en equinos de Raid Hípico Uruguayo y si hay factores que puedan estar relacionadas con los mismos. La identificación de éstos y la extensión de esta información a la comunidad veterinaria actuante en los eventos de esta disciplina ecuestre, puede ayudar a reducir las muertes y/o evitarlas.

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. Caracterización del sector ecuestre en Uruguay**

Nuestro país se ubica en el puesto número 21 entre los países que poseen mayor población de caballos en el mundo y cuenta con aproximadamente 425000 cabezas de equinos, ocupando el segundo puesto mundial en relación a habitantes por caballo. Del total de equinos, el 87% corresponde a las categorías agro y servicios, 7-8 % a razas funcionales, 4-5 % a deportes ecuestres y 1-2 % a turismo y enseñanza. Dentro del grupo de los equinos deportivos, la hípica (turf) es la que nuclea la mayor cantidad de animales en actividad, un 39%, seguida por el enduro con un 22%, el Raid Hípico con el 11% y el polo con el 5 % (Ferrari y col. 2012).

Se estima que el sector ecuestre en Uruguay genera aproximadamente 12000 puestos de trabajo de tiempo completo, los usufructuarían cerca de 18000 individuos que perciben ingresos totales o parciales de estas actividades. El aporte del sector a la economía nacional es superior a los U\$U 335 millones anuales, dentro de ellos, los deportes ecuestres, razas funcionales y actividades relacionadas al turismo y enseñanza en su conjunto aportan U\$U 209 millones anuales, siendo el turf y el Raid Hípico Uruguayo los que arrojan mayores aportes. En cuanto a las exportaciones totales ingresan U\$U 29 millones anuales, representan un 9% del aporte sectorial, siendo U\$U 5 millones aportados por la exportación de animales en pie (Ferrari y col., 2012).

### **2.2. El deporte ecuestre de resistencia**

Los ejercicios ecuestres de resistencia se clasifican dentro de los llamados submáximos (baja a media intensidad y larga duración) (Muriel, 2014), en los que, durante algunas horas, los equinos están galopando en distintos tipos de pistas y bajo distintas condiciones climáticas. Aunque probablemente haya habido competencias de resistencia desde la domesticación del caballo, estas disciplinas son relativamente nuevas. El origen de las competencias de resistencia en particular, está ligado al papel que el caballo desempeñó en primer lugar, en la guerra y en segunda instancia, en la comunicación civil. Por esta razón, esta disciplina hípica adopta un nombre militar: raid (incursión o ataque por sorpresa) (Trigo, 2010).

Las primeras competencias tienen orígenes militares, con participación restringida a las caballerías. En 1913 se desarrollaron las dos primeras carreras civiles que se continúan realizando actualmente. La primera de ellas en EE.UU con 480 km de distancia (Trigo, 2010), y el 13 de octubre de 1913 en Sarandí Grande (Florida, Uruguay), una prueba de 85 km (Vizoso, 2011); competencia que marcó el inicio del Raid Hípico Uruguayo. Debido a la muerte de los 13 participantes, la actividad se vio suspendida durante unos años para volver a realizarse el 12 de octubre de 1934 en Sarandí Grande, con la participación de

14 binomios y desde entonces esta prueba hípica se ha realizado de forma ininterrumpida (Maisonave y Lockhart, 2012). En 1955, se organiza la primera carrera moderna de enduro en Estados Unidos, en donde se puso a prueba la capacidad del caballo de recorrer 160 km en menos de un día. Por primera vez participaron veterinarios para evitar el abuso en animales extenuados. En estas disciplinas de resistencia muchos participantes compiten buscando mejorar su rendimiento anterior, sin rivalizar directamente con los otros jinetes, considerando cubrir la distancia como un triunfo (Trigo, 2010).

Actualmente en nuestro país se practican fundamentalmente 3 deportes de resistencia: marcha funcional, enduro y Raid Hípico Uruguayo.

### **2.2.1 Marcha funcional**

Esta disciplina es la base de la selección funcional de la raza criolla, se inició en el año 1946 con el nombre de “raid para yeguas criollas”. Está regulada por la Sociedad de Criadores de Caballos Criollos del Uruguay (S.C.C.C.U), quien fue la primera en realizar marchas de largo aliento en la raza, teniendo como finalidad seleccionar características de resistencia, rusticidad y poder de recuperación de los animales. Se realiza una vez al año y los binomios recorren 750 km durante 15 días, teniendo como única alimentación forraje de campo natural. El peso del jinete y equipo de montar debe ser como mínimo 95 kg.

Un mes antes del inicio de la competencia todos los equinos inscriptos deben concentrar en un campo, para equiparar tanto el entrenamiento como la alimentación y así competir en condiciones lo más homogéneas posible. La marcha tiene 11 etapas reguladas en donde los tiempos de cada etapa están preestablecidas y 3 etapas libres, donde la velocidad no es controlada y está determinada por los propios jinetes. Luego de finalizada cada etapa los participantes deben llevar a sus equinos al control veterinario para comprobar la integridad física del mismo, no existiendo un tiempo límite para hacerlo. Los veterinarios de la competencia aconsejan al jinete y propietario si continuar o no a la siguiente etapa, pudiendo eliminar al binomio de la prueba en caso de que el estado de salud del equino este comprometido. El resultado final de la prueba se da por la sumatoria de los tiempos empleados a lo largo de los 15 días de marcha, el binomio que acumule menos tiempo es el ganador (Dartayette, 2020, comunicación personal).

### **2.2.2 Enduro Ecuestre**

El enduro ecuestre o enduro es el único deporte practicado mundialmente con reglas similares, donde se desafía al máximo la resistencia del caballo (Trigo, 2010), se pone a prueba la velocidad, habilidad, resistencia física y psicológica

de caballo y jinete, ya que ambos deben recorrer grandes distancias en un día, a través de los más diversos terrenos. Para lo anterior, el jinete debe tener la capacidad de dosificar el esfuerzo de su caballo y llevar un ritmo adecuado durante la prueba, ya que gana el primer binomio que llegue con el caballo en condiciones aceptables (Ferrari y col, 2012). El deporte es regulado internacionalmente por la Federación Ecuestre Internacional (FEI), en Uruguay por la Asociación Uruguaya de Enduro Ecuestre (AUDEE) integrante a su vez de la Federación Uruguaya de Deportes Ecuestres (FUDE).

Se compite durante todo el año y cada binomio cuenta con un equipo que lo asiste con agua y alimentos en determinados puestos de apoyo durante la competencia. El formato actual contempla carreras de 100, 120 y 160 km en un día (Federación Ecuestre Internacional, 2020), y si bien aún se aceptan carreras de dos días, son cada vez más escasas (Trigo, 2010). Para poder competir en esta disciplina los equinos deben tener un mínimo de 5 años de edad para comenzar su carrera deportiva y posteriormente, en función a su edad y pruebas finalizadas, podrán competir en carreras de mayor distancia. El peso del jinete con su equipo de montar, varía entre 60 y 75 kg dependiendo de la categoría en la que compite y del nivel del evento en el que participa.

La competencia consiste en completar entre 3 a 6 etapas (con un máximo de 40 km cada una), dependiendo de la distancia total a recorrer. El recorrido es muy variado, con varios tipos de suelo y obstáculos naturales, aunque actualmente esto no es una constante para todos los países. Al final de cada fase, incluyendo la finalización de la carrera, los caballos deberán ser presentados a una inspección veterinaria, dentro de un tiempo preestablecido por reglamento (15 min), de superar el animal el número de pulsaciones permitidas (64 latidos por minuto, lpm) o mediar alguna lesión (claudicaciones, heridas), se descalificará al binomio. El ganador de la competencia es el primer binomio que arriba a la meta y el equino pase la inspección veterinaria (Ferrari y col, 2012).

### **2.2.3. Raid Hípico Uruguayo**

El Raid Hípico Uruguayo (RHU) es una competencia (de resistencia y velocidad) que solamente se disputa en nuestro país. Esta disciplina es regulada desde 1944 por la Federación Ecuestre Uruguaya (FEU). La temporada de RHU se lleva a cabo de marzo a noviembre de cada año, y los binomios cuentan con un equipo que lo asiste con agua y alimentos durante toda la carrera. Las competencias están divididas en dos categorías, pruebas cortas de 60 km y pruebas largas de 80 a 115 km. Actualmente, los equinos deben tener al menos 5 años de edad para poder participar en este deporte. El jinete y equipo de montar deben pesar al menos 85 kg, para cualquiera de las distancias recorridas.

La competencia se lleva a cabo en dos etapas, abarcando la primera 2/3 del recorrido total. Se desarrollan sobre rutas nacionales y caminos vecinales y entre cada etapa hay un descanso obligatorio de una hora, con un control veterinario a los 20 minutos de haber arribado a la primera etapa, donde se realiza una evaluación metabólica y funcional del equino. Una vez cumplido el control y autorizado a continuar, se realiza el resto del recorrido. Al terminar la prueba todos los participantes deben concurrir a un hospital, para ser evaluados y egresan una vez que los veterinarios comprueban clínicamente su estado de recuperación. El ganador de la competencia es el primer binomio que arribe a la meta y que sea presentado en óptimas condiciones al día posterior de la prueba ante los veterinarios y jurados de la misma (<http://www.federacionecuestreuruguay.com.uy/documentacion.html>).

### **2.3. Causas de muerte en deportes de resistencia**

La mayor parte de la bibliografía científica es referente a las causas de eliminación en competencia en caballos de enduro. Rose (1986) reportó que, en éstos, el 40-70% de las eliminaciones eran debidas a claudicaciones, 5-40% a trastornos metabólicos y 10-50% abandonos o retiros voluntarios, cifras que se siguen manteniendo actualmente (Nagy y col., 2010; Fielding y col., 2011; Nagy y col., 2014a, 2014b; Beccati y Conte., 2015; Younes y col., 2015; Muñoz-Alonzo y col., 2016; Bennet y Parkin., 2018). Sin embargo, estos porcentajes cambian cuando hablamos de RHU en donde el 68% de los participantes son eliminados por trastornos metabólicos, el 32% por claudicaciones y abandonan la competencia entre un 13-20% (Estadísticas congreso anual FEU, 2019), lo que denota un mayor esfuerzo.

Dentro de las causas de muerte en caballos de resistencia, la FEI en su reporte anual del 2017, informó 37 muertes de caballos entre 2014 y 2017, de las cuales 21 fueron debido a fracturas catastróficas, 5 casos debido a muertes accidentales, 4 por muerte súbita, 4 debido a trastornos gastrointestinales y 3 por causa desconocida. Por su parte, la FEU maneja números globales de muertes por año sin llevar un registro del número por causa, reportando muertes por fracturas catastróficas, cuadros metabólicos y muertes accidentales (Estadísticas congreso anual FEU, 2019).

#### **2.3.1. Fracturas catastróficas**

Una de las principales causas de muerte en el RHU son las fracturas catastróficas (FEU); éstas son fracturas completas de huesos largos, vértebras o lesiones del aparato locomotor, por las cuales un caballo debe ser eutanasiado

siguiendo protocolos internacionales (Rocca y Dutra, 2018). Teniendo en cuenta que el peso promedio de un equino deportivo es de aproximadamente 450 kg, los huesos, tendones, ligamentos y articulaciones de los miembros soportan grandes cargas durante la competencia, especialmente cuando vienen corriendo a altas velocidades, ya que, en determinado momento de la marcha, recae todo el peso sobre una sola extremidad. Estas complejas fuerzas impuestas durante el ejercicio sobre el sistema músculo-esquelético predisponen a fracturas (Acosta, 1995; Stashak, 2004).

La mayoría de las fracturas catastróficas que ocurren en caballos Pura Sangre de Carreras (PSC) en entrenamiento y en competencia son precedidas de la acumulación de grietas o fisuras óseas microscópicas que debilitan los huesos en lugares específicos (sitios de predilección). Estas pequeñas grietas no se asocian a un solo evento traumático, sino que ocurren bajo la carga dinámica repetitiva del hueso y por tal motivo son llamadas “fracturas de fatiga o estrés”. A menudo van precedidas de signos clínicos muy sutiles, pero la mayoría de las veces pasan desapercibidas con las técnicas clínicas y radiológicas de rutina. Con cada trauma la tasa de acumulación de daño se acelera y genera un círculo vicioso que conduce finalmente a una fractura catastrófica (Rocca y Dutra, 2018). La identificación temprana de estas fracturas por estrés permite retirar a los caballos del entrenamiento o carrera antes de que se complete la fractura. En algunos estudios se ha visto que se incrementa el riesgo de fracturas por estrés en PSC cuando se incrementa la distancia en el entrenamiento (Estberg y col. 1996a; Verheyen y col., 2006a). Aunque los caballos de enduro compiten y entrenan a velocidades más bajas que los caballos PSC, los caballos de resistencia corren el riesgo de padecer patologías óseas inducidas atléticamente debido a las largas distancias recorridas y a velocidades cada vez mayores (Misheff y col., 2010). En un estudio retrospectivo de fracturas en caballos de resistencia derivados a un hospital de referencia entre 2005 y 2008, incluyendo equinos fracturados tanto en competencia como en entrenamientos, encontraron que, de un total de 38 caballos, con 41 fracturas, el 80% eran de miembros torácicos. Casi el 75% involucraban la articulación metacarpo (MC)-metatarso (MT)- falangiana. Veinte de los 38 caballos tenían fracturas de MC/MTIII y 17 de ellos tenían fracturas condilares (Misheff y col., 2010).

En nuestro país, los resultados del trabajo realizado por Rocca y Dutra (2018) sobre fracturas catastróficas en el Hipódromo Nacional de Maroñas, revelan que el 84% de las fracturas eran de miembros torácicos y el 16% de miembros pélvicos. Además, los huesos largos son los más afectados, principalmente el III hueso metacarpiano (MCIII), húmero y tibia.

