



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria

Índice

1. Resumen	3
1. Abstract	3
2. Introducción	4
3. Justificación y objetivos	11
4. Metodología	13
5. Resultados	13
5.1. Fisiología deportiva ecuestre	13
5.1.1. Fisiología muscular equina	14
5.1.2. Metabolismo	14
5.2. Alimentación en caballos de Raid	16
5.2.1. Requerimiento energéticos.....	16
5.2.2. Cumplimiento de los requerimientos energéticos.....	17
5.2.2.1. Forraje	17
5.2.2.2. Cereales	17
5.2.2.3. Fibra altamente digestible.....	18
5.2.2.4. Aceites vegetales.....	18
5.2.2.5. Proteína	18
5.2.2.6. Antioxidantes	19
5.3. Factores de riesgo asociados a la eliminación de los caballos de Raid	20
5.4. Lesiones ortopédicas	23
5.4.1. Lesiones en el ligamento suspensor del menudillo	24
5.4.2. Artropatías.....	25
5.4.3. Patología podal.....	25
5.4.4. Fracturas.....	26
5.5. Lesiones metabólicas	27
5.5.1. Síndrome del caballo exhausto (SCE).....	27
5.5.2. Aleteo diafragmático	29
5.5.3. Miopatía por esfuerzo	30
5.5.4. Cólicos	31
5.5.5. Encefalopatía metabólica.....	31
5.5.6. Laminitis	32
5.6. Entrenamiento de los caballos de Raid	33
6. Conclusiones	34
6. Conclusions	35

7. Valoración personal	35
8. Bibliografía	36

1. Resumen

El Raid es una disciplina deportiva ecuestre muy exigente que consiste en competiciones de resistencia en la que los caballos recorren largas distancias que pueden llegar hasta los 160km. En esta disciplina, el veterinario juega un papel relevante pues es el responsable de realizar las inspecciones veterinarias que aseguran la aptitud del caballo para continuar en la competición. Estas inspecciones veterinarias se realizan previamente a la competición, durante la competición y al finalizar la prueba en los *vet gate*. Estos *vet gate* son las áreas donde los caballos van a ser presentados a los veterinarios donde se evaluará su condición general, el estado metabólico, así como el aparato musculoesquelético al paso y al trote en línea recta. Todas estas inspecciones, junto con el resto de la normativa con relación al Raid, están bajo el amparo del Reglamento elaborado por la Federación Ecuestre Internacional (FEI), y su transposición por la Real Federación Hípica Española (RFHE).

Como se ha comentado, este deporte provoca un fuerte estrés metabólico y locomotor debido a las largas distancias recorridas, lo que conlleva la necesidad de controlar de forma exhaustiva aspectos tan importantes como pueden ser la alimentación y el entrenamiento, factores que intervienen de manera decisiva en el rendimiento deportivo del caballo.

La exigencia de este deporte provoca tasas de eliminación elevadas, así, en torno al 40% de los caballos que participan en las competiciones son eliminados de las mismas por causas metabólicas y ortopédicas. Las causas ortopédicas son la principal causa de eliminación de los caballos participantes, destacando las lesiones del ligamento suspensor del menudillo, artropatías, etc. Las causas metabólicas son la segunda causa de eliminación de los caballos en las competiciones, aunque suelen tener implicaciones más graves. Las principales causas metabólicas son: síndrome del caballo exhausto, aleteo diafragmático, cólicos, laminitis, etc.

1. Abstract

Raid is a very demanding equestrian sport discipline consisting of endurance competitions in which horses cover long distances of up to 160km. In this discipline, the veterinarian plays an important role as he is responsible for carrying out the veterinary inspections that ensure the horse's fitness to continue in the competition. These veterinary inspections are carried out prior to the competition, during the competition and at the end of the event at the vet gates. These vet gates are the areas where the horses will be presented to the veterinarians where their general condition, metabolic status, as well as the musculoskeletal system at walk and trot in a straight line will be evaluated. All these inspections, together with the rest of the regulations related to the Raid, are under the protection of the Regulations drawn

up by the Fédération Equestre Internationale (FEI), and its transposition by the Real Federación Hípica Española (RFHE).

As has been mentioned, this sport causes high metabolic and locomotor stress due to the long distances covered, which means that it is necessary to exhaustively control such important aspects as nutrition and training, factors that play a decisive role in the horse's sporting performance.

The demands of this sport lead to high elimination rates, with around 40% of horses participating in competitions being eliminated for metabolic and orthopaedic causes. Orthopaedic causes are the main cause of elimination of participating horses, with injuries of the suspensory ligament of the fetlock, arthropathies, etc. Metabolic causes are the second leading cause of elimination of horses in competitions, although they tend to have more serious implications. The main metabolic causes are: exhausted horse syndrome, synchronous diaphragmatic flutter, colic, laminitis, etc.

2. Introducción

El Raid es una disciplina ecuestre de resistencia en la que los caballos pueden recorrer distancias de entre 40km hasta los 160km en un solo día, en varias fases o vueltas, a una velocidad media que puede rondar los 20km/h, pudiendo ser incluso mayor (Nagy, Dyson y Murray, 2012). Según la Federación Ecuéstre Internacional (FEI), estas pruebas permiten comprobar la competencia y aptitud del jinete para controlar la resistencia y condición física de su caballo durante el desarrollo de la carrera, en relación con el suelo, la distancia, el clima, el terreno y el cronómetro (Fédération Equestre Internationale (FEI), 2021).

Se trata de una disciplina muy exigente para los caballos, pues recorren largas distancias a velocidades elevadas, lo que puede poner en riesgo su salud. No obstante, el bienestar animal es la primera prioridad del Raid, siendo esta, la responsabilidad más importante de todas las personas que participan en las competiciones, en especial de los veterinarios (FEI, 2021).

Por ello, para garantizar el bienestar de los animales, se llevan a cabo una serie de medidas para protegerlos, algunas de las cuales son exclusivas de la disciplina, como puede ser la obligación de presentar al caballo para que se le realice una inspección veterinaria al finalizar cada una de las vueltas o bucles de las que se compone el recorrido, la instauración de periodos de descanso obligatorios, así como el establecimiento de competiciones con velocidades controladas (Younes *et al.*, 2016).

➤ **Competiciones**

Las competiciones se pueden dividir en dos grandes grupos: por un lado, las que se realizan en un solo día, las cuales son mucho más habituales; y, por otro lado, las que se realizan en varios días. Dentro de las competiciones que se realizan en un solo día, las pruebas se clasifican según la distancia a recorrer, pudiendo ir desde los 40-45km en aquellas pruebas de iniciación, hasta los 160km en las de mayor prestigio (FEI, 2021).

Por otro lado, las competiciones de varios días se clasifican según la distancia que van a realizar diariamente y el número de días en los que compiten, pudiendo ir desde los 70-90km durante dos días en las de menor exigencia, hasta los 90-100km durante dos días o 70-80km durante tres días, en aquellas de mayor categoría (FEI, 2021).

➤ **Recorrido**

El recorrido de la carrera, independientemente de la distancia, va a estar dividido en diferentes bucles, y cada bucle va a formar parte de una fase. La distancia de estos bucles puede variar desde los 20km hasta los 40km y ningún bucle puede repetirse más de dos veces en la misma dirección. Una vez finalizado el bucle, el caballo debe de ser presentado en el control veterinario o *vet gate* donde se realiza una inspección para comprobar su aptitud para continuar en la competición. El tiempo que el caballo tarda desde que cruza la línea de meta del bucle hasta que el jinete solicita presentar al caballo en el *vet gate* se conoce como tiempo de recuperación (FEI, 2021).

El tiempo de recorrido del bucle, unido con el tiempo de recuperación del caballo, va a formar lo que se denomina el tiempo de una fase. De manera que, cada circuito estará formado por un número determinado de fases, que será mayor o menor en función de la distancia de la prueba (FEI, 2021).

➤ **Oficiales para las competiciones**

Para asegurar la adecuada organización del evento y garantizar la salud y bienestar de los animales y los jinetes, la FEI establece una serie de cargos mínimos que serán los responsables del correcto funcionamiento de la competición (FEI, 2021).

Este equipo de oficiales se compone de:

- **Delegado técnico (DT):** es el encargado de aprobar los aspectos técnicos y administrativos para la realización de la competición. Una vez está satisfecho con lo dispuesto, deberá informar al Jurado de Campo y, a partir de este momento, el control

general y la responsabilidad de gestión pasará a ser del Jurado de Campo. No obstante, el DT continuará supervisando y asesorando al Jurado de Campo hasta la finalización del evento (FEI, 2021).

- **Jurado de Campo:** además de tener el control general y la responsabilidad de gestión del evento una vez haya sido informado por el DT, el Jurado de Campo va a ser el responsable de supervisar lo dispuesto por el Comité Organizador en los relativo al control veterinario, la administración y la gestión del cronometraje (FEI, 2021).
- **Comisión Veterinaria (CV):** a diferencia de otras disciplinas ecuestres, el Raid se caracteriza por necesitar un mayor número de veterinarios por competición, pues es la única disciplina en la que se llevan a cabo exploraciones durante el desarrollo de la prueba para garantizar la aptitud del caballo para continuar. Esta CV es la que tiene el control sobre los aspectos relacionados con la seguridad, la salud y el bienestar de los caballos. La CV se compone de un Presidente de la Comisión, el cual es el encargado de emitir un informe al finalizar la competición en el que se recojan todas las incidencias de la prueba; y un número de veterinarios que será dependiente del número de caballos inscritos en el evento y la categoría de la competición. En las competiciones de mayor rango, será necesario un veterinario cada diez caballos, sin embargo, en aquellas de menor categoría, será necesario un veterinario cada 15 caballos. Estos veterinarios van a ser los encargados de realizar los controles en el *vet gate*. No obstante, existe otra figura veterinaria, conocida como veterinario de tratamiento, el cual se encuentra al margen del *vet gate* y se encarga de atender los caballos que han sufrido un desequilibrio metabólico, heridas o cualquier problema que requiera el tratamiento por parte de un veterinario (FEI, 2021).
- **Jefe de Comisarios:** es el responsable de la organización del comisariado durante todo el evento y a lo largo de todo el área de competición. De esta manera, podrá garantizar una adecuada seguridad en las cuadras y que haya suficientes comisarios en el *vet gate* y en el recorrido (FEI, 2021).