### 2.3.2. Trastornos metabólicos

Los trastornos metabólicos son una de las principales causas de eliminación y muerte de caballos en los deportes de resistencia (Foreman, 1998). Dentro de este conjunto de patologías, se encuentra el Síndrome de Equino Exhausto (SEE), que se define como un complejo etiológico que abarca pérdidas de fluidos y electrolitos, desequilibrios ácido-base, trastornos en la termorregulación, depleción de las reservas de energía en condiciones medioambientales extremas (Boffi, 2006). Se presenta principalmente en los equinos que desempeñan ejercicios submáximos (Trigo, 2010). La extenuación representa el grupo de patologías que requiere con mayor frecuencia una intervención médica veterinaria en caballos de deporte durante la competición, especialmente en pruebas de resistencia y prueba completa (Muñoz y col., 2006). La tasa metabólica del equino es de aproximadamente 25% (Kleiber, 1975), es decir que ante la oferta energética tan solo el 25% se transforma en energía cinética y el resto debe eliminarse como calor. Esto hace que el equino de resistencia esté expuesto a desajustes metabólicos dependiendo de la intensidad de la prueba, recurriendo a la refrigeración evaporativa por la sudoración, como único medio eficaz para eliminar el calor (Muriel, 2014). Si la deshidratación llega a ser severa, se inhibe la refrigeración y progresa la hipertermia, que se acompaña de numerosas alteraciones sistémicas, como fallo circulatorio, hipoxia, incremento de las demandas metabólicas, activación de la cascada de la inflamación y de la coagulación sanguínea, desencadenando una disfunción multiorgánica progresiva (Bouchama y Knochel 2002).

Durante el ejercicio, el flujo sanguíneo se redistribuye a las grandes masas musculares activas y a la piel, a expensas de la perfusión intestinal disminuyendo así la capacidad de absorción de agua, electrolitos y energía, lo que reduce las posibilidades de recuperación (Flaminio y Rush, 1998). En ejercicio de alta intensidad, el flujo sanguíneo intestinal puede ser reducido hasta en un 70% y se ha estimado en humanos que la isquemia gastrointestinal puede ser inducida por una reducción del 50% (Ter Steege y col., 2011). No existe mucha información acerca de la redistribución sanguínea, motilidad, secreción y absorción a través del tracto gastrointestinal (TGI) en caballos, pero sin embargo un estudio realizado en ponis sobre cinta, a una intensidad del 75% de la frecuencia cardíaca máxima, mostro una reducción significativa en el flujo sanguíneo al ciego y colon mayor entre 40 y 50% respectivamente (Duren, 1999). Además, la pérdida de electrolitos y el desbalance ácido-base que se instaura en el organismo junto con la deshidratación, genera trastornos en la conducción nerviosa, que altera la motilidad y tránsito en las distintas partes del TGI (Laens y col, 2014), predisponiendo a íleo, cólicos espasmódicos y topográficos, patologías que se clasifican dentro del Síndrome de Abdomen Agudo (SAA).

La principal causa que generalmente lleva a la muerte de los caballos con este síndrome se conoce como endotoxemia: presencia de endotoxinas en el torrente sanguíneo (Lohmann y Barton. 2005). En condiciones normales las bacterias anaerobias gram negativas de la flora intestinal liberan una pequeña cantidad de endotoxinas que atraviesan la mucosa intestinal intacta y llegan por la circulación al hígado, donde el sistema fagocítico mononuclear se encarga de eliminarlas. Pero cuando hay gran proliferación de estas bacterias como en los casos de íleo o necrosis de la pared intestinal, se facilita la translocación bacteriana, la capacidad del hígado de detoxificar lipopolisacáridos se ve comprometida y comienza el proceso de endotoxemia (Estrella, 2018). Esta translocación bacteriana es el inicio del cuadro endotóxico que implica la entrada de bacterias y productos endógenos desde el TGI hacia tejidos y circulación sistémica (Lohmann y Barton. 2005). Como consecuencia sobreviene el proceso de “shock séptico” generando hipotensión inducida por sepsis e hipoperfusión que termina en “síndrome de disfunción orgánica múltiple” (Bone y col., 1992).

Por otra parte, puede ocurrir una activación de la cascada de la coagulación, secundaria al estado de sepsis que junto con la merma de anticoagulantes endógenos que se presenta en las infecciones graves, desencadenan la coagulación intravascular diseminada (CID), con posible obstrucción de la microcirculación, contribuyendo a la disfunción (Zeerleder y col., 2005; Levi, 2008; Robboy y col., 1972). El pronóstico vital depende de la gravedad de las complicaciones asociadas con la endotoxemia (Morris, 1991), culminando muchas veces con la muerte del animal.

### **2.3.3. Muerte súbita**

La muerte súbita, es otra de las razones que se han reportado como causa de muerte de los equinos. Se ha definido como un colapso agudo y muerte de un caballo aparentemente sano que ocurre a los pocos minutos de la aparición de signos de enfermedad (Lucke, 1987). Las causas de muerte súbita en los caballos son numerosas e incluyen enfermedad gastrointestinal, del sistema nervioso central, hemorragia o reacciones a drogas, siendo la principal las patologías cardiovasculares. Si bien la literatura es escasa, la mayoría de los estudios están referidos a caballos de carrera (Boden y col., 2006; Lyle y col., 2012). En éstos, la hemorragia pulmonar (19–82% de los casos), (Brown y col., 1998; Johnson y col., 1994; Lyle y col., 2011) y la ruptura idiopática de vasos sanguíneos, en particular de la arteria aorta, (9-24% de los casos) (Platt, 1982; Lyle y col., 2011) son las causas más frecuentes.

En las necropsias de animales muertos por muerte súbita se encuentran lesiones macroscópicas en aproximadamente el 25 % de los casos (Lyle y col., 2011). Las mismas incluyen cambios valvulares (especialmente en la válvula aortica)

(Young, 2007), fibrosis, hipertrofia atrial derecha, dilatación ventricular, hipertrofia ventricular izquierda, ruptura de cuerdas tendinosas, lesiones en los vasos sanguíneos (Platt, 1982) y otras patologías misceláneas (Navas de Solis, 2016). Sin embargo, en el 20-68% de los casos la muerte súbita sigue siendo inexplicable aun después de la necropsia de los caballos (Brown y col., 1988; Johnson y col., 1994; Lyle y col., 2010; Lyle y col., 2011).

Según Boden y col, (2006) en un estudio realizado en Victoria, Australia encontraron que el riesgo de muerte súbita en caballos de carrera era de 0,08 y 0,29 cada 1000 partidas para carreras de velocidad y con obstáculos respectivamente. Además, en un estudio realizado por Lyle y col., (2011) la prevalencia de muerte súbita en caballos de carreras en el Reino Unido entre 2000-2007 fue 0,28 cada 1000 partidas. Comyn y col., (2017), encontró una prevalencia de 0,14 muertes súbitas cada 1000 partidas en eventos durante competiciones sancionadas por la FEI entre 2008-2014. Por otro parte, en un estudio retrospectivo realizado por Navas de Solis y col., (2018), encontró que la muerte súbita se da más comúnmente en las pruebas completas (40,4%) y en caballos pura sangre de carrera (40,4%). Además, el 71,9% de los caballos colapsaron durante el ejercicio, 42,1% caballos murieron durante o cerca del momento de la competencia y 57,9% durante o cerca del momento del entrenamiento y que en 22,8 % de los caballos se realizó un estudio post mortem, encontrando que la causa de muerte era de origen cardiovascular. En caballos de enduro se reportaron 4 muertes súbitas entre 2014 y 2017 (reporte anual de FEI).

### **2.3.4 Muertes accidentales**

Las muertes accidentales son aquellas que se dan por diversos sucesos o acontecimientos involuntarios, imprevistos y repentinos causados por medios externos, que por la severidad de las lesiones desencadenen la muerte del equino. La FEI en su reporte anual del año 2017 informo que desde el año 2014 al 2017, de las 37 muertes ocurridas, 5 se debían a esta causa. Balch (2019), reportó que 1 caballo murió al caer de un acantilado durante una competencia.

### **2.4. Factores de riesgo asociados a muertes en caballos deportivos**

Los estudios que relacionan factores de riesgo con muertes en deporte de resistencia son muy escasos. En enduro ecuestre, deporte que más se asemeja al RHU, se realizó un estudio en el que encontraron que la distancia fue un factor muy asociado a la muerte de los equinos, determinando que, a mayor distancia recorrida, mayores son los riesgos de morir (Balch, 2019). Sin embargo si existen diversos trabajos que estudian y determinan los factores de riesgo asociados a

la eliminación de los equinos en las competencias de resistencia, hallándose factores intrínsecos tales como la edad (Benet and Parkin, 2018), sexo (Pryor, 2005), número de carreras corridas (Nagy y col., 2010,2014a, 2014b), frecuencia cardíaca (Adamu y col., 2012; Mohamed y col., 2015) y factores extrínsecos como la distancia (Perkins y col., 2005), condiciones climáticas (Legg y col., 2019) y estación del año (Legg y col., 2019).

#### **2.4.1. Factores intrínsecos**

##### **Edad**

La edad del caballo puede influir en el riesgo de eliminación y muerte en competencia tanto por alteraciones del aparato locomotor, como por trastornos metabólicos. Cuando el cartílago epifisario distal del radio se osifica totalmente, se dice que el caballo ha alcanzado su madurez ósea, lo que corresponde a 22 a 36 meses de edad según los autores (Fretz, 1980; Getty, 1982). La edad de inicio de la actividad física debería coincidir con la etapa final del desarrollo y crecimiento músculo esquelético (Anderson y col., 2004), por lo tanto, del mismo modo que se debe tener cuidado de no sobrecargar caballos jóvenes y en desarrollo para prevenir lesiones catastróficas, se debe considerar que, en los caballos mayores, la fuerza e integridad de los tejidos comienza a deteriorarse con la edad (Murray y col., 2006). Algunos autores afirman que una extensa historia deportiva, con más km recorridos en entrenamientos y carreras previas, sumados a la edad, pueden acumular pequeñas lesiones sobre huesos y tendones, muchas veces subclínicas que aumentan la probabilidad de lesiones en huesos y tejidos blandos (Estberg y col., 1996,1998; Williams y col., 2001; Parkin y col., 2005; Henley y col., 2006; Bennet and Parkin., 2018). En contraposición, Fielding y col., (2011) afirman que los caballos mayores de 6 años tienen mayores riesgos de eliminación en comparación con caballos más jóvenes en carreras de resistencia, pudiendo deberse a una estrategia de carrera más conservadora en animales más jóvenes.

Según el estudio realizado por Adamu y col., (2014), la mayoría de los caballos que completaron la carrera sin problemas tenían entre 6 y 10 años, además observaron que la mayor proporción de los caballos eliminados de la carrera tenían entre 11 y 15 años de edad. Por otra parte, Legg y col., (2019) afirmaron que los riesgos de eliminación por razones metabólicas también se incrementan proporcionalmente con la edad del caballo.

Es sabido que los caballos viejos (mayores a 20 años) sufren un cambio en la distribución de la masa muscular, disminuyendo la capacidad aeróbica (Lehnhard y col., 2001; Lehnhard y col., 2002) y la de termorregulación (McKeever, 2002). McKeever (2010), ejercitó 6 caballos jóvenes ( $7 \pm 0,5$  años de edad) y 5 adultos ( $26.0 \pm 0,8$ ) y observó que los adultos alcanzaron una temperatura interna de  $40\text{ C}^\circ$  en casi la mitad del tiempo requerido por los más

jóvenes. De aquí la afirmación de que los caballos más viejos no pueden disipar el calor generado en el ejercicio tan rápido como los jóvenes, llevando a un aumento más rápido de la temperatura central luego de iniciado el ejercicio, pudiendo generar una hipertermia severa. Esta condición se podría ver agravada si le sumamos condiciones patológicas como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, o la hemorragia pulmonar inducida por el ejercicio que tienden a ser más frecuente en animales mayores, pudiendo afectar negativamente la función respiratoria durante el esfuerzo (Lekeux y Art, 1994). Además, según Lyle y col., (2011), las probabilidades de muerte súbita aumentan 1,3 veces con cada año del animal.

## **Sexo**

No se han encontrado diferencias significativas en la distribución de muertes en equinos deportivos atribuibles al sexo. Rocca y Dutra, (2018), encontraron que de los 88 casos de equinos con fracturas catastróficas analizados en el Hipódromo Nacional de Maroñas, 64% de estos eran machos y 36 % hembras, similar a la población registrada en el hipódromo.

Es sabido que el celo en las yeguas puede disminuir el rendimiento deportivo o generar alteraciones comportamentales en las mismas. Esto puede ser explicado a través de la presencia de dolor en región lumbar o miembros pélvicos, las hembras se manifiestan agresivas y se observa balanceo de cola durante el entrenamiento (Jorgensen y col., 1996). Algunas yeguas experimentan dolor en el periodo periovulatorio que varía en intensidad, desde una leve molestia a nivel ovárico durante la palpación rectal hasta dolor tipo cólico (Cox y DeBowes, 1987; Pryor, 2005). Los cambios hormonales que se experimentan durante el celo tienen efectos sobre otras regiones corporales como a nivel musculoesquelético, donde hay un aumento en la percepción del dolor, se ve afectada la recuperación muscular y distensibilidad de los tendones (Bell y coll., 2009; Enns y Tiidus, 2010). Muchas veces los signos o manifestaciones asociados al celo son confundidos con molestias a nivel urogenital o claudicaciones (Vandewall y col., 2011), afectando drásticamente el rendimiento deportivo y haciendo que las yeguas sean eliminadas en competencia.

## **Número de carreras previas**

El número de carreras previas fue confirmado como un importante factor de riesgo de eliminación por marcha irregular y motivos metabólicos, ya que estos caballos pueden ir acumulando lesiones en cada carrera (Nagy y col., 2010, 2014a, 2014b). Nagy et al., (2014) afirma que la elevada tasa de eliminación debido a claudicaciones puede ser causada por el intenso cronograma de carreras a nivel de los países estudiados. Muchas veces los animales vuelven a competir nuevamente antes de haberse recuperado de la competencia anterior,

por lo que él autor afirma que un caballo necesita al menos 91 días antes de la próxima carrera para así disminuir la probabilidad de eliminación.