➤ **Inspecciones veterinarias**

Como ya hemos comentado, la salud y el bienestar de los caballos es la primera prioridad en la disciplina del Raid. Por ello, una de las medidas adoptadas en las competiciones para garantizarlo es la realización de las inspecciones veterinarias. Estas inspecciones veterinarias se realizan siempre por la Comisión Veterinaria previamente a la competición, durante la competición y al finalizar la competición en los denominados *vet gate* (FEI, 2021).

Al llegar al establecimiento donde se va a realizar el evento, los veterinarios van a examinar a todos los caballos inscritos en la competición y comprobarán su documentación antes de que se lleven a las cuadras. Durante este examen, se debe comprobar la identidad del caballo y verificar que ha sido vacunado frente a gripe equina y que tiene un registro adecuado de vacunación. Además, se debe comprobar que el caballo no sufre ningún tipo de lesión o enfermedad, tanto infecciosa como no infecciosa. En caso de que el caballo presente algún tipo de anomalía, ya sea infecciosa o no infecciosa, o su registro de vacunación no sea adecuado o no ha sido vacunado, el caballo será retirado de la competición (FEI, 2021).

Este primer examen que se realiza sobre el caballo no es tan exhaustivo como las inspecciones que se realizan durante la competición, pues su objetivo es el de detectar irregularidades en el ámbito administrativo o lesiones muy evidentes que hayan podido sufrir durante el transporte o los días previos a la competición y que ponen en peligro la salud y el bienestar del caballo. Por ello, antes de comenzar la prueba, el día de antes o el día de la competición se realiza una primera inspección para garantizar la aptitud del caballo para competir. No obstante, esta primera inspección se puede combinar con la exploración a su llegada, siempre y cuando se reciban los caballos el día anterior a la competición (FEI, 2021).

El resto de las inspecciones se realizan al finalizar cada uno de los bucles en el *vet gate*, incluida la inspección final, la cual se realiza cuando el caballo cruza la línea de meta (FEI, 2021).

Este *vet gate* es probablemente la característica más trascendental, pues es la única disciplina en la que el veterinario juega un papel principal durante el desarrollo de la prueba. Es el área situada cercana a la línea de meta en la que los caballos van a ser presentados al equipo de veterinarios para realizar la inspección y garantizar su aptitud para continuar (FEI, 2021).

Esta área se divide en (FEI, 2021):

- **Área de recuperación:** es la zona donde los caballos se van a recuperar antes de entrar al área de inspección.
- **Área de inspección veterinaria:** es la zona donde los caballos van a ser sometidos a una inspección veterinaria.
- **Área de descanso:** es la zona en la que los caballos van a descansar después de haber superado la inspección hasta que completen el tiempo de descanso obligatorio.
- **Área de pesaje:** es un área opcional situada antes del área de recuperación para el pesaje de los caballos al finalizar cada bucle.



Figura 1: Esquema de un Vet Gate. Fuente: (Real Federación Hípica Española (RFHE), 2021).

Estas inspecciones tienen el objetivo de valorar la condición general de los animales y su estado metabólico, teniendo en cuenta su tiempo de recuperación, para así poder garantizar la aptitud de los caballos para continuar en la prueba sin poner en riesgo su salud. Durante estas inspecciones, la FEI establece una serie de parámetros que deben de ser evaluados por los veterinarios de la comisión, los cuales son los siguientes (FEI, 2021):

- **Frecuencia cardíaca (FC):** la medición de la frecuencia cardíaca es el primer parámetro que se valora en el animal, pues se considera un criterio esencial para evaluar la capacidad de recuperación del caballo y su estado físico. Los caballos disponen de un tiempo límite de recuperación, que es de 15 o 20' al finalizar cada uno de los bucles, y de 20 o 30' al finalizar el último bucle de la competición. Durante este tiempo, el caballo debe ser capaz de reducir su frecuencia cardíaca por debajo de 64 latidos por minuto (lpm), que es el límite máximo establecido por la FEI.

Si un caballo es presentado para la inspección y su frecuencia cardíaca es superior de 64lpm, podrá volver al área de descanso si todavía está dentro del tiempo permitido y podrá presentarse una única vez más, excepto en la inspección final, donde solo se podrá presentar una vez. En caso de que esa frecuencia cardíaca sea superior, el caballo será descalificado por causas metabólicas.

Una vez que el caballo presentado tenga una frecuencia cardíaca inferior de 64lpm, se podrá continuar con el resto del examen.

- **Índice de recuperación cardíaca (IRC):** para continuar la evaluación metabólica, se calculará el IRC. Para ello, una vez medida la FC tras el periodo de recuperación, el veterinario responsable hará trotar al caballo 80m (40m de ida y 40m de vuelta) y cronometrará un minuto desde el comienzo del trote. Una vez haya pasado ese minuto,

medirá la FC del animal. La diferencia entre la FC inicial y esta segunda medición tras el trote será el IRC.

- **Sistema respiratorio:** cualquier anomalía detectada por el veterinario, ya sea en la frecuencia o el carácter de la respiración, que considere que pueda poner en peligro la salud del animal tendrá como resultado la eliminación de la competición por causas metabólicas.
- **Condición general:** cuando la condición general del caballo sea pobre o la temperatura corporal elevada, también podrá ser eliminado de la competición.
- **Estado metabólico:** se evaluará mediante la inspección de las membranas mucosas, el tiempo de relleno capilar, el estado de hidratación, el peristaltismo, el comportamiento del animal y el IRC.
- **Trote irregular:** el trote se debe realizar en una superficie llana y firme, llevando al caballo de la mano a la ida y a la vuelta, sin flexión previa o palpación profunda. Si el veterinario detecta un trote irregular en el caballo el cual está causando dolor al animal, este será eliminado de la competición por causas musculoesqueléticas u ortopédicas.
- **Dolor, laceración y heridas:** cualquier signo de dolor, laceración y/o heridas en boca, extremidades o cuerpo, el cual pueda ser agravado durante la competición o que ponga en peligro el bienestar del caballo, será motivo para la eliminación de este.
- **Herraje y extremidades:** los caballos pueden competir herrados o sin herrar. Sin embargo, si los caballos están herrados, estos deben estarlo correctamente con herraduras en buen estado. Un caballo que estaba herrado en la primera inspección puede continuar en la competición sin alguna de sus herraduras, siempre que no muestre dolor ni ponga en peligro su salud.

Como se puede comprobar, la mayoría de estos parámetros van a depender de la subjetividad del veterinario. De modo que, para aumentar la objetividad de estas pruebas, cuando un caballo vaya a ser eliminado, este será presentado a un panel de tres veterinarios los cuales votarán en secreto su veredicto y lo proporcionarán al Jurado de Campo, el cual determinará si el caballo es apto o no para continuar en la competición según las observaciones de los veterinarios (FEI, 2021).

Una vez que el caballo ha superado la inspección, la FEI establece un periodo de descanso obligatorio entre cada uno de los bucles con el objetivo de permitir a los caballos recuperarse del esfuerzo realizado durante el bucle anterior y favorecer así su bienestar. El tiempo mínimo de descanso debe de ser de 40 minutos y el máximo de 60 minutos (FEI, 2021).

➤ **Períodos de descanso obligatorio fuera de la competición**

Otra de las medidas para garantizar la salud y el bienestar de los caballos que participan en estas carreras de resistencia es el establecimiento por parte de la FEI de períodos de descanso obligatorio entre competiciones, durante los cuales, los caballos tienen prohibido participar en ninguna otra competición. Los periodos de descanso van a depender por un lado de la distancia completada (Tabla 1) y, por otro lado, si el caballo ha sido eliminado en una prueba, así como la causa de eliminación (Tabla 2) (FEI, 2021).

Distancia (KM)	Descanso (días)
0-54	5
>54-106	12
>106-126	19
>126-146	26
>146	33

Tabla 1: Periodo de descanso en días en función de la distancia completada durante la competición (FEI, 2021).

Incidencia	Descanso adicional (días)
2ª eliminación metabólica en 12 meses	14
3ª o más eliminaciones metabólicas en 12 meses	60
3ª o más eliminaciones por trote en 12 meses	180
Lesión grave musculoesquelética	180
Lesión grave metabólica	60

Tabla 2: Periodo de descanso adicional en función de la causa de eliminación de la competición (FEI, 2021).

➤ **Premio a la mejor condición física**

Por último, otra de las características de esta disciplina es la entrega del premio a la mejor condición física. Este premio se entrega al caballo que finaliza la prueba con la mejor condición atlética, independientemente de si es el ganador o no. De hecho, en muchas ocasiones se considera incluso más importante que el premio al ganador de la prueba. Para poder acceder a este premio, los caballos deben de haber finalizado entre los diez primeros (FEI, 2021).

Estos animales que optan al premio serán evaluados por un panel de tres miembros, pudiendo ser dos veterinarios y un miembro del jurado, o tres veterinarios. Este panel examinará en primer lugar los parámetro metabólicos o la presencia de heridas. Si el caballo no ha sido eliminado en esta fase, se hará trotar al caballo 40 metros en línea recta, ida y vuelta, seguido de un trote haciendo un ocho. Por último, y de manera opcional, se puede incluir un examen

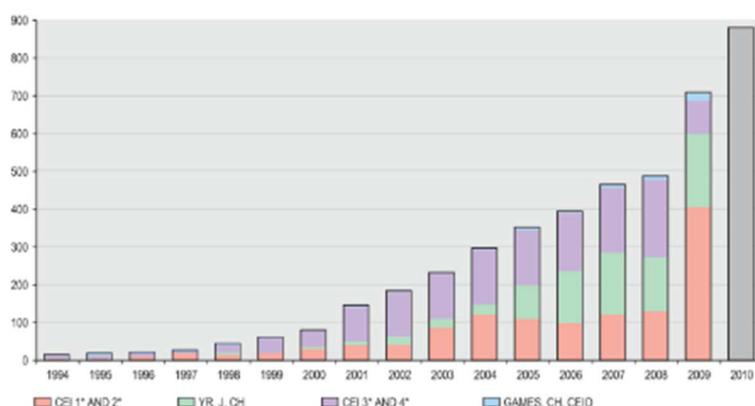
con el caballo siendo montado en el cual, el jinete, debe demostrar las habilidades de su animal (FEI, 2021).

Una vez realizado el examen, los veterinarios otorgarán una puntuación a cada uno de los caballos en las que se tendrán en cuenta: el puesto del caballo en la competición, el tiempo de recuperación del animal en cada una de las fases excepto durante la fase final, y los resultados durante la inspección veterinaria realizada por el panel. De esta manera, el caballo con la mayor puntuación será el ganador de este premio (FEI, 2021).