### **Frecuencia cardíaca**

Tanto en el enduro como en el RHU la frecuencia cardíaca (FC), es el principal parámetro evaluado en los controles veterinarios. La FC es un buen indicador del estrés y el estado de salud en los caballos en competencia (Valette y col., 1996; Von Borell y col., 2007; Munsters y col., 2013;). En los animales con buen entrenamiento se reduce el tiempo de recuperación de la FC, debido a una mejora en la función del sistema parasimpático posterior al ejercicio y al aumento de la capacidad aeróbica (Hada y col., 2006; Bitschnau y col., 2010). Por lo tanto, ésta reactivación vagal inmediata se ha asociado a una reducción en el riesgo de muerte (Schwartz y col., 1992).

Diversos estudios (Adamu y col., 2012; Mohamed y col., 2015) han asociado el tiempo de recuperación de la FC con el riesgo de eliminación. Encontraron que durante competencias de enduro, se puede predecir la eliminación de los caballos por el tiempo de recuperación de la FC. Si el tiempo de recuperación cardíaca se prolonga durante más de 11 minutos en el control veterinario posterior a la 1° o 2° etapa, o excede los 13 minutos en control de la 3° o 4° etapa, hay un 70% de probabilidad de que esos animales sean eliminados en el siguiente control debido a una FC alta. Por otra parte, Younes y col. (2015), demostró que los caballos eliminados tenían mayor FC y un tiempo de llenado capilar más retardado en los controles veterinarios, que los caballos que clasificaban sin problemas. Esta FC elevada puede ser una advertencia o signo de fatiga periférica y central que están experimentando estos animales. En un trabajo realizado por Cole y col. (1999), se utilizó una reducción de 12 lpm después de finalizado el ejercicio como un indicador de buena recuperación de la FC, asociándolo a un bajo riesgo de muerte durante la competencia.

#### **2.4.2 Factores extrínsecos**

##### **Condiciones ambientales: temperatura ambiente, humedad relativa e índice de temperatura y humedad.**

Debido a que las pruebas de RHU se disputan entre marzo y noviembre, existen variaciones de temperatura ambiental (TA) que van desde 0°C a 30°C y diferentes porcentajes de humedad relativa (HR) (Taborda y col, 2015). La disipación del calor endógeno por parte del animal se puede ver dificultada por las condiciones ambientales desfavorables de temperatura y humedad (Lindinger, 2008). Está demostrado que la tasa de acúmulo de calor es proporcional a las condiciones ambientales, la intensidad del ejercicio y la hidratación del animal (Geor, 2000). Cuando la TA alcanza la temperatura

superficial de la piel y la HR es del 100%, el caballo ya no puede disipar calor a su entorno. Sin embargo, cuando la TA es menor a la temperatura superficial de la piel y la HR es baja (menor 40 %), el sudor se evapora de manera eficiente (Marlin y col., 1999). Nagy y col. (2014b), demostraron que a temperaturas mayores a 22C° una mayor proporción de caballos requerían tratamientos por trastornos metabólicos, incrementando el riesgo de ser eliminados de la competencia.

Para evaluar las condiciones climáticas de cada competencia y poder relacionar la TA y HR se ha utilizado el Índice de Estrés Ambiental (IEA), antes conocido como índice de confort (IC) (Acosta, 1995). El IC se utiliza tanto para predecir el riesgo metabólico de los caballos que llevan a cabo un ejercicio de resistencia (Mackay-Smith y Cohen, 1982), como para aportar información acerca de la facilidad o dificultad que el caballo puede tener para disipar calor según las condiciones ambientales del día de la carrera (Laens, y col., 2014).

$$\text{Índice de Confort} = \text{HR \%} / 1,8 + \text{TA C}^\circ$$

Marichal y Hernández (2013) dividieron el IC en 3 categorías:

- 1) Riesgo metabólico bajo: menor de 54,44.
- 2) Riesgo metabólico medio: 54,44 a 65,55.
- 3) Riesgo metabólico alto: mayor de 65,55.

A medida que el IC aumenta, se hace menos favorable el ejercicio y se ven afectados los mecanismos de termorregulación llevando a una mayor pérdida de electrolitos en el sudor, deshidratación y alteraciones gastrointestinales (Acosta, 1995). En estas condiciones donde la TA y la HR son altas, la eficiencia de la refrigeración por evaporación estará limitada, generando un mayor riesgo de estrés térmico. Si el ejercicio se continúa, la deshidratación simultánea reduce la eliminación de calor desde el interior a la periferia, lo que aumenta aún más el riesgo metabólico (Hodgson y col., 1994).

### **Estación del año**

En los meses de verano, la mayor TA y HR coincide con mayor dureza de las pistas, lo que incrementa las fuerzas de contusión y concusión en el sistema locomotor de los animales; de igual forma se reportó un incremento de los riesgos de eliminación por razones metabólicas en estos meses (Legg y col, 2019). Esto coincide con lo revelado por el trabajo de Flamino y Rush (1998), donde se producen más eliminaciones por trastornos metabólicos en los meses de verano, mayormente en países cálidos y húmedos.

En el trabajo realizado por Legg y col., (2019), se puede observar que a medida que transcurre la temporada, los caballos comienzan a participar en competencias de mayor distancia, acumulando carreras y pequeñas lesiones. Lo que hace coincidir las mayores distancias, acumulo de carreras, altas

temperaturas y humedad de los meses cálidos, aumentando el riesgo de lesiones y trastornos metabólicos. Los trastornos hidroelectrolíticos y ácido-base más acentuados en los meses de verano debido a la mayor sudoración de los animales para disipar el calor producido en el ejercicio, son capaces de desencadenar arritmias cardíacas fatales, y por lo tanto se asocia esta época del año a una mayor probabilidad de muerte (Lyle y col., 2011).

## **Distancia**

Algunos autores han señalado que a mayor distancia de carrera mayores son los riesgos de padecer problemas metabólicos o locomotores (Perkins y col., 2005; Boden y col., 2006; Fielding y col., 2011; Bennet y col., 2018). En el estudio realizado por Balch (2019), reveló que la mayoría de las fatalidades metabólicas en el enduro ocurren en las carreras de 160 km, donde un 56% de esos caballos son eliminados durante la competencia, un 11% completa la prueba, pero no clasifica y un 33 % clasifica con normalidad, ocurriendo la muerte posterior a la finalización del evento. Esto se podría explicar ya que el riesgo de padecer patologías metabólicas o locomotoras se incrementa de forma proporcional con el tiempo en que el animal se encuentra en competencia (Parkin, 2008).

Lyle y col., (2011) observaron que las probabilidades de muerte súbita aumentan 1,3 veces por cada km de distancia recorrido en la competencia siendo mayor el tiempo en el que los animales están expuestos al riesgo. Por otra parte, carreras de largas distancias muchas veces implican que alguna etapa se dispute en horas de oscuridad, ya sea muy temprano en la mañana como por la tarde, haciendo más difícil de juzgar el terreno e incrementando el riesgo de que el caballo sufra alguna lesión (Legg y col, 2019).

## **Velocidad**

En muchos países del mundo, los caballos de resistencia alcanzan una velocidad promedio que supera los 25 km/h sobre distancias de 120 a 160km, donde muchas veces galopan a más de 35 km/h en la última etapa de la competencia. En el enduro, los records mundiales se han roto continuamente desde los orígenes del deporte, el record mundial hasta 2010 era de 29,5 km/h y 27,8 km/h en distancias de 120 y 160 km respectivamente (Nagy y col., 2012). Esta información sostiene la idea o hipótesis de que los tipos de lesiones musculoesqueléticas en este tipo de deportes han cambiado y aumentado en severidad, por lo que las fracturas catastróficas que anteriormente solo se veían en caballos de carrera cada vez son más frecuentes en caballos de resistencia (Misheff y col., 2010, Nagy y col., 2012).

Según algunos investigadores, hay mayor riesgo de eliminación de los caballos a velocidades más altas (Marilyn y col., 2008; Parkin, 2008; Nagy y col, 2010). Sin embargo, en un trabajo realizado por Adamu y col. (2014), los caballos

eliminados venían a menor velocidad que los que completaron la carrera con éxito. Las velocidades más bajas de esos caballos podrían atribuirse al agotamiento, el cual se manifiesta clínicamente por FC elevada y deshidratación que conduce a eliminación metabólica (Bashir y Rasedee, 2009; Schott, 2010; Trigo y col, 2010). Esto sucede en caballos con bajo nivel de entrenamiento o caballos entrenados pero exigidos por sus jinetes más allá de sus límites (Whiting, 2009; Cottin y col., 2010).

### **3. HIPOTESIS**

Las causas de muerte más frecuentes en el Raid Hípico Uruguayo son las fracturas catastróficas y los trastornos metabólicos.

Estas causas están relacionados a una combinación de factores de riesgo, tanto intrínsecos como extrínsecos del animal.

## 4. OBJETIVOS

### OBJETIVOS GENERALES

Caracterizar las muertes en los equinos de Raid Hípico Uruguayo e identificar los factores de riesgo asociadas a las mismas.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Describir la proporción de las causas de muerte en el Raid Hípico Uruguayo
- b) Determinar si existe asociación entre las causas de muerte en caballos de Raid Hípico Uruguayo y factores intrínsecos (sexo, nº de carreras corridas, frecuencia cardiaca) y extrínsecos del animal (índice de temperatura y humedad (ITH), estación del año, distancia, lugar y velocidad de carrera).

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo y retrospectivo de las muertes de equinos en Raid Hípico Uruguayo entre marzo de 2007 y noviembre de 2018. El estudio se realizó con el aval de la institución, garantizando confidencialidad absoluta en cuanto a los nombres de los equinos y propietarios.

### 5.1. Población de estudio

Se tomó como población objeto de estudio a todos los equinos participantes en las pruebas de Raid Hípico Uruguayo comprendidas entre marzo de 2007 y noviembre de 2018.

### 5.2. Recolección de datos

Se utilizó como fuente de información todos los informes veterinarios y administrativos (registro papel y electrónico) de la FEU comprendidos en el período de estudio. Solo se utilizaron aquellos informes que tenían datos completos y permitieron revisar la totalidad de las variables a estudiar.

### 5.3. Descripción de las variables

Se seleccionaron los informes de los caballos muertos en dicho período, de los cuales se extrajeron los datos de las variables de estudio. Las mismas se clasificaron como intrínsecas y extrínsecas del animal (Tabla 1).

Tabla 1: Variables y respuestas intrínsecas y extrínsecas de los caballos que murieron en Raid Hípico Uruguayo entre marzo de 2007 a noviembre de 2018

Variable	Respuesta
Intrínsecas del caballo	
Tipo de muerte	Eutanasia, muerte
Sexo	Macho, Hembra
Debutante	SI, NO
Completa recorrido	SI, NO
Etapa de muerte <sup>1</sup>	1°, 2°, DC
Frecuencia Cardíaca	Baja, Alta
Causa de muerte <sup>2</sup>	M, F, MS, A
Extrínsecas del caballo	
Tipo de raid	Corto, Largo
Distancia	Número en km (60, 80, 90, 95, 100, 104 y 115 km)
Velocidad de carrera	Número en km/h
Lugar <sup>3</sup>	NO, N, E, CS, SO
Estación del año	Otoño, Invierno, Primavera
Riesgo metabólico	Bajo, Medio, Alto

<sup>1</sup> Etapa de muerte: (1°) primera etapa, (2°) segunda etapa, (DC) después carrera.

<sup>2</sup> Metabólicas (M) (SAA: Síndrome Abdomen Agudo, SEE: Síndrome Equino Exhausto), Fracturas (F- se incluirán los datos del hueso y miembro afectado), Muerte súbita (MS: incluye asfixia, paro cardio pulmonar, ruptura de aorta) y Accidentes (A- traumas, caídas).

<sup>3</sup>Lugar: NO (noroeste), N (norte), E (este), CS (centrosur), SO (suroeste).

La frecuencia cardiaca se clasificó en baja o alta en función de lo dispuesto en el reglamento de la FEU capítulo IV “De la competencia” art.31, siendo baja cuando la animal tenía  $\leq 65$  lpm y alta cuando tenía  $>65$  lpm.

La velocidad de carrera se registró como la velocidad promedio de la etapa en la que murió el animal o la velocidad promedio de la carrera en caso de haberla finalizado.

Se utilizó la división regional del país (Región/departamentos) para categorizar la variable lugar:

- Noroeste (NO): Artigas, Salto, Paysandú, Río Negro.
- Norte (N): Rivera, Tacuarembó.
- Este (E): Cerro Largo, Treinta y Tres, Lavalleja, Rocha, Maldonado.
- Centro-Sur (CS): Durazno, Flores, Florida, San José, Canelones, Montevideo
- Suroeste (SO): Soriano, Colonia.

Para la variable estación del año se estableció: otoño (marzo-abril-mayo), invierno (junio-julio-agosto) y primavera (setiembre-octubre-noviembre).

La clasificación del riesgo metabólico en bajo, medio y alto se realizó en función de las categorías descritas por Marichal y Hernández (2013), a través del cálculo del índice de temperatura y humedad (ITH):  $ITH = \text{humedad relativa (\%)} / 1,8 + \text{Temperatura ambiente (}^\circ\text{C)}$ .

#### **5.4. Procesamiento de los datos**

Se confeccionaron dos planillas de Excel: una de vivos y otra de muertos. En caso de los vivos se tomó el total de participantes por carrera y en el de los muertos a cada caballo se le asignó un número único de identificación y se completaron los datos de las variables de estudio para su posterior análisis.

#### **5.5. Análisis estadístico**

Estadística descriptiva: Se realizó una estadística descriptiva para las variables numéricas y no numéricas. Los resultados se expusieron en frecuencias y porcentajes de cada variable. Las variables de distribución normal, fueron resumidas como media aritmética y desviación estándar. Las variables cualitativas se resumieron con el uso de frecuencias.

Estadística inferencial: Se utilizó el paquete estadístico STATA/SE 14 para analizar las frecuencias de factores intrínsecos y extrínsecos en las diferentes causas de muerte, mediante análisis de frecuencias (Chi cuadrado y test exacto de Fisher) utilizando tablas de contingencia y tomando en cuenta el total de los caballos muertos. Para las variables numéricas de distribución normal se evaluó con la prueba t de Student para muestras independientes, considerando significancia cuando  $p < 0,05$ .

Para el análisis de la variable sexo, se tomaron en cuenta los caballos que participaron en carreras entre las temporadas 2015-2018.

Para comparación de las velocidades de las carreras en las que murieron caballos y las que no lo hicieron, primero se realizó una prueba de F para varianzas de dos muestras, para verificar que las varianzas fueran iguales o no, y luego se aplicó una prueba de t de Student para varianzas iguales o diferentes.

## 6. RESULTADOS

Procesamos un total de 748 informes, encontrando 99 muertes en 16865 caballos largados en las temporadas de RHU entre 2007 y 2018, de los cuales 68 (68,7%) fueron eutanasiados y 31 (31,3%) murieron. El número total de muertos representó 5,87 muertos cada 1000 caballos largados. El promedio de muertes fue de 8 animales por año.

Observamos un efecto año entre los años de estudio ( $p=0,017$ ). En la tabla 2 se muestra el número de equinos muertos y la tasa de mortalidad por cada 1000 largados por año durante los 12 años que comprendió el estudio.

Tabla 2. Número de equinos muertos en Raid Hípico Uruguayo entre las temporadas 2007-2018

Año	Nº muertos	Tasa de mortalidad <sup>1</sup>
2007	14	14,97
2008	3	2,79
2009	7	5,79
2010	7	5,70
2011	11	8,45
2012	5	3,57
2013	7	5,03
2014	11	7,54
2015	9	5,57
2016	9	5,33
2017	4	2,21
2018	12	6,81

<sup>1</sup>La tasa de mortalidad es cada 1000 equinos largados

Encontramos que el sexo no influye en la muerte de los caballos ( $p=0,190$ ), la proporción de muertos fue de 0,44% ( $n=21/4819$ ) en machos y 0,63% ( $n=13/2055$ ) en hembras.

Hubo diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) entre los animales muertos que completan la competencia y los que no lo hacen; observándose que el 0,09% ( $n=6/6810$ ) completan la competencia mientras que el 0,92% ( $n=93/10055$ ) no lo hace. Asociado a esto, observamos diferencias significativas ( $p=0,003$ ) entre las etapas de muerte, donde murieron más durante las dos etapas de competencia que después de completado el recorrido; no encontrando diferencias entre la 1º y 2º etapa.

Encontramos una asociación entre la muerte y el tipo de raid en el que compiten ( $p=0,035$ ). En el raid corto se murieron el 0,79% ( $n=32/4030$ ) mientras que, en los largos, lo hicieron el 0,52% ( $n=67/12835$ ). Lo mismo ocurrió con la variable distancia, en la que observamos una tendencia a que haya más probabilidades de morir cuanto más corta la carrera ( $p= 0,087$ ). La proporción de caballos

muertos del total de caballos largados fue 0,80% (n=32), 0,79% (n=13), 0,49% (n=47) y 0,41% (n=7) en distancias de 60, 80, 90 y más de 95 km respectivamente.

Respecto a la variable velocidad, no encontramos diferencias significativas en las distintas velocidades (1° etapa, 2° etapa y después de carrera) entre los animales vivos y muertos ni en raid largo ni en cortos (Tabla 3 y 4).

Tabla 3. Comparación de las velocidades promedio (km/h) de los caballos que murieron y de los que vivieron en raid largos en las temporadas de Raid Hípico Uruguayo entre 2007-2018.

	<i>Vel<sup>1</sup> 1° etapa muertos</i>	<i>Vel 1° etapa vivos</i>	<i>Vel 2° etapa muertos</i>	<i>Vel 2° etapa vivos</i>	<i>Vel carrera mueren DC<sup>2</sup></i>	<i>Vel viven</i>
Media	28,17	28,06	27,69	27,97	27,11	27,97
Varianza	1,27	1,83	5,03	6,22	1,80	2,22
Observaciones	42	472	19	477	5	503
Grados de libertad	512		494		506	
Estadístico t	0,53		-0,46		-1,27	
P(T<=t) dos colas	0,59		0,63		0,20	
Valor crítico de t (dos colas)	1,96		1,96		1,96	

<sup>1</sup>Vel: Velocidad, <sup>2</sup>DC: después de carrera

Tabla 4. Comparación de las velocidades promedio (km/h) de los caballos que murieron y los que vivieron en raid cortos en Raid Hípico Uruguayo entre las temporadas 2007-2018.

	<i>Vel<sup>1</sup> 1° etapa muertos</i>	<i>Vel 1° etapa vivos</i>	<i>Vel 2° etapa muertos</i>	<i>Vel 2° etapa vivos</i>	<i>Vel carrera mueren DC<sup>2</sup></i>	<i>Vel viven</i>
Media	32,02	31,82	32,93	32,61	32,93	32,61
Varianza	1,54	2,47	8,37	10,19	8,37	10,19
Observaciones	17	178	14	181	14	181
Grados de libertad	193		193		193	
Estadístico t	0,52		0,36		0,36	
P(T<=t) dos colas	0,60		0,71		0,71	
Valor crítico de t (dos colas)	1,97		1,97		1,97	

<sup>1</sup>Vel: Velocidad, <sup>2</sup>DC: después de carrera

Aunque no se encontraron diferencias significativas ( $p=0,477$ ) entre el lugar de la competencia y la probabilidad de muerte, observamos que, en función de la totalidad de los caballos largados por región, CS tuvo mayor proporción de muertes 0,70%, seguido por NO y E (0,53-0,51% respectivamente), ambos mayores que N 0,14% y que SE en donde no hubo muertes.

Por otra parte, no hubo asociación entre la muerte y la estación del año ( $p=0,975$ ), donde encontramos que del total de caballos que compiten por estación, en otoño e invierno se mueren el 0,59% ( $n=31$  y  $35$  respectivamente) mientras que en primavera lo hacen 0,56% ( $n=33$ ).

Tampoco encontramos diferencias significativas ( $p=0,613$ ), entre los animales que mueren con riesgo metabólico alto (0,65%,  $n=29$ ), medio (0,59%,  $n=41$ ) y bajo (0,49%,  $n=21$ ).

Hubo diferencias significativas en las causas de muerte ( $p<0,001$ ). Como se observa la figura 1, las principales causas de muertes fueron las fracturas catastróficas (44,4%) y los trastornos metabólicos (35,3%), seguidos por muerte súbita (17,2%) y en menor proporción la muerte accidental (3%). Para cada una de las causas antes mencionadas, la tasa de mortalidad cada 1000 caballos largados fue de 2,60; 2,09; 1,02 y 0,18 respectivamente.

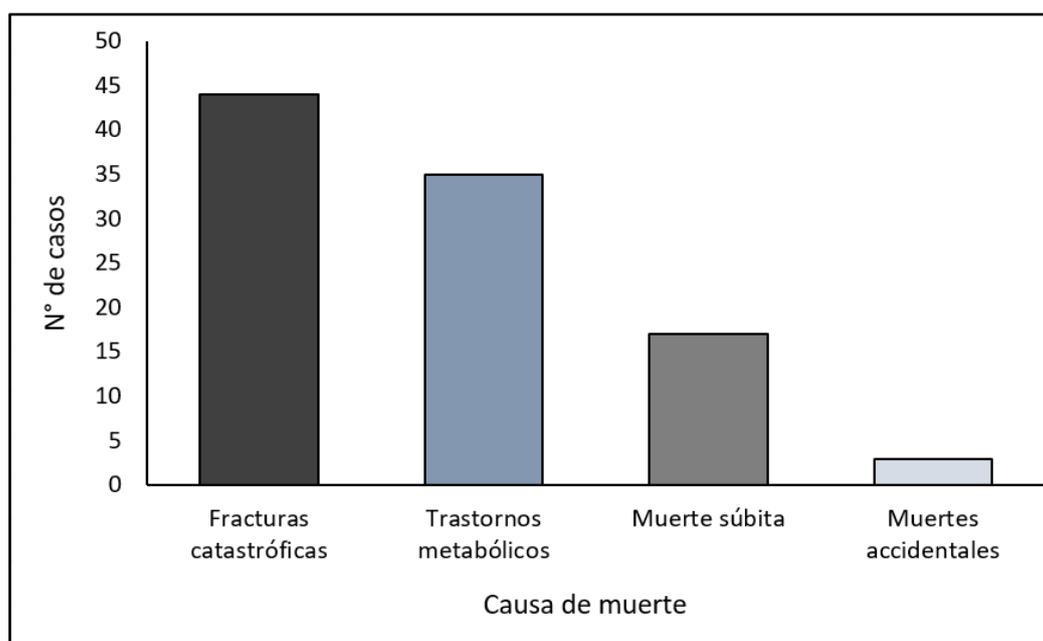


Figura 1. Distribución por causa de muerte en caballos de Raid Hípico Uruguayo entre las temporadas 2007-2018

El estudio de la asociación entre los factores extrínsecos e intrínsecos y las diferentes causas de muerte se resumen en la tabla 4. Se excluye del análisis la causa accidental ya que por definición es un acontecimiento que se da por motivos involuntarios, imprevistos y repentinos, por lo que no se asocia a ningún factor.

Tabla 5. Asociación entre las causas de muerte y factores extrínsecos e intrínsecos en caballos de Raid Hípico Uruguayo en las temporadas entre 2007-2018

Variable	Fracturas catastróficas			Trastornos metabólicos			Muerte súbita		
	p	n	% <sup>1</sup>	p	n	%	p	n	%
Tipo de muerte	<0,001			0,125			<0,001		
Eutanasia		43	63,0		21	30,9		0	0
Muerte		1	2,3		14	45,2		17	50,0
Sexo	0,226			0,055			0,147		
Macho		28	41,2		20	29,4		14	20,0
Hembra		16	51,6		15	48,3		3	9,0
Debutante	0,350			0,205			0,135		
SI		23	41		17	30,9		12	34,3
NO		21	47		18	40,9		5	12,8
Completa recorrido	<0,001			0,020			0,728		
SI		0	0		5	83,3		1	16,2
NO		44	100		30	32,3		16	17,2
Etapa de muerte	0,350			0,009			0,510		
1° etapa		27	45,0		23	38,3		7	11,6
2° etapa		17	51,5		7	21,2		9	27,3
Después carrera		0	0		5	83,3		1	16,7
FC				<0,001					
Baja		-	-		15	35		-	-
Alta		-	-		9	90		-	-
Tipo de raid	0,119			0,004			<0,001	14	43,8
Corto		11	34,3		5	15,6		3	4,4
Largo		33	49,2		30	44,8			
Distancia	0,344			0,001			<0,001		
60		11	34,4		5	16,6		14	43,8
80		7	53,8		5	38,5		0	0
90		24	51,1		20	42,5		3	6,4
+95		2	28,6		5	71,4		0	0
Lugar	0,512			0,584			0,121		
CS		23	42,8		17	30,9		13	23,6
E		19	48,7		16	41,0		3	7,7
N		1	25,0		0	0		0	0
NO		1	100		2	50,0		1	25,0
SO		0	0		0	0		0	0
Estación	0,089			0,057			0,323		
Otoño		17	48,6		9	29,6		7	22,2
Invierno		14	45,2		9	25,7		7	18,9
Primavera		13	39,4		17	51,5		3	9,1
Riesgo metabólico	0,200			0,018			0,184		
Alto		11	4,46		15	51,7		2	6,89
Medio		17	61,9		14	34,1		9	21,9
Bajo		13	39,9		2	9,5		5	23,1

<sup>1</sup> La proporción es calculada en base a los 99 muertos.

## 6.1. Fracturas catastróficas

Como se observa en la tabla 5, las fracturas catastróficas estuvieron asociadas al tipo de muerte, en donde de los 44 animales fracturados, 43 son eutanasiados y la totalidad de los mismos no completa el recorrido. Además, encontramos una tendencia a que se fracturen más en otoño ( $p=0,089$ ).

Hubo diferencias significativas en la región anatómica fracturada ( $p<0,001$ ). Del total de animales con fracturas catastróficas, el 59,1% ( $n=26$ ) fue de miembros torácicos (MT), 31,8% ( $n=14$ ) miembros pélvicos (MP), 4,5% ( $n=2$ ) MT y MP y 4,5% ( $n=2$ ) fracturas de vértebras.

En los animales con fracturas en MT, no se encontraron diferencias en el lado afectado ( $p= 1,000$ , 46,2% MTD vs 46,2% MTI), en tanto que en los animales con fracturas en MP, el lado más afectado fue el derecho ( $p=0,006$ , 57,1% vs 28,6%).

Respecto al hueso más afectado, en MT fue el MCIII 53,84% ( $p<0,001$ ) y en MP el MTIII 50% ( $p=0,027$ ). En la figura 2 A y B se observa la frecuencia de los diferentes huesos fracturados en MT y MP respectivamente.