3. Justificación y objetivos

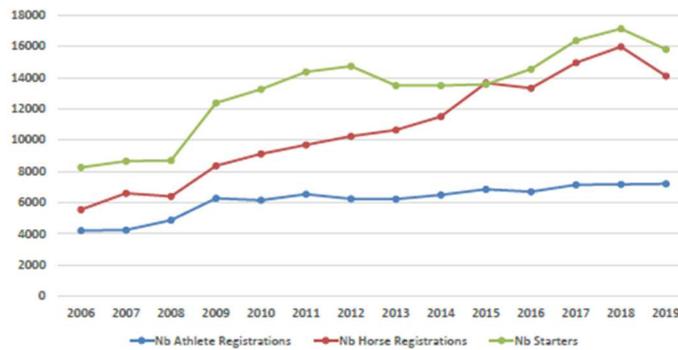
En primer lugar, el Raid es la disciplina ecuestre que más rápido ha crecido en los últimos años, ganando en popularidad y convirtiéndose en la segunda disciplina ecuestre más importante a nivel mundial. Esta creciente importancia ha favorecido una profesionalización del sector durante los últimos veinte años en todos los ámbitos de la disciplina, incluyendo criadores, jinetes y entrenadores así como veterinarios y herradores con una alta cualificación y especialización convirtiendo a España en una potencia europea de esta disciplina deportiva.

El inicio de este deporte data del siglo XIX, momento en el que se produjeron las primeras competiciones de resistencia tanto en Europa como en Australia y EE. UU. Estas primeras pruebas tenían unas condiciones muy diferentes a las actuales, y la salud y bienestar del caballo no estaba tan en consideración. El desarrollo de la disciplina se produjo en la segunda mitad del siglo XX, con competiciones de gran entidad como la Tevis Cup Ride, que se lleva corriendo desde 1955, o la Florac Race, que se creó en Francia en 1975. Finalmente, en 1982 la FEI incluyó al Raid como una disciplina oficial y, a partir de este momento, el deporte empezó a crecer (ver gráfica 1).



Gráfica 1: grafica publicada por la FEI en la que se observa un aumento exponencial en el número de competiciones desde 1994 hasta 2010, en el que se pasa de 63 competiciones internacionales hasta casi 900. Fuente: www.fei.org

Además, según los últimos datos de los que se disponen de la FEI, desde el 2009 hasta el 2019 ha habido un aumento de un 28% en el número de eventos, aumentando también el número de jinetes en un 14'7% y de caballos en un 37'6%, lo que demuestra que la disciplina todavía está en auge (ver gráfica 2).



Gráfica 2: gráfica en la que se muestra la evolución en el número de jinetes y caballos registrados, además del número de participantes. Fuente: www.fei.org

Por otra parte, se trata de una disciplina en la que el veterinario tiene una importancia especial, pues es la única disciplina en la que se realizan exploraciones de los animales antes, durante y al finalizar la competición, pudiendo ser descalificados en cualquiera de ellas.

Asimismo, la elevada tasa de eliminación de los animales durante las competiciones hace necesario realizar una revisión sobre los principales motivos de eliminación de los caballos para tratar de encontrar soluciones que puedan disminuir estas tasas y mejorar el bienestar de los animales.

Por ello, en este Trabajo de Fin de Grado se propone realizar una revisión bibliográfica con los siguientes objetivos:

- Profundizar en el conocimiento y las particularidades del Raid, así como la compleja reglamentación de esta misma disciplina, incluido el papel fundamental del veterinario en la competición.
- Realizar una revisión bibliográfica sobre la fisiología deportiva ecuestre y el manejo del caballo de Raid, incluyendo dos factores fundamentales como son la alimentación y el entrenamiento.
- Determinar los factores de riesgo y las principales patologías inherentes a esta disciplina ecuestre.

4. Metodología

Para alcanzar los objetivos propuestos, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica de la literatura científica relevante sobre la disciplina ecuestre del Raid, recogida en artículos de revistas científicas y libros especializados, así como la utilización de los reglamentos elaborados por la Federación Ecuestre Internacional y la Real Federación Hípica Española, en los que se muestra la normativa relativa a esta disciplina. Las herramientas utilizadas para esta búsqueda de información han sido bases de datos y buscadores académicos, como Google Scholar, ScienceDirect, PubMed, Research Gate y Web of Science.

Se ha incluido bibliografía tanto en español como en inglés, seleccionando los artículos más relevantes de acuerdo con los objetivos del trabajo, empleando las palabras clave “equine”, “training”, “endurance”, “horse”, “physiology”, “sport”, “risk”, “factors”. Los artículos seleccionados fueron publicados entre los años 1985 y 2021 y las referencias se han manejado con el gestor bibliográfico “Mendeley”.

5. Resultados

5.1. Fisiología deportiva ecuestre

El caballo, independientemente de la disciplina deportiva a la que se destine, es considerado un atleta en el cual se busca conseguir el máximo rendimiento (Hinchcliff y Geor, 2004). Este rendimiento máximo es dependiente del funcionamiento integrado de las características fisiológicas y anatómicas del individuo, por lo que es esencial el conocimiento de la fisiología animal, y en concreto, de la fisiología equina (Evans, 2007).

Una de las principales características fisiológicas del caballo es su gran capacidad aeróbica, la cual tiene su origen en el comportamiento evolutivo del animal, al tratarse de animales de presa que debían de huir de sus depredadores, así como por la necesidad de búsqueda de comida y agua en extensas áreas de terreno, lo que condujo a una mejoría en su velocidad y resistencia (Hinchcliff y Geor, 2004).

No obstante, en la evolución también jugó un importante papel el ser humano, modificando y seleccionando las características de los caballos en función del uso al que se iban a destinar, dando lugar a la multitud de razas que se conocen actualmente, las cuales difieren mucho tanto en sus características fenotípicas como genotípicas. Esto ha generado que ciertas razas estén mejor adaptadas a una disciplina que otras, como puede ser el caso de las razas Árabes en las carreras de resistencia o los Pura Sangre Inglés en las carreras de hipódromo (Petersen *et al*, 2013).

5.1.1. Fisiología muscular equina

El sistema muscular esquelético del caballo presenta una gran adaptación física que le permite desarrollar una locomoción muy eficiente, siendo capaz de llevar a cabo diferentes tipos de ejercicios en los que varían ampliamente la duración o intensidad. Esto es debido, por una parte, al control nervioso que se ejerce y, por otra parte, a la heterogeneidad del músculo en cuanto a sus fibras musculares (Rivero y Piercy, 2013).

A nivel histológico, se distinguen 2 tipos de fibras musculares en función de las isoformas expresadas de las cadenas pesadas de miosina, las cuales van a tener características muy diferenciadas (Rivero *et al*, 1999):

- **Fibras tipo I:** son las que se conocen como fibras lentas, pues hidrolizan el ATP lentamente, lo que da lugar a una velocidad de contracción menor que el resto de las fibras musculares. No obstante, son fibras que tienen mayor cantidad de capilares y mayor capacidad de oxidación, lo que las hace ser más eficientes generando fuerzas prolongadas (Rivero y Piercy, 2013).
- **Fibras tipo II:** se conocen como fibras rápidas pues hidrolizan el ATP de forma más rápida, provocando una velocidad de contracción mayor. De hecho, en los caballos, este tipo de fibras son más rápidas de lo esperado según su tamaño (Rome, Sosnicki y Goble, 1990).

Estas fibras musculares se van a agrupar de forma heterogénea. De manera que, cada músculo va a estar formado por un porcentaje diferente de cada una de las fibras, dando lugar a unas características u otras según el predominio de un tipo u otro (Kawai *et al*, 2009).

Asimismo, la composición muscular entre las razas equinas también es diferente, lo que proporciona nuevamente cambios en sus características, permitiendo la adaptación de unas razas frente a otras a un determinado tipo de ejercicio. Esto fue evidenciado en una investigación realizada por López-rivero *et al.* en 1989 en la que, mediante la toma de muestras del glúteo de caballos de diferentes razas, evidenciaron diferencias significativas en cuanto a la proporción de fibras musculares tipo I y tipo II, destacando la mayor proporción de fibras tipo II en caballos de Pura Sangre Inglés en comparación con caballos de razas árabes.

5.1.2. Metabolismo

El Raid se caracteriza por ser una disciplina en la que, generalmente, se compite a una velocidad moderada durante largos periodos de tiempo. Estos esfuerzos moderados permiten que la energía que se requiere pueda ser obtenida a partir del metabolismo aeróbico mediante la utilización de ácidos grasos y de glucógeno. No obstante, a partir de ciertas velocidades, este

metabolismo aeróbico puede ser sustituido por el metabolismo anaeróbico, el cual contribuye a un aumento del ácido láctico y, con ello, a la aparición de la fatiga (Smith, 1985).

Sin embargo, este límite en el cual se sustituye el metabolismo aeróbico por un metabolismo anaeróbico no es fijo y se puede modificar gracias al entrenamiento, aunque también está influenciado por la raza. En razas especialmente seleccionadas para carreras de Raid, como pueden ser los Árabes o los Anglo-Árabes, la capacidad aeróbica es mayor que en razas no destinadas a esta disciplina como los caballos españoles (Castejón *et al*, 1994; Rivero *et al*, 1995).

Este metabolismo aeróbico asociado a esfuerzos moderados durante largos periodos de tiempo no está asociado a un aumento del ácido láctico, lo que evita que estos animales sufran una acidosis metabólica por el descenso del pH (Flaminio, Gaughan y Gillespie, 1996). No obstante, durante la práctica de esta disciplina deportiva se produce gran cantidad de calor, el cual debe de ser disipado por los mecanismos de termorregulación, los cuales pueden contribuir a la instauración tanto de alcalosis metabólica como respiratoria (Foreman, 1998).

El principal mecanismo de termorregulación que existe es la producción y evaporación de grandes cantidades de sudor. De hecho, un caballo puede llegar a producir entre 10-15L de sudor a la hora en una carrera de resistencia, aunque estos valores pueden aumentar entre un 50-100% en condiciones ambientales desfavorables (calor y humedad elevada) (McCutcheon y Geor, 1996).

Este sudor se caracteriza por ser muy hipertónico respecto a la osmolaridad plasmática, con elevados niveles de sodio, potasio y cloro, y menor cantidad de calcio, magnesio y fosfato (Meyer, 1987; McCutcheon y Geor, 1996). De manera que, las pérdidas de importantes cantidades de sudor durante el ejercicio prolongado pueden dar lugar a una situación de alcalosis metabólica por la pérdida de iones, especialmente cloro, pues su concentración en el sudor es el doble que en el plasma, y por la retención de bicarbonato, para compensar esas pérdidas de cloro (Whiting, 2012)

El segundo de los mecanismos implicados en la termorregulación es la evaporación respiratoria. En este caso, el aumento de la frecuencia respiratoria para disipar el calor da lugar a un aumento de las pérdidas de dióxido de carbono, con la consiguiente alcalosis respiratoria, sobre todo en ambientes cálidos (Foreman, 1998).