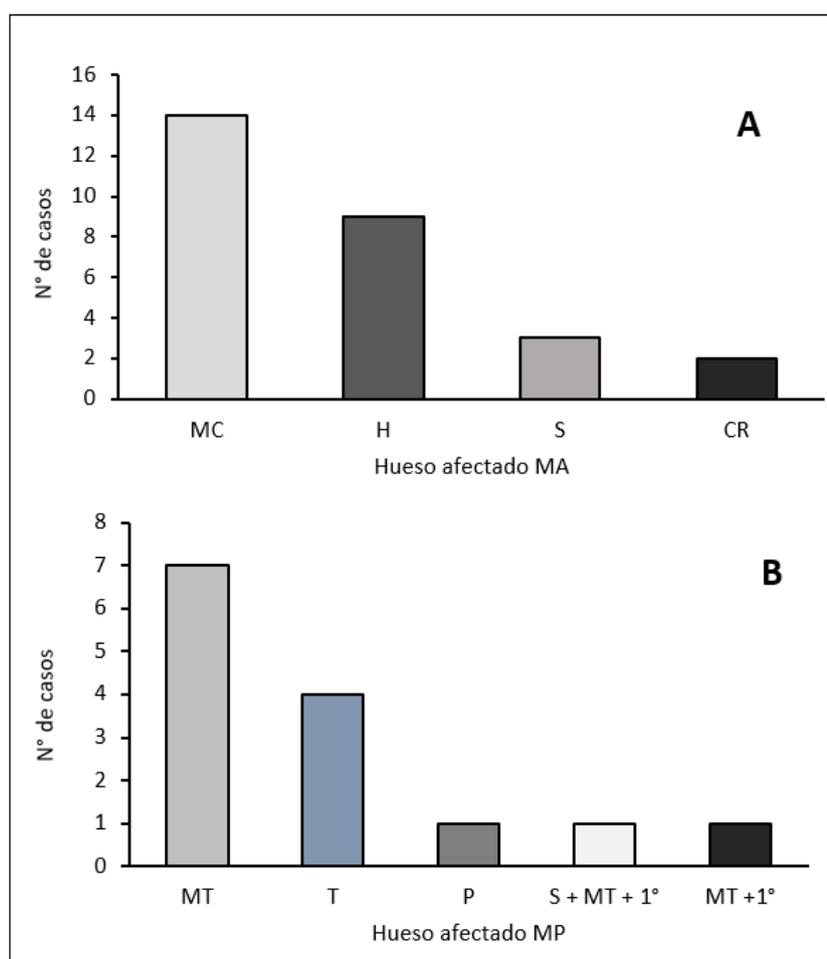


Figura 2. Nº de animales muertos por fracturas catastróficas en las temporadas de Raid Hípico Uruguayo entre 2007-2018. A) Nº de animales fracturados según

hueso afectado en MT; B) N° de casos fracturados según hueso afectado en MP. MC: metacarpo, H: húmero, S: sesamoideos proximales, CR: cúbito y radio, MT: metatarso, T: tibia, P: pelvis, 1°: primera falange.

## **6.2. Trastornos metabólicos**

Los factores de riesgo asociados a las muertes por trastornos metabólicos se muestran en la tabla 5. Encontramos que hay más probabilidad de morir por esta causa cuando se completa el recorrido, muriendo más animales después de la carrera. Además, murieron mayor proporción de animales con FC alta y en carreras con riesgo metabólico alto.

En cuanto al tipo de raid y la distancia, observamos mayor probabilidad de morir en raid largo y en carreras de más de 95 km.

En las variables sexo y estación encontramos una tendencia a que mueran más hembras y en primavera respectivamente.

Hubo diferencias significativas en las causas de muerte por trastornos metabólicos ( $p < 0,001$ ), siendo el Síndrome de Abdomen Agudo el principal preludeo de muerte 77,1% ( $n=27$ ), seguido por el Síndrome de Equino Exhausto en un 22,9 % ( $n=8$ ) de los casos.

## **6.3. Muerte súbita**

Existieron 3 factores asociados a la muerte súbita: tipo de muerte, en donde la totalidad de los animales murieron; el tipo de raid, donde se observa mayor probabilidad de morir en raid cortos y en distancias de 60 km.

Si bien no se hallaron diferencias significativas entre las diferentes etapas de carrera en la que murieron, al comparar los animales que mueren durante o posterior a la competencia, observamos que la casi totalidad ( $n=16$ ) muere durante la competencia que posterior a ella ( $n=1$ ) ( $p=1,00$ ).

## 7. DISCUSIÓN

El RHU es una prueba deportiva en la que los participantes miden su resistencia y la de sus caballos con los que participan recorriendo grandes distancias. Como tal, es un deporte auténticamente uruguayo con características únicas en su tipo, en donde el objetivo es arribar a la meta. Sin embargo, entre el 27 y el 92 % de los participantes no culmina la carrera, básicamente por dos motivos: alteraciones metabólicas y claudicaciones que algunas veces ponen en riesgo la vida del animal. Las muertes en este deporte no sólo afectan a la industria hípica, sino que generan opiniones controvertidas en cuanto a la intensidad del ejercicio que desarrollan los animales que participan. La investigación es escasa en este deporte y este es el primer estudio que describió y caracterizó las causas de muerte en este tipo de pruebas. Además, se intentó identificar asociaciones entre las diferentes causas de muerte y posibles factores de riesgo del animal, de la competencia como del ambiente, que puedan llegar a ser extrapolados a la población de caballos que compitan en este tipo de pruebas. Si bien muchas de las muertes son imprevisibles, con este trabajo se espera poder contribuir algo de conocimiento e información a la comunidad veterinaria actuante en estas competencias y ayudar a reducir las muertes y/o evitarlas.

El primer resultado que arrojó este estudio es que hubo una tasa de mortalidad de 5,87 caballos cada 1000 caballos largados. Esta cifra es muy superior a las encontradas en otros deportes. Balch (2019) reportó una tasa de 0,28 muertos cada 1000 largados en enduro, mientras que en caballos de carrera se han reportado tasas de 1,20 muertos cada 1000 largados (Rocca y Dutra, 2018) y de 0,14 cada 1000 largados en eventos de prueba completa (Comyn y col., 2017). Si bien la hípica no es comparable con el RHU, el enduro sí está catalogado dentro del mismo grupo de ejercicio (submáximo), pero las diferencias en los formatos de competencia y las velocidades de carrera hacen que las demandas metabólicas en ambos sean diferentes. Rose (1986), reportó que en caballos de enduro el 40-70% de las eliminaciones son debido a cojeras, del 5-40% trastornos metabólicos y 10-50% abandonos o retiradas. Estas cifras cambian cuando observamos las eliminaciones en RHU donde el 68% de los equinos son eliminados por trastornos metabólicos y el 32% por claudicaciones, demostrando la gran exigencia metabólica que tiene esta disciplina. Esto deja en evidencia la gran demanda metabólica, en donde los sistemas cardiorrespiratorio, endocrino y neuromuscular operen a un nivel elevado durante un período de tiempo prolongado (más de 3 horas y medias) considerado antinatural, sumado a las altas velocidades de competencia y a que se corre durante casi todo el año, muchas veces en condiciones ambientales extremas.

La presentación de muertes por año fue variable, y puede deberse a que los entrenadores han ido cambiando sus formas de ejercitar a los equinos, la emoción de la competencia puede hacer que los jinetes dejen de lado el raciocinio llevando a sus caballos al límite fisiológico. Además, las pruebas tienen un premio económico que ha ido variando en el correr de los años, que hace que las exigencias en cuanto a intensidad y velocidad tengan una relación directamente proporcional con el monto a ganar.

En cuanto a los factores del animal, el sexo no influyó en la muerte de los caballos, al igual que lo reportado en caballos de enduro por Balch y col., (2014). Si bien el número de muertes en machos fue mayor, refleja la demografía de la población de las carreras. El hecho de que en el RHU corran más machos que hembras puede deberse a que las hembras según su linaje son destinadas a la reproducción, reservando los machos para el deporte. Además, muchos de los caballos que participan en esta disciplina son refugos o caballos SPC que por la edad o por desempeño fueron descartados de los hipódromos, donde según Rocca y Dutra, (2018) la proporción de machos que compiten también es mayor.

Casi el 94% de los animales que murieron en nuestro estudio no lograron completar la competencia, muriendo en alguna de las etapas de la carrera. Un caballo con una fractura catastrófica queda imposibilitado mecánicamente a continuar la marcha, que hace que no logre completar el recorrido. De la misma forma, la aparición aguda de trastornos metabólicos como hipoglicemias, cólicos y fatiga, hacen que el animal se detenga por sus propios medios, dejándolo fuera de competencia.

En el presente trabajo, se observó que en las carreras donde hubo muertes de caballos, la velocidad media fue de  $27,11 \pm 1,34$  km/h y  $32,93 \pm 2,89$  km/h para pruebas largas y cortas respectivamente, lo que concuerda con que la mayor proporción de muertes fue en carreras cortas (60 km). Esto podría ser debido a la combinación de altas velocidades y a la gran exigencia de esta disciplina. Por su parte, Nagy y col., (2014 b) estudiaron la asociación entre velocidad de carrera y eliminaciones en enduro, no encontrando vínculo entre dichos factores. Si bien en nuestro estudio, la velocidad de las carreras en las que murieron caballos no difirió estadísticamente de en las que no murieron, no podemos concluir que la velocidad no influye en las muertes de los caballos, ya que la velocidad registrada al momento de la muerte fue la velocidad promedio de la etapa en la que murieron, o la velocidad promedio de la carrera si lograron finalizarla. Por lo tanto, no fue tomada en cuenta la velocidad individual del caballo, ni otros factores que pueden estar relacionados como la temperatura y humedad ambiente, así como la distancia acumulada, lo cual requiere de otro análisis para su estudio.

Al igual que Balch y col., (2014) en donde no encontró diferencias significativas en el número de muertes según las regiones, en nuestro estudio el lugar donde se realiza la competencia tampoco mostró ser un factor que influya en la muerte, a pesar de encontrar más muertes en el centro sur del país. Legg y col., (2019) realizaron un estudio sobre eliminaciones en caballos de enduro en Nueva Zelanda donde el lugar sí influyó en las causas de eliminación. Esto fue debido a las grandes diferencias de clima y sobre todo de las condiciones del terreno, incluyendo montañas y obstáculos naturales de las pistas. Sin embargo, nuestro país es pequeño y no encontramos esas diferencias climáticas, si bien hay diferencias en las condiciones de las rutas que se corre, la altura acumulada y el tipo de terreno es similar en todas las regiones geográficas.

Las muertes se distribuyeron de forma similar en las diferentes estaciones del año, no encontrándose diferencias significativas. En contraposición al estudio realizado por Legg y col., (2019) sobre factores de riesgo asociados a eliminaciones en enduro, donde reportaron mayores eliminaciones en los meses de verano, explicándolo por las condiciones climáticas poco favorables y las largas distancias recorridas. Es probable que los jinetes de RHU comprendan la importancia de cuidar a sus equinos los meses menos favorables para el deporte, cambiando así la estrategia de carrera y por otro lado las aparcerías asistan a los caballos con agua y refrigeración adecuada durante toda la competencia.

### **7.1. Causas de muerte**

Existen pocos estudios que reportan causas de muerte en ejercicios de resistencia y hacen referencia al enduro, el único deporte que se podría asemejar a la disciplina de RHU. La FEI en su reporte anual de 2017, informó 37 muertes de caballos entre 2014 y 2017, de las cuales 21 fueron debido a fracturas catastróficas, 5 casos debido a muertes accidentales, 4 por muerte súbita, 4 debido a trastornos gastrointestinales y 3 por causa desconocida. Por su parte, en un trabajo realizado por Balch (2019), investigaron las causas de mortalidad en caballos americanos de enduro. Se relevaron 17 años de informes (2002-2018), encontrando 127 muertes de 335456 caballos que participaron en competiciones de resistencia. Del total, 82 (77%) murieron a consecuencia de la carrera, atribuidas a los disturbios metabólicos. Los 45 restantes por razones no asociadas al ejercicio de resistencia (lesiones traumáticas, patadas). En nuestro estudio las principales causas de muerte fueron las fracturas catastróficas y los trastornos metabólicos, seguidos por la muerte súbita y finalmente la muerte accidental.

### **7.2. Fracturas catastróficas**

Las lesiones del aparato locomotor en el equino son una de las principales causas de retiro temporal o total de las competencias e inclusive la eutanasia (Morales y col., 2009). Tal como lo indica la definición de fractura catastrófica, son fracturas completas de huesos largos, vértebras o lesiones del aparato locomotor, por las cuales un caballo debe ser eutanasiado siguiendo protocolos internacionales (Rocca y Dutra, 2018). En concordancia con esta definición, en el presente trabajo los animales fracturados no lograron completar la competencia siendo eutanasiados casi en su totalidad (43/44), al diagnosticarse la lesión irreparable.

La tasa de fracturas catastróficas cada 1000 caballos largados fue de 2,6, superior a lo reportado por Rocca y Dutra (2018) que observaron una tasa de mortalidad de 1,2 cada 1000 caballos SPC largados, y que lo encontrado en caballos de enduro, donde Misheff y col., (2010) observó una tasa de 0,35 caballos muertos cada 1000 largados. Si bien no obtuvimos diferencias significativas en el tipo de raid, la distancia y las etapas, del total de caballos

fracturados el 75% fueron en raid largo, 55% en carreras de 90 km y 61 % en la 1º etapa. Estos resultados eran esperables, ya que según Misheff y col., (2010), los caballos de resistencia corren el riesgo de padecer patologías óseas inducidas atléticamente debido a las largas distancias recorridas y a velocidades cada vez mayores. La mayoría de los estudios epidemiológicos muestran una asociación positiva entre el riesgo de fractura y la distancia del ejercicio cubierto, aunque no todos los hallazgos han sido consistentes (Verheyen y col., 2006b). Hay muchas variables que deben tenerse en cuenta al investigar los factores de riesgo de fractura, incluida la cantidad de trabajo rápido en total y en el mes anterior a la lesión. En un estudio en caballos SPC jóvenes, el ejercicio de galope total aumentó el riesgo de fractura, mientras que el ejercicio de galope total a toda carrera se asoció negativamente con el riesgo de fractura (Verheyen y col., 2006a). Los caballos de resistencia generalmente se entrenan a medio galope relativamente lento durante 60 km, pero a menudo se echan a correr durante las competiciones. Aunque la velocidad más lenta se asocia con tensiones óseas más bajas, el número de ciclos es muy alto. El ejercicio de galope a toda velocidad puede ser más osteogénico que el ejercicio de galope (Lanyon, 1990), en un estudio se concluyó que el equilibrio entre el ejercicio al galope y a toda carrera era importante para la prevención de fracturas (Verheyen y col., 2006a). No se ha determinado si las alteraciones en los patrones de entrenamiento para incluir ráfagas cortas de trabajo rápido disminuirían el riesgo de fractura, sin aumentar el riesgo de otras lesiones.

La variación en la superficie del suelo y el terreno en donde se compite en las distintas disciplinas hípcas, podría explicar en parte las diferencias en las tasas de mortalidad, ya que los caballos en los hipódromos suelen correr en pistas de arena o césped uniforme, mientras que los caballos de RHU corren sobre asfalto o banquina, terrenos duros que provocan injurias por concusión y la carga adicional de las articulaciones en las carreras de larga distancia, probablemente presente un desafío mayor para la respuesta adaptativa del hueso (Lawan y col., 2012).

No se encontró diferencias entre los caballos debutantes y los que no lo eran. Hoy en día es sabido que la mayoría de las fracturas catastróficas que ocurren en SPC, son precedidas de la acumulación de fisuras microscópicas, que no se asocian a un solo evento traumático, sino que ocurren bajo la carga dinámica repetitiva del hueso (Rocca y Dutra, 2018). Lo que ocurre en el RHU es que mucho de los caballos que corren como debutantes para este tipo de pruebas, la gran mayoría de las veces ya han participado en más de una ocasión en otros eventos deportivos tales como la hípica, enduro o raid no federados. Esto hace que el dato de debutante, que por definición sería “quien se presenta por primera vez”, no sea tan así y muchos de ellos ya hayan participado en otras competencias, generando esas grietas microscópicas que culminan en las llamadas “fracturas por estrés”. Por otro lado, los caballos que se desempeñan en este tipo de ejercicios llevan años entrenando antes de debutar, por lo que con el correr del tiempo también podrían acumular este tipo de fisuras. Otros datos epidemiológicos, como los registros de entrenamiento de cada caballo,

serían información útil adicional, pero están más allá del alcance de este estudio retrospectivo.

Se encontró que hay una tendencia a que este tipo de fracturas catastróficas se den más en otoño. Según Whitton, ([www.fei.org](http://www.fei.org), fecha de consulta 2/11/2020) los períodos de mayor riesgo para el daño en los huesos de los equinos deportivos son al comienzo de la vida deportiva del animal y la vuelta al entrenamiento luego de un periodo de descanso. Esto podría explicar la tendencia a las fracturas en otoño, ya que durante los meses de diciembre a marzo no se compete, comenzando una nueva temporada en el otoño.

En determinado momento de la marcha de un caballo al galope todo el peso recae sobre una sola extremidad, por lo que los huesos, tendones, ligamentos y articulaciones de los miembros soportan grandes cargas, especialmente cuando vienen corriendo a altas velocidades (Acosta, 1995; Stashak, 2004). Se ha estimado que aproximadamente el 65 % del peso del caballo recae en los miembros torácicos (Stashak, 2004). En este estudio hubo mayor proporción de animales con fracturas en miembros torácicos (59,1%) que en miembros pélvicos (31,8%), similar a lo reportado en otras disciplinas ecuestres. Misheff y col., (2010) encontró que el 80% de las facturas de caballos de resistencia que eran enviados a un hospital de referencia, eran de miembros torácicos. Por su parte, en un trabajo realizado por Rocca y Dutra (2018) en caballos SPC, el 84% de las fracturas eran de los miembros torácicos y el 16% de los pélvicos.

No se encontraron diferencias en el lado afectado en los miembros torácicos. A diferencia de lo que ocurre en los caballos SPC en donde las carreras se disputan en sentido anti horario en una pista circular, haciendo que el lado más afectado sea el izquierdo debido a fuerzas de contusión al doblar el codo (Jalim y col., 2010, Beisser y col., 2011); en el RHU se corre en línea recta y por ambos lados de la banquina de la ruta lo que no predispone a que este más afectado un lado que otro. Es por esta misma razón, que no encontramos justificación y ni antecedentes en la bibliografía que justifiquen porque obtuvimos que, en miembros pélvicos, se ve más afectado el lado derecho que el izquierdo.

El metacarpiano y metatarsiano principal (MCIII/MTIII) tienen como principal función la transmisión de fuerzas en ambos sentidos y se ven sometidos a grandes exigencias, estando la corteza dorsal sujeta a las mayores presiones durante el movimiento (Moine y col., 2004). El desarrollo de fracturas por estrés de la cara dorsolateral del tercer metacarpiano, se asocia a la presencia temprana de periostitis. Casi todos los animales que desarrollaron microfracturas en MCIII sufrieron sobrecargas tempranas en su carrera deportiva (Nunamaker, 1998; Nunamaker, 2002; Richardson, 2006). Muchos de los caballos que compiten en RHU son animales SPC que iniciaron su carrera deportiva en algún hipódromo, pudiendo haber sufrido esta patología en sus inicios. En el presente estudio se encontró que los huesos más afectados tanto en miembros torácicos como pélvicos eran el MCIII y MTIII respectivamente. Esto ratifica lo encontrado por Mohammed y col., (1991), quienes demostraron que la mayor ocurrencia de lesiones en equinos SPC se encuentra en los miembros torácicos, distales al

carpo. Por su parte, Misheff y col., (2010) reportó que el 75% de los caballos fracturados en su estudio sufrieron fracturas que involucraban la articulación MCIII/MTIII-falangiana.

### **7.3. Trastornos metabólicos**

Esta causa de muerte se presenta principalmente en los equinos que desempeñan ejercicios submáximos de baja intensidad y larga duración (Muriel, 2014). El aumento tan marcado del metabolismo por un lapso tan elevado de tiempo (mayor cuanto mayor es la distancia recorrida) induce un consumo energético intenso, que puede dar lugar a depleciones graves de sustratos metabólicos, desencadenando fatiga central y periférica (Essén-Gustavsson y col., 1984; Bergero y col., 2005) incluso la muerte. Sumado a esto, se sabe que durante el ejercicio prolongado hay disminución de la irrigación a la mucosa del tracto gastrointestinal debido a la redistribución sanguínea hacia las grandes masas musculares, por lo que muchas veces ocurre la necrosis de dicho tracto por falta de irrigación (Lorenzo-Figueras y Merritt, 2007). Por lo que, la mayor probabilidad de muerte en raid largo y a mayor distancia encontrada en este trabajo, demuestran la gran demanda metabólica que implican estas pruebas. Esto coincide con un estudio realizado por Balch, (2019) donde reportó que el riesgo de muerte aumenta con la distancia recorrida (0,12; 0,35 y 1,48 muertes cada 1000 partidas en carreras de 48, 80 y 160 km respectivamente). Por otro lado, observamos que los caballos que logran completar el recorrido de la competencia, tiene mayor riesgo de morir por esta causa, debido al agotamiento de reservas y a la sumatoria de disturbios del medio interno.

Sumado a lo anterior, se observó que la tasa de mortalidad debido a trastornos metabólicos fue de 2,09 muertos cada 1000 caballos largados. Esta cifra es superior a la encontrada en un estudio sobre 335456 caballos participantes en enduro durante 17 años, en donde se reportó una tasa de mortalidad de 0,28 cada 1000 caballos largados (Balch, 2019).

Respecto a la variable sexo, observamos una tendencia a que las hembras sean más propensas a morir por trastornos metabólicos. Si bien no encontramos estudios previos que reporten resultados similares, Cox y DeBowes, (1987) y Pryor, (2005) mencionan que las hembras en celo experimentan dolor en el periodo periovulatorio que varía en intensidad, desde una leve molestia a nivel ovárico durante la palpación rectal hasta dolor tipo cólico. Además, Jorgensen y col., (1996) reportan que ese dolor puede ser referido a la región lumbar o miembros pélvicos. Este dolor podría hacer que las yeguas modifiquen su marcha para proteger las regiones con dolor referido, pudiendo incrementar el metabolismo del animal durante la competencia y acelerar el desgaste físico, dejándolas más predispuestas a esta patología.

En este estudio se determinó la asociación de la frecuencia cardiaca (FC) alta con la muerte por trastornos metabólicos, estos resultados son similares a lo reportado por Nagy y col., (2014b) en donde se observó que todos los caballos eliminados en carreras de enduro por este motivo tenían FC alta en el control

veterinario, aunque no hayan llegado a la muerte. Cualquier patología que genere dolor genera la estimulación de los centros circulatorios incrementando la resistencia vascular sistémica y aumentando la presión arterial, el gasto y la frecuencia cardíaca; sumado a eso se produce una hiperventilación que puede contribuir a la alcalosis metabólica agravando el cuadro de desequilibrio del medio interno (Pérez y Castañeda, 2012).

Se encontró que tanto la estación del año y el riesgo metabólico son factores que afectan la probabilidad de morir por un trastorno metabólico. Estos trastornos en caballos de enduro se consideran secundarios a la deshidratación, a los desequilibrios hidroelectrolíticos y ácido-base, acúmulo de calor y depleción de reservas energéticas (Foreman, 1998). Por lo tanto, los caballos que compiten bajo condiciones de calor y temperatura excesiva (riesgo metabólico alto) como en los meses de primavera-verano, pueden mostrar signos clínicos de extenuación antes de lo que lo harían en competencias bajo condiciones ambientales favorables (Whiting, 2009; Bennet y col., 2018; Legg y col., 2019).

Dentro de las causas de muerte por trastornos metabólicos, el principal motivo fue el Síndrome de Abdomen Agudo (SAA). De igual manera, Rose y Hogson (1995), señalan a este síndrome como la principal causa de muerte en equinos. El manejo del caballo previo y durante las carreras, en muchos casos puede conllevar a episodios de SAA, como dilataciones gástricas simples por el efecto de ayuno previo a la carrera y problemas del peristaltismo producto de la deshidratación post carrera (Morales y col., 2010). Por su parte, Balch (2019) informó que en caballos de enduro, en el 85% de los casos, el SAA es la presentación clínica más común como preludio de muerte.

#### **7.4. Muerte súbita**

Tal como lo indica la definición, la muerte súbita es el colapso agudo y muerte de un caballo aparentemente sano que ocurre a los pocos minutos de la aparición de signos de enfermedad (Lucke, 1987). En concordancia con dicha definición, en nuestro estudio ninguno de los caballos requirió de la eutanasia, muriéndose de forma repentina.

La mayoría de los estudios sobre muerte súbita son en caballos de carrera (Boden y col., 2006; Lyle y col., 2012). Según Lyle y col., (2011) la prevalencia de muerte súbita en caballos de carreras en el Reino Unido entre 2000-2007 fue 0,28 muertes cada 1000 caballos largados. Por otra parte, Comyn y col., (2017), encontró una prevalencia de 0,14 cada 1000 partidas en eventos durante competiciones sancionadas por la FEI entre 2008-2014. Sin embargo, en el presente estudio la tasa de mortalidad por esta causa fue de 1,02 caballos muertos cada 1000 largados, superior a lo reportado en otros deportes ecuestres.

Es sabido que en atletas humanos los deportes exigentes provocan aumento en la frecuencia cardíaca, presión arterial y mayor contractilidad del corazón, lo que produce un aumento de la demanda de oxígeno, sumándose a las condiciones

ambientales extremas a los que se enfrentan algunos deportistas e incluso el propio estrés de la competición (Morales y col., 2010). Esto aumenta significativamente el riesgo de padecer alguna falla cardíaca (Aguilera y Suárez-Mier, 2002), siendo una de las principales causas de muerte súbita en caballos SPC (Lyle y col., 2011) .En el presente estudio las carreras cortas (60 km) presentaron el mayor riesgo de muerte, esto se explicaría por la mayor intensidad física que conllevan estas carreras, y las mayores velocidades a las que se desarrollan, coincidiendo con lo reportado por Navas de Solis y col., (2018) donde las competencias más exigentes fueron las que mostraron mayores riesgos de muerte súbita.

Además, encontramos que la casi la totalidad de los animales que mueren por esta causa 94% (16/17) lo hacen durante la competencia no logrando culminar el recorrido, o muriendo en las primeras horas luego de finalizado el mismo. Estos resultados coinciden con los reportados por Navas de Solis y col., (2018), que encontró que el 71,9% de los caballos colapsaron durante el ejercicio. Estos resultados están en contraposición al trabajo de Lyle y col., (2011) en caballos SPC, donde la mayoría de las muertes súbitas ocurrieron después de la carrera. Esto puede explicarse ya que en las carreras de SPC el tiempo de exposición al riesgo es muchísimo menor, sin embargo, en el RHU tantas horas de exposición al riesgo trae como consecuencias las muertes durante la competencia.

## **8. CONCLUSIONES**

Las principales causas de muerte en el RHU fueron las fracturas catastróficas y los trastornos metabólicos.

En raid cortos las principales causas de muerte fueron las fracturas catastróficas, seguidas por la muerte súbita.

En raid largos las principales causas de muerte fueron los trastornos metabólicos y luego las fracturas catastróficas.