Por su parte, el metabolismo anaeróbico está cobrando cada vez mayor importancia en la disciplina, pues los caballos cada vez compiten a velocidades más elevadas, lo que provoca

que el metabolismo aeróbico sea sustituido por un metabolismo anaeróbico en ciertos momentos de la carrera debido a la mayor intensidad a la que se está sometiendo al caballo. Este hecho tiene especial importancia, pues la demanda energética no se puede suplir únicamente con la vía de la fosforilación oxidativa de la glucosa y los ácidos grasos, de manera que es necesario que se ponga en marcha la degradación no oxidativa de la glucosa, la cual es mucho más ineficiente que la vía aeróbica, y además provoca la acumulación de ácido láctico, el cual contribuye a la aparición de la fatiga (Votion, 2013).

5.2. Alimentación en caballos de Raid

Las carreras de resistencia son competiciones muy exigentes para los animales, los cuales deben de disponer de la energía suficiente para evitar así una pérdida en el rendimiento y una posible descalificación (Smith, 1985).

Esta energía puede proceder de los depósitos musculares y hepáticos de glucógeno, del almacenamiento intramuscular y adiposo de triglicéridos, o de la glucosa y ácidos grasos procedentes de la ingesta. Todos ellos van a contribuir a la formación de ATP a nivel muscular, el cual es la principal fuente de energía que utiliza el músculo para llevar a cabo su labor fisiológica (Harris, 2009).

La alimentación de los caballos, además de contribuir a la producción de energía por el aporte de ácidos grasos y glucosa, es especialmente importante para el mantenimiento de la condición corporal, así como para la reposición de los depósitos grasos o glucogénicos (Harris, 2009).

De hecho, la condición corporal es un aspecto de gran importancia, pues se ha comprobado que ésta tiene influencia en el rendimiento de los caballos. Aquellos animales con una condición corporal excesivamente alta o baja tienen mayores posibilidades de eliminación, ya sea por la menor cantidad de reservas energéticas o por el exceso de peso unido al efecto aislante de la capa adiposa, que limita su capacidad de termorregulación (Lawrence *et al*, 1992; Garlinghouse y Burrill, 1999; Langlois y Robert, 2008).

Es por ello que la alimentación en estos animales cobra especial importancia, tratando de mantener a los caballos con una condición corporal media (4-4'5 en una escala de 1 a 9), la cual permita un máximo rendimiento deportivo con suficientes reservas energéticas (Harris, 2009).

5.2.1. Requerimiento energéticos

Los requerimientos energéticos generales de un caballo representan la suma de las necesidades de mantenimiento y las necesidades de actividad. Sin embargo, en los caballos de

resistencia, las necesidades energéticas no dependen únicamente de la duración o la intensidad del entrenamiento o competición, sino que van a depender de otros factores como las condiciones ambientales o del terreno, el peso del jinete y el equipo, así como el estado físico del caballo (Harris, 1997).

5.2.2. Cumplimiento de los requerimientos energéticos

Para el cumplimiento de los requerimientos energéticos, se utilizan fundamentalmente cuatro fuentes energéticas (Harris, 1997):

- Fibra fermentable como celulosa, hemicelulosa y pectinas.
- Carbohidratos hidrolizables como azúcares simples y almidones
- Aceites y grasas
- Proteínas

5.2.2.1. Forraje

Los caballos son animales herbívoros no rumiantes destinados a alimentarse durante largos periodos de tiempo en los pastos, por lo que la fuente principal de energía debería de estar representada por el forraje (Harris, 2009).

El cumplimiento de esta premisa es muy importante ya que el forraje permite el mantenimiento de la salud y la funcionalidad del intestino grueso, además de la reducción del riesgo de úlceras gástricas y comportamientos anormales (Goodwin, Davidson y Harris, 2002; Shirazi-Beechey, 2008).

Además, el hecho de proporcionar una elevada cantidad de forraje al caballo hace que aumente el reservorio de fluidos dentro del intestino, pues el forraje actúa a modo de esponja, reteniendo mayor cantidad de agua y electrolitos. De manera que, las pérdidas durante la actividad física de agua y electrolitos pueden ser repuestas en cierta manera por ese reservorio intraintestinal (Meyer y Coenen, 1989; Warren, Lawrence y Roberts, 2001).

No obstante, este aumento en el reservorio tiene la principal desventaja del aumento de peso del intestino grueso, por lo que se debería valorar si las ventajas que ofrece el aumento del reservorio de fluidos son mayores que las desventajas asociadas al aumento de peso, lo que se conoce como lastre intestinal. Además, la degradación de la celulosa y hemicelulosa es más exotérmica, lo que representa una desventaja en la termorregulación del caballo durante la competición (Harris, 2009).

5.2.2.2. Cereales

Los caballos de resistencia están sometidos a un régimen de entrenamiento y competición muy elevado, por lo que tienen unos requerimientos energéticos muy altos, los cuales

no se van a poder satisfacer con el forraje, o las cantidades necesarias serían elevadísimas. Por ello, estos caballos requieren un aporte energético adicional, el cual se puede proporcionar por medio de los cereales, los cuales tienen al almidón como principal componente (Harris, 2009).

El intestino delgado tiene una capacidad de hidrolizar el almidón relativamente baja, por lo que hay que tener cuidado con la cantidad de cereales que se aporta a los animales. Esto es debido a que, si se supera esta capacidad de hidrolizar, se producirá una rápida fermentación del almidón que llegará al intestino grueso, pudiendo provocar consecuencias clínicas negativas (disbiosis bacteriana por alteración del pH y problemas digestivos como colitis o cólicos) (Harris y Kronfeld, 2003).

5.2.2.3. *Fibra altamente digestible*

Estos alimentos fibrosos, entre los que se encuentra la pulpa de remolacha, se caracterizan por tener un alto contenido en fibra digestible y un menor contenido en fibra indigestible, en comparación con las fuentes tradicionales de fibra. Esta característica hace que estos alimentos aporten una mayor cantidad de energía tras su fermentación, por lo que se pueden emplear como sustitutivos energéticos de los cereales (Harris, 2009).

5.2.2.4. *Aceites vegetales*

Los aceites vegetales se caracterizan por ser alimentos que aportan gran cantidad de energía gracias a su elevado contenido en grasas, reduciendo además la producción de calor. Asimismo, gracias a la implementación de los aceites en las raciones es posible reducir la cantidad de alimento necesario para satisfacer las necesidades de los animales, disminuyendo así el lastre intestinal (Holland, Kronfeld y Meacham, 1996; Harris, 1997).

Esta inclusión de los aceites vegetales en las dietas de los caballos de resistencia dio lugar a un posible aumento en el rendimiento de los caballos durante las competiciones. Esto es debido a que, aquellos caballos que se han adaptado a raciones suplementadas con grasas utilizan menor cantidad de glucosa durante el ejercicio, lo que da lugar a un ahorro de glucógeno muscular y, teóricamente, a un aumento del rendimiento deportivo (Pagan *et al*, 2002).

5.2.2.5. *Proteína*

La adición de proteína a la ración en los caballos de resistencia no busca el aporte energético, pues la obtención de energía a partir de la degradación de la proteína es la vía menos eficiente que existe y, por ello, no es utilizada por los animales durante el ejercicio (Harris, 2009).

Sin embargo, va a ser necesario su aporte por encima de los niveles de mantenimiento debido a la necesidad de reparación muscular y de reposición del nitrógeno perdido con el sudor

tras el ejercicio, así como para permitir el desarrollo muscular como respuesta al entrenamiento (Harris, 2009).

5.2.2.6. Antioxidantes

Como ya hemos visto con anterioridad, para la obtención de energía a partir del glucógeno y los ácidos grasos, el principal mecanismo es la fosforilación oxidativa de los mismos. Durante este proceso oxidativo, la mayoría del oxígeno que se consume se convierte en dióxido de carbono y agua. Sin embargo, una parte de este oxígeno (2%) no se reduce completamente y se van a formar lo que denominamos especies reactivas de oxígeno (ROS), como se puede comprobar en la siguiente ecuación (Williams, 2016).

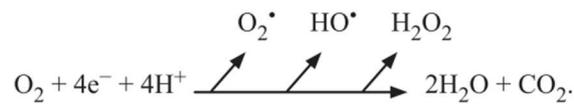


Figura 2: Reacción de oxidación en la que se observa la formación de los ROS. Fuente: (Williams, 2016).

En condiciones habituales, estos ROS en cantidades adecuadas tienen efectos beneficiosos para el animal, pues contribuyen al normal desarrollo de actividades fisiológicas, además de jugar un papel importante en la producción de fuerza en el músculo, el desarrollo de las adaptaciones musculares inducidas por el entrenamiento, así como la inducción de sistemas de defensa endógenos (Powers *et al*, 2010).

No obstante, cuando se produce una acumulación excesiva de ROS en la que los sistemas de defensa antioxidantes endógenos se ven sobrepasados o se produce una acumulación crónica de los mismos, pueden provocar efectos perjudiciales para la salud del animal, pudiendo dañar el ADN, lípidos o proteínas, lo que se conoce con el nombre de “estrés oxidativo”. Además, se cree que estos procesos oxidativos también se relacionan con el daño muscular y la aparición de la fatiga (Williams, 2016).

Todos estos efectos negativos pueden prevenirse mediante la adición de antioxidantes en la dieta, especialmente en aquellos caballos sometidos a un trabajo intenso en los que se aumenta de forma importante la producción de radicales libres (Clarkson, 2000).

Los principales antioxidantes que se utilizan en las dietas de los caballos de resistencia son la vitamina E y el selenio (Harris, 2009).

5.3. Factores de riesgo asociados a la eliminación de los caballos de Raid

El Raid es una disciplina deportiva ecuestre muy exigente, en la que las tasas de eliminación son muy elevadas, pues cerca del 40% de los caballos que participan en carreras de la FEI van a ser descalificados de las mismas. La principal causa de eliminación de los caballos de las competiciones son las cojeras (en torno a un 65% de los caballos eliminados), seguido de las causas metabólicas (en torno a un 20%). No obstante, los caballos también pueden ser eliminados por otras causas que comprometan su bienestar, independientemente del estatus metabólico o condición ortopédica (dolor dorsal, dolor en la boca, heridas en alguna región del cuerpo...) (Nagy, Murray y Dyson, 2010, 2013; Younes *et al.*, 2016).