Los factores de riesgo identificados en este estudio para cada una de las causas, solo refleja un efecto individual de cada uno de ellos. La muerte es el resultado de un proceso complejo por lo que debe hacerse un enfoque genérico y estudiar los diferentes factores en simultáneo para ver el efecto real de su combinación.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

2. Acosta, R. (1995). Manual para Veterinarios en Raid. Montevideo, Hemisferio sur, 96 p.
3. Adamu, L., Adzahan, N. M., Abdullah, R., Ahmad, B. (2012). Effects of speed, heart rate, lactate and uric acid on the performance of arabian horses during a 120-km endurance race. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science, 1:1–4.
4. Adamu, L., Adzahan, N.M., Rasedee, A. (2014). Physical Parameters and Risk Factors Associated with the Elimination of Arabian and Crossed Arabian Endurance Horses during a 120-km Endurance Race. Equine Vet J 34, 494-499.
5. Aguilera, B., Suárez-Mier, M.P. (2002). Causas de muerte súbita asociada al deporte en España. Disponible en: <https://www.revespcardiol.org/es-causas-muerte-subita-asociada-al-articulo-resumen-13029695>. Fecha de consulta 2/11/2020.
6. Anderson T, McIlwraith CW, Douay P. (2004). The role of conformation in musculoskeletal problems in the racing Thoroughbred. Equine Vet J 36: 571-575.
7. AUDEE. Asociación Uruguaya de Enduro Encuestre. Disponible en <https://www.uruguayendurance.com/>. Fecha de consulta 30/04/20.
8. Balch, O., Habing, G. y Schott II, H. (2014), Fatalities Associated with American Endurance Ride Conference Sanctioned Endurance Rides (2002-2013). Equine Vet J, 46: 11-11. doi: [10.1111 / evj.12267](https://doi.org/10.1111/evj.12267) 32
9. Balch, O. (2019). Mitigation of 100-mile Ride Fatalities Associated with American Endurance Ride Conference Rides (2002-2018). 65<sup>th</sup> Annual Convention, AAPE 2019, Denver, Colorado, Estados Unidos, 22p.
10. Bashir, A., Rasedee, A. (2009). Plasma catecholamines, sweat electrolytes and physiological responses of exercised normal, partial anhidrotic and anhidrotic horses. Am J Anim Vet Sci 4, 26-31.
11. Beccati, F., Conte, M. (2015). Cause di eliminazione in gare di endurance riservate ai giovani cavalli. Italian Society of Equine Practitioners (SIVE), Pisa, Italia, 260-261p.

12. Beisser A, McClure S, Wang C, Soring K, Garrison R, Peckham B. (2011). Evaluation of catastrophic musculoskeletal injuries in Thoroughbreds and Quarter Horses at three Midwestern racetracks. *J Am Vet Med Assoc.* 239(9):1236-1241. doi:10.2460/javma.239.9.1236
13. Bell, D.R., Myrick, M.P., Blackburn, J., Shultz, S.J., Guskiewics, K.M., Padua, D.A. (2009). The effect of menstrual-cycle phase on hamstring extensibility and muscle stiffness. *J Sport Rehabil* 18(4): 553–63.
14. Bennet, E. D., Parkin, T.D.H. (2018) Federation Equestre Internationale endurance events: Risk factors for failure to qualify outcomes at the level of the horse, ride and rider (2010-2015). *Vet. J.* 236:44-48.
15. Bergero, D., Assenza, A., Schiavone, A., Piccione, G., Perona, G., Caola, G. (2005). Amino acid concentrations in blood serum of horses performing long lasting low-intensity exercise. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 89(3-6):146-50.
16. Bitschnau, C., Wiestner, T., Trachsel, D.S., Auer, J.A., Weishaupt, M.A. (2010). Performance parameters and post exercise heart rate recovery in Warmblood sports horses of different performance levels. *Equine Vet J Suppl.* Nov;(38): 17–22. doi: 10.1111/j.2042-3306.2010.00260.x
17. Boden, L.A., Anderson, G.A., Charles, J.A., Morgan, K.L., Morton, J.M., Parkin, T.D.H., Slocombe, R.F., Clarke, A.F. (2006) Risk of Fatality and Causes of Death of Thoroughbred Horses Associated with Racing in Victoria, Australia: 1989-2004. *Equine Vet. J.* 38: 312-318.
18. Boffi, F.M. (2006). *Fisiología del ejercicio en equinos.* Ed inter-medica, Buenos Aires, 282,1196-12011p.
19. Bone, R.C., Balk, R.A., Cerra, F.B., Dellinger, R.P., Fein, A.M., Knaus, W.A., Schein, R.M., Sibbald, W.J. (1992). Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. The ACCP/SCCM Consensus Conference Committee. American College of Chest Physicians/Society of Critical Care Medicine. *Chest.* ;101(6):1644-1655. doi:10.1378/chest.101.6.1644
20. Bouchama, A., Knochel, J.P. (2002). Heat stroke. *New Engl. J. Med.* 346:978-1988.
21. Brown, C.M., Kaneene, J.B., Taylor, R.F. (1988). Sudden and unexpected death in horses and ponies: an analysis of 200 cases. *Equine Vet. J.* 20: 99-103.

22. Cole, C.R., Blackstone, E.H., Pashkow, F.J., Snader, C.E., Lauer, M.S. (1999). Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med.* 1999 Oct; 341(18):1351–1357.
23. Comyn, I., Bathe, A.P., Foote, A. Marr, C.M. (2017) Analysis of Sudden Death and Fatal Musculoskeletal Injury During FEI Three-Day Eventing. *Equine Vet. J.* 49 (Suppl. 51): 9.
24. Cottin, F., Metayer, N., Goachet, A.G., Julliand, V., Slawinsk, J., Billat, V., Barrey, E. (2010). Oxygen consumption and gait variables of Arabian endurance horses measured during a field exercise test. *Equine vet. J* 42: 1-5. doi: 10.1111/j.2042-3306.2010.00184.x
25. Cox, J.H., DeBowes, R.M. (1987). Colic-like discomfort associated with ovulation in two mares. *J Am Vet Med Assoc* 191: 1451–1452.
26. Duren, S.E. (1999). The gut during exercise. *Proceedings for the 1999 Equine Nutrition Conference for Feed Manufacturers.* Kentucky Equine Research, p. 39-43.
27. Enns, D.L., Tiidus, P.M. (2010). The influence of estrogen on skeletal muscle. *Sports Med,* 40(1):41–58.
28. Essén-Gustavsson, B., Karlström, K., Lindholm, A. (1984). Fibre types, enzyme activities and substrate utilisation in skeletal muscles of horses competing in endurance rides. *Equine veterinary journal,* 16(3):197–202. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1984.tb01903.x>
29. Estberg, L., Rogers, C.W., Gardner, I.A., Johnson, B.J., Case, J.T., Ardans, A., Read, D.H., Anderson, M.L., Barr, B.M., Daft, M.B., Kinde, H., Stoltz, J., Woods, L.W. (1996) Fatal musculoskeletal injuries incurred during racing and training in Thoroughbreds. *Vet. J.* 35:801-806.
30. Estberg, L., Stover, S.M., Gardner, I.A., Drake, C.M., Johnson, B., Ardans, A. (1996<sup>a</sup>). High-speed exercise and catastrophic racing fracture in Thoroughbreds. *Am. J. Vet. Res.* 57 :1549-1555.
31. Estberg, L., Rogers, C.W., Gardner, I.A., Johnson, B.J., Jack, R.A., Case, J.T., Ardans, A., Read, D.H., Anderson, M.L., Barr, B.M., Daft, B.M., Kinde, H., Moore, J., Stoltz, J., Woods, L. (1998). Relationship between race start characteristics and risk of catastrophic injury in thoroughbreds: 78 cases (1992). *Vet. J.* 2012: 544.

32. Estrella, R.A., Ochoa Vera, A.J. (2018). Caracterización clínica de la endotoxemia en equinos. E-cuba 7: 13-16. Disponible en: <https://doi.org/10.32870/e-cucba.v0i7> Fecha de consulta: 8/03/2020
33. FEI. Fédération Equestre Internationale (2017). Annual Report. Disponible en: file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Temp/FEI\_Endurance\_Report\_2017\_for%20internet%20publication\_Final\_0%20(1).pdf Fecha de consulta: 9/11/20.
34. Fédération Equestre Internationale (2020). Endurance rules 2020. Disponible en <https://inside.fei.org/>. Fecha de consulta: 20/07/20
35. Ferrari, A., Mayid, S., Perez, F., Lopez, D., Recuero, M. (2012). Caracterización y potencialidades del sector ecuestre en Uruguay. Disponible en: <https://docplayer.es/11022234-Caracterizacion-y-potencialidades-del-sector-ecuestre-en-uruguay-1.html>. Fecha de consulta: 5/3/2020.
36. Fielding, C.L., Meier, C.A., Balch, O.K., Kass, P.H. (2011). Risk factors for the elimination of endurance horses from competition. JAVMA. 239 (4): 493-498.
37. Flaminio, M.J., Rush, B.R. (1998). Fluid and electrolyte balance in endurance horses. Vet Clin North Am Equine Pract. Apr; 14(1):147-58.
38. Foreman, J.H. (1998). The exhausted horse syndrom. Vet. Clin. N. Am.: Eq Pract. 14:205-219.
39. Fretz, P. (1980). Angular limb deformities in foals. The Veterinary Clinics of North America. Large Animal Practice. Equine Lameness 2: 125-150.
40. Geor, R.J. (2000). Sports Medicine: Fluids and Electrolytes. Disponible en: <http://www.thehorse.com>. The Horse interactive. Fecha de consulta: 1/7/2020
41. Getty, R. (1982). Osteología general. En Getty, R. Anatomía de los animales domesticos. 5° ed. Barcelona: Salvat ed, 26-27, 308-309, 317-320p.
42. Hada, T., Ohmura, H., Mukai, K., Eto, D., Takahashi, T., Hiraga, A. (2006). Utilisation of the time constant calculated from heart rate recovery after exercise for evaluation of autonomic activity in horses. Equine Vet J Suppl. Aug;(36): 141-145.
43. Henley, W.E., Rogers, K., Harkins, L., Wood, J.L.N. (2006). A comparison of survival models for assessing risk of racehorse fatality. Preventive Vet. Medicine 74: 3-20.

44. Lorenzo-Figueras, M., Merritt, A.M. (2007) Aparato gastrointestinal. En: Hinchcliff, K.W., Kaneps, A.J., Geor, J.R. Medicina y cirugía en los equinos de deporte (ciencias básicas y clínicas de los equinos de deporte). Buenos Aires, Intermedica, 1189-1201p. p.
45. Hodgson, D.R., Davis, R.E., McConaghy, F.F (1994). Thermoregulation in the horse in response to exercise. *Br. Vet. J.* 15: 219-235.
46. Jalim, S., McIlwraith, C., Goodman, N., Anderson, G. (2010). Lag screw fixation of dorsal cortical stress fractures of the third metacarpal bone in 116 racehorses. *Equine Veterinary Journal* 42 (7): 586-590. doi:10.1111/j.2042-3306.2010.00071.x
47. Johnson, B., Ardans, A., Stover, S.M., Daft, B., Kinde, H., Read, D.H., Barr, B.C. Moore, J., Woods, L., Anderson, M., Stolz, J., Blanchard, P. (1994). California racehorse postmortem program: a 4-year overview. *Proc. Am. Ass. Equine Practnrs.* 40: 167-169.
48. Jorgensen, J.J., Vivrette, S., Correa, M., et al.,. (1996). Significance of the estrous cycle on athletic performance in mares. 42nd Annual Convention American Association of Equine Practitioners, Denver; 1996.
49. Kleiber, M. (1975). Metabolic turnover rate: a physiological meaning of the metabolic rate per unit body weight. *J. Theor. Biol.* 53: 199-204p.
50. Laens, F., Wunsch, M.C. (2014). Efecto del índice de confort, velocidad, etapa, raza y sexo sobre el tiempo de recuperación cardíaca, en caballos de Enduro. Universidad de la República, Uruguay, 29p.
51. Lanyon, L.E. (1990). The physiological basis of training the skeleton. The Sir Frederick Smith Memorial Lecture. *Equine vet. J.*, Suppl, 9, 8-13p.
52. Lawan, A., Noraniza, M.A, Rasedee, A., Bashir, A. (2012). Prevalence of lameness and metabolic disorders in endurance horses. *Malaysian J Vet Res* 3: 33-37p.
53. Legg, K.A., Weston, J.F., Gee, E.K., Bolwell, C.F., Bridges, J.P., Rogers, C.W (2019). Characteristics of Endurance Competitions and Risk Factors for Elimination in New Zealand during six seasons of Competition (2010/11-2015/16) *Animals* 2019, 9, 611; 1-11p. doi:10.3390/ani9090611
54. Lehnhard, R.A., McKeever, K.H., Kearns, C.F., Ideus, J.M., Brown, J.B., Beekley, M.D. (2001). Myosin heavy chain is different in old versus young

- Standardbred mares. *Medicin Sci Sport Exerc* 33: 13.
55. Lehnhard, R.A., McKeever, K.H., Kearns, C.F., et al. (2002). Aging-related changes in fat free mass and myosin heavy chain in Standardbred mares. *Vet J* 167: 59-66.
56. Lekeux, P., Art, T. (1994). The respiratory system; anatomy, physiology, and adaptation to exercise and training. En: Hodgson D.R., Rose, R.J., eds: *The athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sport Medicine*. Philadelphia, p. 79-128.
57. Levi, M. (2008). The coagulant response in sepsis. *Clin Chest Med*, 29:627-642.
58. Lindinger, M.I. (2008). Sweating, dehydration and electrolyte supplementation: Challenges for the performance horse. *Proceedings, 4th European Equine Nutrition and Health Congress, Netherlands*, 46-56p.
59. Lohmann, K.L., Barton, M.H., (2005). *Medicina intrna equine; 2da ed.; Endotoxemia; Intermedica*, p. 909-931.
60. Lucke, V.M. (1987) Sudden Death. *Equine Vet. J.* 2: 85-86.
61. Lyle, C.H., Keen, J.A. (2010). Episodic collapse in the horse. *Equine Vet. Educ.* 22. 576-586.
62. Lyle, C.H., Turley, G., Blissitt, K.J., Pirie, R.S., Mayhew, I.G., McGorum, B.C., Keen, J.A. (2010). Retrospective Evaluation of Episodic Collapse in the Horse in a Referred Population: 25 Cases (1995 –2009). *J Vet Intern Med* 24: 1498–1502.
63. Lyle, C.H., Uzal, F.A., McGorum, B.C., Aida, H., Blissitt, K.J., Case, J.T., Charles, J.T., Gardner, I., Horadagoda, N., Kusano, K., Lam, K., Pack, J.D., Parkin, T.D., Slocombe, R.F., Stewart, B.D. and Boden, L.A. (2011). Sudden death in racing Thoroughbred horses: an international multicentre study of post mortem findings. *Equine Vet. J.* 43:324-331.
64. Lyle, C.H., Blissitt, K.J., Kennedy, R.N., McGorum, B.C., Newton, J.R., Parkin, T.D.H., Stirk, A. and Boden, L.A. (2012) Risk Factors for Race -Associated Sudden Death in Thoroughbred Racehorses in the UK (2000-2007). *Equine Vet. J.* 44: 459-465.