Esta elevada tasa de eliminación de los caballos ha sido motivo de discusión en numerosos escenarios tanto profesionales como públicos (Nagy, Murray y Dyson, 2013). Por ello, el estudio de las causas de eliminación y de los factores de riesgo asociados a estas son un pilar fundamental para el desarrollo de la disciplina, con el objetivo de poder identificar aquellos riesgos que se puedan modificar y así poder establecer medidas preventivas para tratar de reducir estas tasas de eliminación (Nagy, Murray y Dyson, 2014; Younes *et al.*, 2016).

En cuanto a los factores de riesgo asociados a la eliminación de los caballos, nos centraremos en aquellos que afectan a las dos principales causas de eliminación, es decir, las cojeras y las causas metabólicas. Las tasas de eliminación por el resto de causas son mucho menos importantes y apenas se ha estudiado sobre las mismas (Nagy, Murray y Dyson, 2014).

➤ **Eliminación por cojeras**

Como hemos dicho, es la principal causa de eliminación en las competiciones, de ahí que el estudio de los factores de riesgo cobre especial importancia (Nagy, Murray y Dyson, 2010, 2013; Younes *et al.*, 2016).

Según la FEI, un caballo debe ser eliminado por cojera cuando muestra una irregularidad en la marcha en cualquier inspección realizada durante la competición, la cual causa dolor o amenaza la capacidad del caballo para continuar con seguridad en la competición. Esta irregularidad debe de ser observada mediante el trote del caballo en línea recta, sin previa flexión o palpación de las extremidades (FEI, 2021).

Por su parte, los factores de riesgo asociados a este tipo de lesiones están relacionados con el lugar donde se celebra la competición, el número de participantes de dicha competición, la distancia, la experiencia previa del caballo, o el descanso entre una competición y la siguiente (Nagy, Murray y Dyson, 2013, 2014).

➤ **Eliminación por causas metabólicas**

En este caso, la eliminación por causas metabólicas es la segunda causa más importante de eliminación de las competiciones, por lo que el estudio de los factores de riesgo asociados también tiene elevada importancia (Nagy, Murray y Dyson, 2010, 2013; Younes *et al.*, 2016).

Según la FEI, un caballo debe ser eliminado cuando su estado metabólico está comprometido y pone en peligro la salud y el bienestar de este. La evaluación del estado metabólico se realizará por medio de los parámetros establecidos por la FEI, los cuales se han indicado con anterioridad (FEI, 2021).

Asimismo, los factores de riesgo de este tipo de lesiones van a estar asociados con el lugar de celebración de la competición, así como la edad de los animales o el número de caballos que participan en la competición (Nagy, Murray y Dyson, 2013, 2014).

Como se puede observar, tanto las causas metabólicas como las ortopédicas están relacionadas con el lugar donde se celebra la competición. Esto puede ser debido a factores como el terreno del circuito, así como el clima o el objetivo de los corredores. No obstante, no se dispone de la información necesaria para poder establecer a qué puede ser debido concretamente (Nagy, Murray y Dyson, 2013, 2014).

En cuanto al objetivo de los corredores, puede que desempeñe un papel fundamental, pues si se comparan los estudios de Nagy, Murray y Dyson de 2010 y 2013, o el de Younes *et al* en 2016, en los que todas sus pruebas eran de la FEI, con el de Fielding *et al* en 2011, en el que contaba con pruebas nacionales de menor categoría, aparecen diferencias significativas en cuanto a las tasas de eliminación por cojera y causas metabólicas. Esto explicaría que, cuando el objetivo de los corredores es el de terminar la carrera y no el de acabar en el menor tiempo posible, las tasas de eliminación son mucho menores, pues las velocidades a las que se completa el circuito son inferiores, disminuyendo la exigencia de la prueba (Nagy, Murray y Dyson, 2013, 2014).

El terreno del circuito, a pesar de lo que inicialmente se pensaba, no se ha visto que esté relacionado con un aumento en la eliminación de los caballos por cojeras. No obstante, sí que se ha visto una relación con el aumento de las tasas de eliminación por causas metabólicas cuando el circuito tiene partes de arena o tierra, lo cual puede ser debido a que estos terrenos aumentan la fatiga en los caballos (Nagy, Murray y Dyson, 2014).

Al igual que en el caso anterior, un mayor número de participantes en las pruebas conlleva un aumento del riesgo de eliminación por ambas causas, aunque bien es cierto que el

riesgo por causas metabólicas es algo mayor. Esto podría ser debido a la competitividad, en el que se sugiere que en las competiciones con mayor número de participantes hay una mayor competitividad y los caballos completan el circuito a mayores velocidades. (Nagy, Murray y Dyson, 2013, 2014).

Por lo que se refiere a la distancia de las pruebas, existen diferencias en cuanto a la tasa de eliminación de caballos por cojeras en competiciones por encima de los 130 km respecto a las competiciones en las que la distancia era menor. Este hecho es lógico, pues al disminuir la distancia, disminuye la cantidad de impactos que recibe el tejido musculoesquelético y se reduce así la fatiga muscular (Nagy, Murray y Dyson, 2013, 2014).

En relación con la distancia de las competiciones, diferentes estudios muestran que está relacionada con la experiencia deportiva del caballo. En este caso, los caballos que han participado anteriormente en competiciones cuya distancia era mayor que la competición actual, tienen un menor riesgo de ser descalificados por una cojera que en el caso de caballos que no tienen experiencia previa en la distancia. Este hecho puede ser debido a que estas competiciones a las que ya están acostumbrados suponen un menor estrés para ellos, aunque también puede ser debido a que estas distancias más cortas son utilizadas por los caballos experimentados para entrenar, por lo que la velocidad a la que la realizan es inferior a su capacidad máxima (Nagy, Murray y Dyson, 2014).

El descanso después de una competición también es importante en relación con las cojeras, pues se ha comprobado que periodos de descanso entre competiciones de 90 días reducen el riesgo de eliminación por cojeras en la siguiente competición (Nagy, Murray y Dyson, 2014). De hecho, la FEI establece periodos de descanso obligatorios después de la realización de una competición tanto a nivel nacional como internacional, durante los cuales los caballos tienen prohibido competir (FEI, 2021). No obstante, estos periodos de descanso oscilan desde los 5 días en competiciones más cortas hasta los 33 días en competiciones más largas, muy lejos de los 90 días que establece el estudio de Nagy, Murray y Dyson en 2014 como el periodo de tiempo necesario para reducir el riesgo de eliminación. Es por ello que se sugiere que, para garantizar la salud de los animales, estos periodos de tiempo deberían de ser más largos, sobre todo en las competiciones de mayor distancia, así como en el caso de competiciones en las que participan un gran número de caballos (Nagy, Murray y Dyson, 2014).

Respecto a la edad de los caballos, a medida que aumenta la edad en los caballos, aumenta el riesgo de ser eliminados por razones metabólicas (Nagy, Murray y Dyson, 2014).

Independientemente de estos factores de riesgo, uno de los aspectos que más controversia genera en relación al Raid, es la velocidad de los caballos para completar el circuito, pues lo lógico es pensar que el aumento en la velocidad conlleva un aumento en el número y en la gravedad de las lesiones. Sin embargo, dado las características del Raid, en el que cada competición es diferente, e incluso cada vuelta o bucle dentro de la misma competición, hace que sea complicado poder establecer una asociación significativa entre el aumento de la velocidad y el aumento del riesgo. Esto es debido a que, en función de la exigencia del circuito, la velocidad con la que se completa va a ser diferente, por lo que la comparación de la velocidad entre dos competiciones va a ser dependiente de la exigencia del circuito, dificultando el estudio de la implicación que tiene la velocidad en el aumento del riesgo de lesiones (Nagy, Murray y Dyson, 2013).

Según Nagy, Murray y Dyson en 2014, a pesar de que en su estudio no se evidenció un mayor riesgo de eliminación en aquellos caballos con velocidades medias superiores, sostenían que la velocidad, junto con el terreno, están muy relacionados con el riesgo de eliminación, y que en su estudio no se evidenciaban diferencias significativas por un número insuficiente de datos.

Para apoyar esta idea, Younes *et al* en 2015 elaboraron un estudio en el que por medio de la evaluación de tres parámetros en el *vet gate* (velocidad media, la frecuencia cardíaca y el tiempo de recuperación cardíaca) podían ser capaces de estimar la probabilidad de eliminación del caballo en el siguiente *vet gate*, lo que demostraba la relación de estos parámetros con el riesgo de eliminación. De manera que, un aumento en la velocidad se relacionaba con un aumento en la probabilidad de eliminación.

5.4. Lesiones ortopédicas

Como ya se ha comentado en el apartado anterior, las lesiones ortopédicas son la principal causa de eliminación de los caballos de las competiciones de resistencia (Nagy, Murray y Dyson, 2010, 2013; Younes *et al.*, 2016). Sin embargo, la causa específica que provoca la patología ortopédica es desconocida en la gran mayoría de los casos durante el *vet gate*, pues el objetivo de estas exploraciones no es la de diagnosticar el problema, sino el de detectar aquellos caballos que no son aptos para continuar en la competición (Robert, 2013).

No obstante, estudios como el de Paris, Beccati y Pepe en 2021 han investigado estas causas específicas y han permitido conocer los problemas más comunes que afectan a los caballos de resistencia.

En cuanto a la localización anatómica, la principal área que se ve afectada es la zona del menudillo de las extremidades anteriores, seguido de la porción proximal del metacarpo, el casco y el tarso (Nagy, 2011; Paris, Beccati y Pepe, 2021). Además, la mayoría de los problemas tienen lugar en las extremidades anteriores y durante los entrenamientos (Nagy, Dyson y Murray, 2017; Paris, Beccati y Pepe, 2021).

En lo que se refiere a lesiones ortopédicas específicas, la desmitis de la región proximal del ligamento suspensor del menudillo es la causa más común de cojeras en estos caballos; seguido de la osteoartritis de la articulación metacarpo o metatarsofalángica como segunda causa más común; y del dolor en la suela como tercera causa (Bertone, 2013; Robert, 2013; Paris, Beccati y Pepe, 2021).

5.4.1. Lesiones en el ligamento suspensor del menudillo

Cuando se habla de problemas en el ligamento suspensor del menudillo, lo principal va a ser pensar en una desmitis de dicho ligamento, sobre todo de la región proximal (Robert, 2013; Paris, Beccati y Pepe, 2021).