65. Mackay-Smith, M., Cohen, M. (1982). *Equine Medicine and Surgery*. Santa Barbara, American Veterinary Publications, 117 p.
66. Maisonnave, M.N., Lockhart, G. (2012). *Uruguay Endurance*. Montevideo, Imprimex, 193 p.
67. Marichal, G.J., Hernandez, J.H. (2013) Determinación de las variaciones electrolíticas sericas pre, durante y post competencia en el equino de resistencia (RAID). Tesis de grado. Universidad de la República, Uruguay, 10p.
68. Marlin, D.J., Scott, C.M., Schroter, R.C., Harris, R.C., Harris, P.A., Roberts, C.A., Mills, P.C. (1999). Physiological responses of horses to a treadmill simulated speed and endurance test in high heat and humidity before and after humid heat acclimation. *Equine Vet. J.* 31(1):31-42.
69. Marilin, D.J., McEwen, J., Sluyter, F (2008). Completion and treatment rates in modern endurance Racing. Proceedings of 4<sup>th</sup> international equitation science conference, Dublin, Ireland, p. 67.
70. McKeever, K.H (2002). Exercise physiology of the older horse. *Vet Clin North Am Equin Pract* 18, 469p.
71. McKeever, K.H., Eaton, T.L., Geiser, S., Kearns, C.F., Lehnhard, R.A. (2010). Age related decreases in thermoregulation and cardiovascular function in horses. *Equine Vet. J.* 42 (Suppl. 38): 220-227.
72. Misheff, M., Alexander, G., Hirst, G. (2010). Management of fractures in endurance horses. *Equine Vet. Educ.* 22: 623-630.
73. Mohamed, H.O., Hill, T., Lowe, J. (1991). Risk factors associated with injuries in Thoroughbred horses. *Equine Veterinary Journal*, 23: 445-448. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1991.tb03758.x>
74. Mohamed, Y., Céline, R., François, C., Eric, B. (2015). Speed and cardiac recovery variables predict the probability of elimination in equine endurance events. *PLoS ONE*, 14(1):1–13.
75. Moine, R., Rivera, M., Galan, A., Gigena, M., Natali, J., Ferraris, G. (2004). Morfometría de la corteza del hueso metacarpiano III en las partes proximal y distal de la diáfisis en potrillo mestizo con criollo. *Int. J. Morphol.* 22 (1):19-24.

76. Morales, B.A., Bermúdez, G.V., García, G.F., Perdigón, M.M., Naranjo, B.R. (2009). Lesiones músculo esqueléticas catastróficas en caballos pura sangre de carrera, Caracas-Venezuela. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 20(2), 243-248. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172009000200014&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172009000200014&lng=es&tlng=es). Fecha de consulta: 06 de noviembre de 2020
77. Morales, A., García, F., Gomez, M., Leal, L., López, P., Planas, G., Rodríguez, C., Vallejo, M., Morales, M. (2010). Frecuencia y causas de mortalidad en caballos pura sangre inglés de carreras en el hipódromo "La Rinconada" Caracas, Venezuela. *Anales De Veterinaria De Murcia*, 26, 55-60. Disponible en: <https://revistas.um.es/analesvet/article/view/125041> Fecha de consulta: 16/08/2020
78. Morris, D. (1991). Endotoxemia in horses. A review of cellular and hormonal mediators involved in its pathogenesis. *J. Vet. Intern. Med.*; 5: 167-181.
79. Munsters, C., de Gooijer, J.W., van den Broek, J., van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M.M.S. (2013). Heart rate, heart rate variability and behaviour of horses during air transport. *Vet Rec Jan 5*, 172(1):15p. . doi: 10.1136/vr.100952
80. Muñoz, A., Cuesta, I., Riber, C., Gata, J., Trigo, P., Castejón, F.M. (2006). Trot asymmetry in relation to physical performance and metabolism in equine endurance rides. *Equine Vet J Suppl.* 36: 50-54.
81. Muñoz-Alonzo, L., Barrios, A., Cruces, J., Briones, M. (2016). Motivos de Eliminación en Competencias de Enduro Internacional, Categoría Jinete Adulto, en Chile (2007-2014). *Rev Inv Vet Perú* 27: 259-266. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i2.11654> Fecha de consulta: 18/07/2020
82. Muriel, M. (2014). Deshidratación y agotamiento asociados al ejercicio de resistencia (Síndrome del Caballo Exhausto). Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-equinos/articulos/deshidratacion-agotamiento-asociados-ejercicioc-t5741/p0.htm>. Fecha de consulta: 30/03/20
83. Murray, R.C., Dyson, S.J., Tranquille, C., Adams, V. (2006). Association of type of sport and performance level with anatomical site of orthopaedic injury diagnosis. *Equine Vet. J. Supplement*, 36: 411-416.
84. Nagy, A., Murray, K.K., Dyson, S. (2010). Elimination from elite endurance rides in nine countries: a preliminary study. *Equine Vet. J.* 42:637-643. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00220.x>. Fecha de

85. Nagy, A., Dyson, S.J., Murray, J.K. (2012). A veterinary review of endurance riding as an international competitive sport. *Vet J* 194:288-293.
86. Nagy, A., Murray, J. K., Dyson, S. J. (2014). Horse-, rider-, venue-and environment-related risk factors for elimination from Fédération Equestre Internationale endurance rides due to lameness and metabolic reasons. *Equine Veterinary Journal*, 46(3):294–299. 10.1111/evj.12170
87. Nagy, A., Murray, K.K., Dyson, S (2014a). Descriptive epidemiology and risk factors for eliminations from Federation Equestre Internationale endurance rides due to lameness and metabolic reasons (2008-2011). *Equine Vet. J* 46:3-44. <https://doi.org/10.1111/evj12069>.
88. Nagy, A., Murray, K.K., Dyson, S. (2014b). Horse-, rider-, venue-, and environment-related risk factors for elimination from Federation Equestre Internationale endurance rides due to lameness and metabolic reasons (2008-2011). *Equine Vet. J* 46(3):294-299. <https://doi.org/10.1111/evj12170>.
89. Navas de solis, C. (2016). Exercising arrhythmias and sudden cardiac death in horses: Review of the literature and comparative aspects. *Equine Vet J* 48: 406-413.
90. Navas de Solis, C., Althaus, F., Basieux, N., Burger, D. (2018). Sudden death in sport and riding horses during and immediately after exercise: a case series. *Equine Veterinary Journal* 50(50):644-648.
91. Nunamaker, D. M. (1998). Sobrecaña y fracturas de estrés. En: Colahan, P; Mayhew, I; Merritt, A; Moore, J. *Medicina y Cirugía Equina*. 4a Ed. Editorial Intermédica. Buenos Aires, pp. 1302- 1304.
92. Nunamaker, D. M. (2002). On bucked shins. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/On-Bucked-Shins-Nunamaker-Acvs/2549aa2c1fa6d96f22409e6157b2de3ed76b0682#citing-papers>. Fecha de consulta 8/09/2020.
93. Parkin, T.D.H., Clegg, P.D., French, N.P., Proudman, C.J., Riggs, C.M., Singer, E.R., Webbon, P.M., Morgan, K.L. (2005). Risk factors for fatal lateral condylar fracture of the third metacarpus/metatarsus in UK racing. *Equine Vet. J.* 37: 192-199.

94. Parkin, T.D.H. (2008). Epidemiology of racetrack injuries in racehorses. *Vet Clin North Am Equine Pract* 24: 1-19.
95. Pérez, T., Castañeda, J. (2012). Fisiopatología del dolor agudo: alteraciones cardiovasculares, respiratorias y de otros sistemas y órganos. *Revista Cubana de Anestesiología y Reanimación*, 11(1): 19-26. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-67182012000100004&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-67182012000100004&lng=es&tlng=es). Fecha de consulta 1/11/2020
96. Perkins, N.R., Reid, S.W.J., Morris, R.S. (2005). Risk factors for injury to the superficial digital flexor tendon and suspensory apparatus in Thoroughbred racehorses in New Zeland. *New Zeland Vet. J.* 53:184-192.
97. Platt, H. (1982). Sudden and unexpected deaths in horses: a review of 69 cases. *Br. Vet. J.* 138: 417-429.
98. Pryor, P., Tibary, A. (2005). Management of estrus in the performance mare. *Clin Tech Equine Pract*, 4(3):197-209.
99. Richardson, D. (2006). Metacarpal and metatarsal bones. En: Auer, J.; Stick, J. *Equine Surgery*. 3a ed Missouri,. Elsevier, pp.1238- 1252
100. Robboy, S., Major, M., Colman, R., Minna, J. (1972). Pathology of disseminated intravascular coagulation (DIC). *Analysis of 26 cases. Hum Pathol*, 3: 327-343.
101. Rocca, M.R., Dutra, F. (2018). Fracturas catastróficas en el hipódromo nacional de Maroñas, Uruguay. Casuística y presentación de casos (2012-2018). XI Reunión Argentina de Patología Veterinaria. 12º Seminario de la Fundación C.L. Davis – S.W. Thompson, La Plata, Argentina, 11p.
102. Rose, R.J. (1986). Endurance exercise in the horse- a review. Part I. *Br Vet J.* 142(6): 532-541. Trigo, P. (2010). Fisiopatología del Ejercicio en el Caballo de Resistencia. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, España, 111p.
103. Rose, R.J., Hodgson, D. (1995). *Manual of equine practice*. Philadelphia, U.S.A., Elsevier Health Sciences 1-632p.
104. Schott, H.C. (2010). Challenges of endurance exercise: hydration and electrolyte depletion. *Michigan State University, East Lansing Michigan: Kentucky Equine Research*, 94-105p.

105. Schwartz, P.J., La Rovere, M.T., Vanoli, E. (1992). Autonomic nervous system and sudden cardiac death: experimental basis and clinical observations for post-myocardial infarction risk stratification. *Circulation*;85:Suppl 1:1-77p.
106. Stashak, T. S. (2004) Adams: Claudicación en el caballo. 5ª Edición. Buenos Aires, Intermédica. pp. 26-1248p.
107. Taborda, P.M., Techera, R.M., Menendez, F. (2015). Modificaciones electrolíticas en sangre y su relación con el golpe de flanco en equinos de raid. Tesis de grado. Universidad de la República, Uruguay, 12p.
108. Ter Steege, R.W., Geelkerken, R.H., Huisman, A.B. (2011). Abdominal symptoms during physical exercise and the role of gastrointestinal ischaemia: a study in 12 symptomatic athletes. *Br J Sports Med* 46 (813):931-935.
109. Trigo, P. (2010). Fisiopatología del Ejercicio en el Caballo de Resistencia. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, España, 1-7p.
110. Trigo, P., Castejón, F., Riber, C., Muñoz, A. (2010). Use of biochemical parameters to predict metabolic elimination in endurance rides. *Equine Vet J* 42: 142-146.
111. Valette, J.P., Heiles, P.H., Wolter, R. (1996). Multivariate analysis of exercise parameters measured during the training of thoroughbred racehorses. *Pferdeheilkunde*. 12(4): 470-473.
112. Vanderwall, D.K., Nie, G.J. (2011). Estrus suppression. En: McKinnon AO, Squires EL, Vaala WE, ed. *Equine Reproduction*. Chichester, Wiley-Blackwell, p. 1845-53.
113. Verheyen, K.S., Lanyon, L., Wood, J.L. (2006a). Exercise distance and speed affect the risk of fracture in racehorses. *Bone* 39:1322-1330.
114. Verheyen, K.L., Newton, J.R., Price, J.S. and Wood, J.L. (2006b) A case-control study of factors associated with pelvic and tibial stress fractures in Thoroughbred racehorses in training in the UK. *Prev. vet. Med.* 74: 21-35.
115. Vizoso, R. (2011). Seminario Ecuéstre: El caballo en el Uruguay. Cámara de Representantes, Poder Legislativo, Uruguay; p. 36-41.
116. Von Borell, E., Langbein, J., Després, G., Hansen, S., Leterrier, C., Marchant-Forde, J. et al. (2007). Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in

- farm animals. *Physiol Behav*, 92(3):293–316.
117. Whiting, J. (2009). The exhausted horse. En: *Current Therapy in Equine Medicine*, 6a ed. St. Louis Saunders Elsevier, p. 926–929.
118. Whitton, C. Understanding and preventing bone injury in Athletic horse. University of Melbourne. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Temp/SF17\\_9.3\\_Endurance\\_Risks\\_Factors\\_and\\_Bone\\_Fatigue.pdf](file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Temp/SF17_9.3_Endurance_Risks_Factors_and_Bone_Fatigue.pdf). Fecha de consulta: 03/11/20.
119. Williams, R.B., Harkins, L.S., Hammond, C.J., Wood, J.L.N. (2001). Racehorse injuries, clinical problems and fatalities recorded on British racecourses from flat racing and National Hunt racing during 1996,1997 and 1998. *Equine Vet. J.* 33: 478-486.
120. Younes, M., Robert, C., Cottin, F., Barrey, E., (2015). Speed and Cardiac Recovery Variables Predict the Probability of Elimination in Equine Endurance Events. *PLoS ONE* 10(8): e0137013. doi:10.1371/journal.pone.0137013
121. Young, L. (2007). Equine aortic valve regurgitation: a disease worthy of further consideration. *Equine Vet. Educ.* 19: 469-470.
122. Zeerleder, S., Hack, C., Wuillemin, W. (2005). Disseminated intravascular coagulation in sepsis. *Chest* 128: 2864-2875.