La desmitis del ligamento suspensor del menudillo, ya sea de la parte proximal como de sus ramas, afecta con mayor frecuencia a las extremidades anteriores que a las extremidades posteriores (Robert, 2013), y está muy relacionada con la intensidad del entrenamiento y con la conformación de la extremidad (Paris, Beccati y Pepe, 2021).

Aquellos caballos que presentan anomalías en la conformación de las extremidades, como pueden ser problemas en la conformación del carpo, tienen predisposición a desarrollar problemas en la porción proximal del metacarpo (Ross y McIlwraith., 2011; Bassage, 2013; Beccati *et al.*, 2017).

Además, aquellos caballos que se someten a elevadas cargas de trabajo al inicio de su periodo de entrenamiento tienen también más posibilidades de sufrir una lesión de este tipo. Por ello, hay que tener especial cuidado con la carga de trabajo a la que se somete a los animales, aumentando progresivamente la intensidad y frecuencia del entrenamiento a medida que mejora su condición física (Paris, Beccati y Pepe, 2021).

El diagnóstico de estos problemas a nivel del ligamento suspensor del caballo se basan en la palpación y en la ecografía, pudiendo ayudarse de las anestésicas diagnósticas. (Holbrook, 2011; Misheff, 2011).

El manejo de estas lesiones no es sencillo y requiere al inicio de tratamientos con AINEs, así como la aplicación de frío y vendajes para reducir la inflamación y el dolor (Robert, 2013). A

su vez, se recomienda la aplicación de ondas de choque, asegurarse de un buen equilibrio de los pies, y, tras un periodo de descanso, el inicio de un programa de rehabilitación y ejercicio controlado (Misheff, 2011). Como terapia adyuvante, se puede utilizar la infiltración local con corticoides, así como el empleo de terapias regenerativas como el plasma rico en plaquetas o las células madre autólogas (Robert, 2013).

5.4.2. Artropatías

La osteoartrosis o enfermedad degenerativa articular, junto con la patología periarticular (sinovitis, capsulitis o esclerosis del cóndilo lateral o medial del metacarpo), es un hallazgo frecuente en caballos de resistencia, sobre todo de la articulación metacarpo o metatarsofalángica (menudillo), siendo más prevalente en la articulación metacarpofalángica, pues es la principal articulación que absorbe el impacto durante la marcha (Bertone, 2013). No obstante, otras articulaciones como la del corvejón o tarso también se afectan con frecuencia (Robert, 2013).

Para el diagnóstico de este proceso se pueden emplear diferentes técnicas, siendo las más habituales la radiografía (observación de alteraciones óseas), la ecografía (observación de alteraciones de los tejidos blandos periarticulares o del líquido sinovial) o las anestias intraarticulares. No obstante, se pueden utilizar pruebas como la tomografía computerizada o la resonancia magnética, las cuales nos proporcionan mucha más información que las pruebas anteriores, pero son más caras y menos accesibles (Robert, 2013; Paris, Beccati y Pepe, 2021).

El tratamiento de estas lesiones en su fase aguda o sobreaguda se centra en la aplicación de terapia local a base de hielo en caso de inflamación de las estructuras articulares o de AINEs una vez rehidratado el animal. Como terapia específica, se pueden realizar infiltraciones intraarticulares con corticoides y ácido hialurónico, o la administración intravenosa de ácido hialurónico (Misheff, 2011). El herraje de estos caballos se debería realizar con herraduras de aleación de aluminio para reducir su peso (Robert, 2013).

El pronóstico en estas lesiones es reservado, pues se trata de lesiones degenerativas las cuales van a evolucionar con el tiempo (Robert, 2013).

5.4.3. Patología podal

La patología podal es la tercera causa más común de problemas ortopédicos en los caballos, siendo una causa común de cojeras crónicas o de dolor recurrente (Misheff, 2011; Paris, Beccati y Pepe, 2021).

Estos problemas podales son más frecuentes en las extremidades delanteras, afectando a una sola extremidad, y se relacionan con sesiones de entrenamiento prolongadas, sobre todo en terreno duro (Flaminio, Gaughan y Gillespie, 1996; Paris, Beccati y Pepe, 2021).

No obstante, también se han detectado problemas de dolor a nivel del casco en caballos compitiendo en superficies blandas a altas velocidades. Por lo que, parece ser que la velocidad y las conformaciones anormales del casco también influyen en el desarrollo de patología podal (Misheff, 2011).

El diagnóstico de estos procesos se centra en la utilización de la pinza de cascos y la radiografía. Por una parte, los caballos se van a mostrar sensibles a la pinza de cascos, evidenciando signos de dolor. Por otra parte, la radiografía puede evidenciar anomalías del casco, incluida la pérdida de opacidad en el borde distal de la última falange o tejuelo (Robert, 2013).

El tratamiento de estos procesos se basa en un adecuado herraje, el cual debe proteger los márgenes solares y reducir el estrés en el pie. Para ello, conviene el uso de herraduras con gran acolchado (Flaminio, Gaughan y Gillespie, 1996).

5.4.4. Fracturas

Las fracturas en los caballos de Raid no son patologías tan comunes, sin embargo, debido a las implicaciones que tienen sobre el animal cuando se producen, y tras el evidente aumento de las mismas durante la competición, es importante que los veterinarios las tengan en cuenta a la hora de valorar una lesión de tipo ortopédico.(Misheff, Alexander y Hirst, 2010).

La mayoría de las fracturas se producen en la primera falange o cuartilla y en el metacarpo o metatarso. No obstante, también se han evidenciado fracturas en la segunda falange, radio, húmero, escápula, fémur, ilion e isquion (Misheff, Alexander y Hirst, 2010).

Estos animales que sufren una fractura van a mostrar una cojera aguda muy marcada nada más finalizar el entrenamiento o la competición, cuyo diagnóstico se confirmará por medio de la radiografía, siendo necesario la radiografía de ambas extremidades para descartar la presencia de una fractura bilateral (Misheff, Alexander y Hirst, 2010).

El tratamiento de estos animales puede ser quirúrgico, fijación externa por medio de escayola u otros sistemas como la fibra de vidrio, o simplemente reposo. No obstante, para aumentar las posibilidades de éxito del tratamiento, será especialmente importante que los veterinarios encargados en una competición dispongan del material necesario para estabilizar la fractura (Misheff, Alexander y Hirst, 2010).

5.5. Lesiones metabólicas

A pesar de que las causas ortopédicas son las más habituales en cuanto a las causas de eliminación, los problemas metabólicos suelen tener implicaciones más graves sobre los caballos, pudiendo dar lugar a situaciones de emergencia que requieren atención inmediata por parte de los servicios veterinarios (Robert, 2013).

Estas competiciones de larga distancia van a provocar en los caballos pérdidas en los fluidos corporales y electrolitos. Esto, junto con el aumento de las demandas que suponen para estos caballos la velocidad, los terrenos complicados y las condiciones climatológicas adversas, van a provocar una serie de problemas metabólicos, los cuales se engloban en un complejo conocido como Síndrome del Caballo Exhausto (SCE) (Robert, 2013).

5.5.1. Síndrome del caballo exhausto (SCE)

El síndrome del caballo exhausto (SCE) se caracteriza al inicio por una pérdida de fluidos y electrolitos, que conduce a un descenso en el volumen plasmático y un aumento de la viscosidad sanguínea, lo cual puede provocar una inadecuada perfusión tisular (Robert, 2013).

Por una parte, a nivel renal, el descenso en la perfusión, junto con el aumento de la mioglobina circulante debido a lesiones musculares, pueden generar el deterioro de la función renal y, en ocasiones, llegar al fallo renal (Robert, 2013).

Por otra parte, el descenso de la perfusión a nivel intestinal puede dar lugar a una malabsorción de los fluidos administrados vía oral, así como a la aparición de diarrea. Asimismo, debido a esta deshidratación y a la consiguiente movilización de agua desde el colon, se puede desarrollar un cuadro de cólico por impactación en el colon o en el ciego (Foreman, 1998).

Asimismo, los requerimientos energéticos en estos caballos son muy elevados, lo que da lugar a un descenso en la disponibilidad de sustratos energéticos a nivel muscular, provocando la aparición de fatiga (Tomlinson, 1992).

A nivel de las extremidades, la deshidratación, junto con el inicio de la coagulación intravascular y el desarrollo de cólicos con la posibilidad de desarrollar endotoxemia, puede contribuir a la aparición de laminitis (Robert, 2013). Además, la pérdida de electrolitos puede dar lugar también a problemas de tipo muscular, generando fasciculaciones musculares, arritmias o aleteo diafragmático.

Por último, como ya hemos comentado, la sudoración es el principal mecanismo de disipación del calor, de manera que, la deshidratación que sufren este tipo de animales

contribuye negativamente a la disipación del calor por el sudor, agravándose todavía más el problema del caballo exhausto (Foreman, 1998).

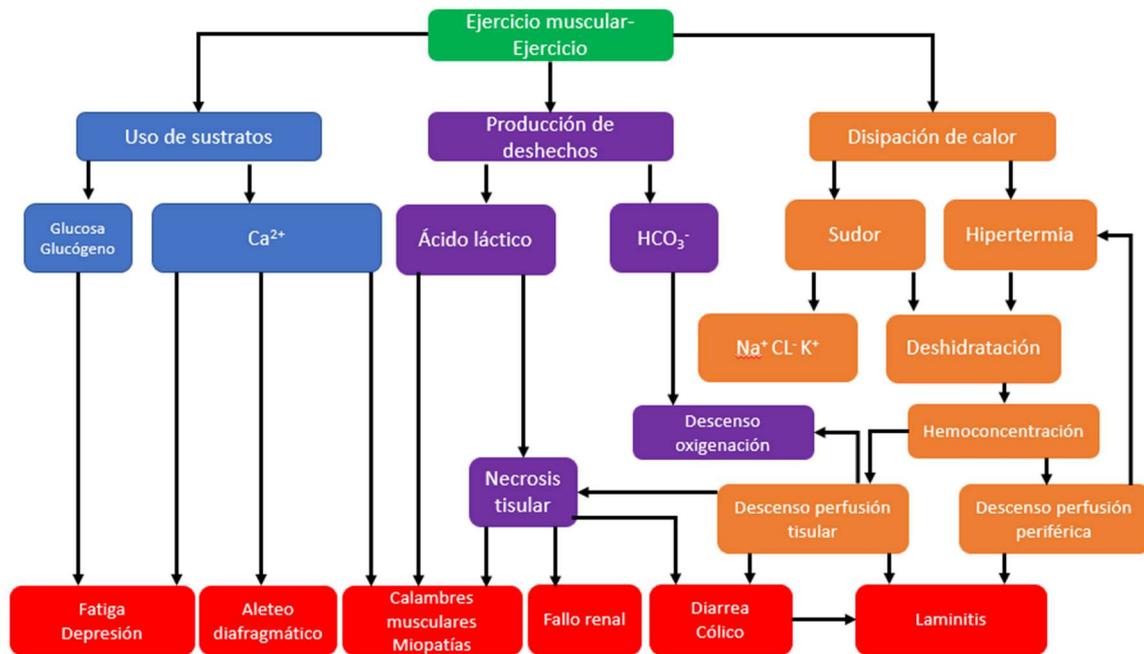


Figura 3: Esquema en el que se pueden observar los mecanismos fisiopatológicos que afectan al caballo exhausto. Fuente: Foreman, 1998.

El diagnóstico de estos animales se basa en la observación de los signos clínicos, así como en los hallazgos laboratoriales. Por un lado, algunos de estos signos clínicos que se pueden evidenciar son: frecuencia cardíaca inestable, ojos vidriosos, pérdida de interés hacia el agua y la comida, aumento del tiempo de relleno yugular y del tiempo de relleno capilar, ausencia de borborismos, aumento de la concentración en la orina o anuria, persistencia de pulso y frecuencia respiratoria elevada tras 30 minutos de descanso (Tomlinson, 1992).

Por otro lado, los hallazgos laboratoriales que se pueden encontrar son: aumento de las proteínas totales, albúmina y creatinina, así como del hematocrito. Además, en la hematología se evidencia neutrofilia por estrés y linfopenia. La mayoría de los electrolitos van a estar reducidos (especialmente el Na^+ y el Cl^- por el sudor), mientras que los indicadores de daño muscular pueden estar aumentados (creatinin kinasa (CK), aspartato amino transferasa (AST) y lactato deshidrogenasa (LDH)), aunque bien es cierto que estos cambios en los electrolitos o en los indicadores de daño muscular no son muy evidentes y no ayudan al diagnóstico en todos los casos (Fielding *et al*, 2009; Muñoz *et al*, 2010).

No obstante, el objetivo no es el diagnóstico del caballo exhausto, sino el diagnóstico precoz de los mismos, pues un caballo en estado grave es muy fácilmente diagnosticable, pero su pronóstico es peor que aquel caballo con síntomas leves (Robert, 2013).

Sin embargo, el diagnóstico precoz de estos animales no es sencillo, pues los síntomas que muestran son muy leves y no hay un indicador específico del síndrome, teniendo que observar de forma detenida y atenta cualquier signo que pueda ser compatible (Tomlinson, 1992).

El tratamiento va a ser diferente en función de la evolución de la enfermedad. En aquellos animales en los que su capacidad de alimentarse y de beber agua se mantiene, es posible que las alteraciones hidro-electrolíticas se solucionen por la propia ingesta y solo sea necesario una terapia de apoyo. Mientras que, en aquellos animales que se muestran indiferentes a la comida y la bebida, el tratamiento se basa en la administración de fluidoterapia agresiva con el objetivo de rehidratar al animal, además de restablecer el equilibrio electrolítico y los sustratos energéticos. De forma general, la respuesta al tratamiento suele ser adecuada, aunque en algunos casos se produce la muerte del animal debido a un fallo renal, shock hipovolémico, edema pulmonar, coagulación intravascular diseminada (CID), diarrea o laminitis (Foreman, 1998; Whiting, 2012).

5.5.2. Aleteo diafragmático

El aleteo diafragmático se caracteriza por una contracción del diafragma sincronizada con los latidos cardíacos. Este problema puede estar provocado por causas como hipoparatiroidismo, enfermedad gastrointestinal o sepsis. No obstante, lo más interesante en este caso es que puede estar asociado al deporte de resistencia, pudiendo aparecer como parte del síndrome del caballo exhausto, como se ha comentado en el apartado anterior (Toribio, 2011).

En el Raid, es habitual que, debido a los mecanismos de termorregulación (sudor e hiperventilación), el caballo entre en un estado de alcalosis. Este estado de alcalosis, unido con la hipocalcemia y la hipopotasemia por las pérdidas de electrolitos en el sudor, puede dar lugar a una alteración del potencial de membrana y la transmisión neuromuscular, dando lugar al aleteo diafragmático (Whiting, 2012).

Esta falta de calcio permite al sodio difundir a los nervios, aumentando su irritabilidad. De manera que, la despolarización del atrio derecho va a estimular el nervio frénico hiperexcitable a su paso por el corazón, provocando la contracción involuntaria del diafragma en cada latido (Foreman, 1998; Toribio, 2011).

Lo más habitual es que este problema ocurra después del periodo de descanso, momento en el que el caballo va a beber agua, dando lugar a una dilución de los iones, exacerbando la alcalosis, a no ser de que se ingieran estos electrolitos con el agua (Robert, 2013).

El diagnóstico del aleteo se basa en la observación de los movimientos espasmódicos de los músculos del flanco, pudiendo ser tanto unilateral como bilateral. Hay que comprobar que estos movimientos están en sincronía con los latidos cardíacos y no con la respiración, pues en ocasiones es difícil de detectar en caballos con una frecuencia respiratoria elevada (Foreman, 1998).

El tratamiento se basa en la administración de fluidos que contengan calcio y potasio. Si a nivel gastrointestinal no hay ninguna alteración, los fluidos se pueden administrar por vía oral. Sin embargo, la administración parenteral de fluidos no alcalinizantes y adicionados con calcio van a aumentar la velocidad de recuperación (Dwyer *et al.*, 1985). En caso de que el animal se muestre refractario al tratamiento, puede ser debido a que el caballo está sufriendo también una hipomagnesemia concomitante, la cual deberá de ser corregida para que el caballo responda al tratamiento (Stewart, 2011).

5.5.3. Miopatía por esfuerzo

La miopatía por el esfuerzo se caracteriza por ser alteraciones a nivel muscular debido a perturbaciones metabólicas (desequilibrios electrolíticos, depleción del glucógeno...) asociadas a la fatiga debida al esfuerzo prolongado (Flaminio, Gaughan y Gillespie, 1996).

Los caballos que desarrollan este problema sienten dolor y presentan taquicardia y taquipnea, además de mostrarse reacios a moverse, observándose alteraciones en la marcha que pueden ir desde el acortamiento del paso hasta la cojera y recumbencia (Flaminio, Gaughan y Gillespie, 1996). Asimismo, es habitual la aparición de calambres musculares, así como endurecimiento, rigidez o dolor a la palpación (Foreman, 1998). La mioglobulinuria debida a la rabdomiólisis aparece en casos moderados a graves (Holbrook, 2011).

Este tipo de problemas son más comunes en las extremidades posteriores, sobre todo en los músculos lumbares. Sin embargo, también se puede producir en las extremidades anteriores, sobre todo en la zona de los pectorales (Holbrook, 2011).

Para el diagnóstico de este proceso se combina la observación de los signos clínicos con los hallazgos laboratoriales, midiendo los niveles de CK y AST. Cuando se produce lesión muscular, los niveles de CK y AST se van a elevar, siempre dependiendo de la gravedad de la lesión, así como del tiempo que ha pasado desde la lesión hasta su medición (Robert, 2013).

Una de las principales complicaciones de este proceso va a ser el fallo renal debido a la mioglobulinuria, pues la mioglobina liberada debido a la rabdomiólisis tiene efectos nefrotóxicos

que, combinados con la deshidratación y con la administración de antiinflamatorios no esteroideos (AINEs), pueden provocar esta situación (Robert, 2013).

El tratamiento debe tener como objetivos aliviar el dolor, reemplazar los fluidos y electrolitos perdidos y mantener la funcionalidad renal (Holbrook, 2011).

Para aliviar el dolor en estos caballos, lo ideal es utilizar una combinación de relajantes musculares junto con analgésicos (acepromacina, xilazina o detomidina combinada con butorfanol) (Holbrook TC., 2011).

5.5.4. Cólicos

Los cólicos son una importante causa de eliminación durante las competiciones de Raid, siendo el íleo, las úlceras gástricas y las impactaciones las causas de cólico más prevalentes en la disciplina, así como la salmonelosis y la enteritis (Nieto *et al*, 2004; Fielding, 2012).

El primer hallazgo que nos va a hacer sospechar que el animal puede estar sufriendo un cuadro de cólico es la ausencia de borborismos. Por lo que, ante este hallazgo, se tendrán que llevar a cabo una serie de pruebas complementarias para confirmar o descartar esta sospecha (ecografía abdominal, sondaje nasogástrico y palpación transrectal) (Robert, 2013).

En cuanto al tratamiento, los cólicos de tipo quirúrgico no son frecuentes en las competiciones de resistencia (Fielding *et al*, 2009). Por ello, en la mayoría de los casos, el tratamiento médico a base de fluidoterapia intravenosa intensiva junto con relajantes musculares (detomidina o romifidina junto con butorfanol) y AINEs (flunixin meglumine) es suficiente. De esta forma, se consigue corregir la deshidratación y desequilibrios electrolíticos que padece el animal además de controlar el dolor (Fielding, 2012).

5.5.5. Encefalopatía metabólica

Los problemas metabólicos en los caballos de Raid pueden verse acompañados de síntomas nerviosos debido a alteraciones en el sistema nervioso central. No obstante, el origen de estas alteraciones no está del todo claro y se sospecha de diversas causas: hipertermia, hipocalcemia, hiperamonemia, hipoglucemia o hiper/hiponatremia (Philippart y Robert, 2008; Divers, 2011).

Aquellos caballos que desarrollan encefalopatía metabólica pueden mostrar una gran variedad de signos clínicos, entre los cuales destacan: desorientación, ceguera, depresión o agitación, disminución del estado de consciencia, aleteo diafragmático, ataxia, fasciculaciones musculares y, en ocasiones, convulsiones (Robert, 2013).

Se pueden administrar relajantes musculares (diazepam, detomidina) con el objetivo de prevenir las posibles convulsiones y ataxia. Además de ello, se pueden emplear tratamientos como los corticoides, el DMSO, los diuréticos o la administración de glucosa para corregir la hipoglucemia si fuese necesario (Robert, 2013).

5.5.6. Laminitis

La laminitis se caracteriza por ser un proceso muy doloroso que afecta al casco de los caballos en el cual se produce la separación del tejido laminar del casco, pudiendo provocar la rotación o el hundimiento de la tercera falange y que causa una cojera muy marcada (Heymering, 2010).

En relación con la disciplina que nos ocupa, las competiciones o entrenamientos sobre superficies demasiado duras provocan un estrés continuo sobre el casco de los caballos, que puede dar lugar al deterioro de la estructura laminar del casco. Esto, combinado con los efectos de la deshidratación, la endotoxemia o la coagulación intravascular, contribuye a la aparición de una laminitis de tipo metabólico en los caballos de resistencia (Robert, 2013).

La presentación clínica de la laminitis se caracteriza por una cojera muy marcada que puede afectar a una sola o a varias de las extremidades, siendo más común en las extremidades anteriores que en las posteriores, pues son las extremidades que soportan mayor peso. Los caballos se muestran reacios a moverse porque sienten mucho dolor, el pulso digital arterial está aumentado y se muestran sensibles a la pinza de cascos (Dyson, 2011).

Estos signos clínicos suelen aparecer unas horas después de la finalización de competición (0-48h, siendo la media unas 13h), lo que hace que la laminitis pueda aparecer también en caballos que ha finalizado la prueba. (Hood, 1999; Robert, 2013).

El diagnóstico precoz de este proceso es especialmente importante, pues permitirá poner en marcha medidas preventivas para evitar la progresión de la laminitis hasta un estado crónico irreversible (Holbrook, 2011; Misheff, 2011).

Como tratamiento médico preventivo, se deberá de aplicar crioterapia en la parte distal de las extremidades, así como la administración de fluidoterapia IV para corregir los desequilibrios hidro-electrolíticos que puede estar sufriendo el animal tras la competición (Misheff, 2011).

Junto con el tratamiento médico, es importante proporcionar al caballo un tratamiento ortopédico preventivo, con el que se de soporte a la ranilla, así como facilitar al caballo abundante cama (Robert, 2013).

5.6. Entrenamiento de los caballos de Raid

El Raid es una disciplina deportiva ecuestre y como tal requiere de un entrenamiento específico para estos animales en función principalmente de la intensidad y la distancia para la que quieren ser destinados. (Webb *et al.*, 2020).

Este entrenamiento debe de ser gradual y conlleva una serie de adaptaciones tanto físicas como fisiológicas que se producen a medida que se progresa en la preparación (Robert, 2013).

Los principios básicos del entrenamiento de esta disciplina se basan en mejorar principalmente la capacidad aeróbica del caballo, pues la mayoría de los esfuerzos que realizan van a ser a intensidades moderadas. De manera que, la preparación debe basarse en su mayoría en entrenamientos largos a velocidades bajas (Barnes, 2014; Webb *et al.*, 2020).

En las primeras etapas de vida, el entrenamiento debe estar limitado a una hora de duración hasta que los caballos tienen 5 años. A partir de este momento, la duración puede aumentarse hasta 1,5-2 horas progresivamente, tratando de realizarlos a unas intensidades moderadas. Estas intensidades se consiguen fácilmente con el caballo andando activamente sobre un terreno montañoso, estimulándose así el metabolismo aeróbico del mismo modo que se activaría al galope por un terreno plano, pero con menor impacto sobre el caballo, disminuyendo así el riesgo de lesión (Leclerc., 2009). De forma puntual, se puede añadir el trote y galope en terreno llano (Robert, 2013).

En caballos adultos, durante las primeras fases de la preparación, los entrenamientos iniciales deben consistir en sesiones al paso de entre una y dos horas, incluyendo periodos de trote de unos minutos durante la sesión. Estos entrenamientos deben realizarse durante 3 o 4 veces a la semana, durante 3 o 4 semanas (Barnes, 2014).

Durante estas fases iniciales del programa de entrenamiento, el objetivo es asentar una base aeróbica, asegurándose que el caballo no está siendo sobreentrenado (Barnes, 2014).

A medida que el estado físico del caballo mejora, se pueden añadir sesiones más largas. Estas sesiones pueden ir aumentando progresivamente su distancia en bloques de 5km por semana hasta llegar a un máximo de 40km, realizándose al paso, al trote y algo al galope (Barnes, 2014).

Hasta el momento, únicamente se ha entrenado la capacidad aeróbica del caballo con entrenamientos largos pero a velocidades bajas. No obstante, durante las competiciones, los caballos también van a tener que realizar esfuerzos a intensidades muy elevadas en los que

entra en juego la capacidad anaeróbica del caballo. Por ello, también deben realizarse entrenamientos en los que su principal objetivo sea el de mejorar esta capacidad (Barnes, 2014).

Estos entrenamientos destinados a aumentar la capacidad anaeróbica se realizan cuando el caballo ya ha asentado una buena base aeróbica durante los meses previos y se caracterizan por tener intensidades muy elevadas, pero volúmenes de trabajo menores que las sesiones anteriores. Algunos de estos entrenamientos podrían ser: series de 200-400m con el caballo a galope en suelo llano, o series en cuesta de la misma distancia con el caballo también a máximo esfuerzo (Barnes, 2014).

Por último, conviene hablar de los periodos de descanso del caballo, los cuales son tan importantes como los entrenamientos, pues es el momento en el que se van a producir las remodelaciones y las adaptaciones que se buscan al realizar las sesiones. Estos periodos deben de ser lo suficientemente amplios como para permitir la recuperación completa del caballo entre sesiones. De esta manera, se evitaría el sobreentrenamiento de los animales y, con ello, se reduciría el riesgo de lesiones (Barnes, 2014).

No obstante, la cantidad de descanso necesario no está preestablecido y será necesario monitorizar y observar al caballo para saber cómo está respondiendo al entrenamiento. De modo que, ante cualquier signo de sobreentrenamiento (cansancio, hinchazón de tendones...), se llevarán a cabo ajustes en las sesiones posteriores, llegando incluso a añadir días de descanso (Barnes, 2014).

6. Conclusiones

1. El Raid es una disciplina deportiva ecuestre que requiere una gran exigencia tanto del metabolismo como del aparato locomotor del caballo ya que este recorre largas distancias, y en ocasiones, en condiciones muy adversas.
2. Debido a que durante el transcurso de la competición el riesgo de sufrir problemas metabólicos u ortopédicos es muy elevado, la Federación Ecuéstre Internacional (FEI) ha elaborado una exigente reglamentación cuyo objetivo es garantizar el bienestar animal del caballo.
3. En la reglamentación de este deporte de resistencia, el veterinario juega un papel fundamental como garante del bienestar animal antes, durante y tras la competición.
4. Los accidentes ortopédicos y metabólicos son los principales factores de riesgo asociados a la eliminación de los caballos durante la competición.
5. La alimentación y el entrenamiento de los caballos de resistencia juegan un rol importante en la mejora de su rendimiento deportivo.

6. Conclusions

1. The Raid is an equestrian sport discipline that requires a high demand on both the horse's metabolism and locomotor system due to they cover long distances, sometimes in very adverse conditions.
2. Because the risk of metabolic or orthopaedic problems during competition is very high, the Fédération Equestre Internationale (FEI) has drawn up stringent regulations aimed at ensuring the animal welfare of the horse.
3. In the regulation of this endurance sport, the veterinarian plays a fundamental role as guarantor of animal welfare before, during and after the competition.
4. Orthopaedic and metabolic accidents are the main risk factors associated with the elimination of horses during competition.
5. Feeding and training of endurance horses play an important role in improving their sporting performance.

7. Valoración personal

La realización de este trabajo me ha permitido ampliar mis conocimientos sobre una de mis disciplinas ecuestres favoritas pues, como corredor de maratón y de montaña, es posiblemente la disciplina con la que me siento más identificado. Además, me ha permitido adquirir destreza en la realización de trabajos académicos, familiarizándome en la búsqueda de bibliografía científica y con los gestores bibliográficos.

Por último, me gustaría agradecer en primer lugar a mis tutores Antonio Romero Lasheras y Arantzazu Vitoria Moraiz por su ayuda y apoyo a la hora de realizar este trabajo, además de a todos los miembros e internos del área de grandes animales. Agradecer a mi familia por su apoyo incondicional para poder cumplir mi sueño, a mis amigos de siempre y a los que me ha dado la universidad, algunos de los cuales se han convertido en familia.

8. Bibliografía

- Barnes, A. L. (2014). «Training endurance horses». En: Hodgson, D. R., McKeever, K. H. y McGowan C. M. *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine: Second Edition*. Elsevier Inc. pp, 314-320. doi: 10.1016/B978-0-7216-0075-8.00031-9.
- Bassage, L. H. (2013). «Metacarpus/metatarsus». En: Hinchcliff, K. W., Kaneps, A. y Geor, R. *Equine Sports Medicine and Surgery: Second Edition*, Elsevier Ltd, pp. 297-325.
- Beccati, F., Cerocchi, A., Conte, M., Pilati, M. y Pepe M. (2017). «Computed tomographic diagnosis of incomplete palmar cortical (fatigue) fracture of the third metacarpal bone in two young adult endurance horses». *Equine Veterinary Education*, pp. 1-6. doi: 10.1111/eve.12860.
- Bertone, A. L. (2013). «Distal limb: fetlock and pastern». En: Hinchcliff, K. W., Kaneps, A. y Geor, R. *Equine Sports Medicine and Surgery: Second Edition*, Elsevier Ltd, pp. 275–296.
- Castejón, F., Rubio, D., Tovar, P., Vinuesa M., Riber, C. (1994). «A comparative study of aerobic capacity and fitness in three different horse breeds (Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian)», *Zentralbl Veterinarmed A*, 41(9), pp. 645-652.
- Clarkson, P. M. y Thompson, H. S. (2000). «Antioxidants: what role do they play in physical activity and health?». *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2), pp. 637-646.
- Divers, T. J. (2011). «Metabolic causes of encephalopathy in horses.». *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*. 27(3), pp. 589-596.
- Dwyer, R. M., Thompson, L. S. (1985). «The Practical Diagnosis and Treatment of Metabolic Conditions in Endurance Horses». *Iowa State University Veterinarian*, 47(1), article 3.
- Dyson, S. J. (2011). «Diagnosis of laminitis». En: Ross, M. W. y Dyson, S. J. *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse. Second Ed.* Elsevier: St. Louis, MO, USA, pp. 371-372.
- Evans, D. L. (2007). «Physiology of equine performance and associated tests of function». *Equine Veterinary Journal*, 39(4), pp. 373-383. doi: 10.2746/042516407X206418.
- Fédération Equestre Internationale (FEI). (2021). «Endurance Rules». Disponible en: <https://inside.fei.org/fei/disc/endurance/rules>. [Consultado: 15/07/2021].
- Fédération Equestre Internationale (FEI). (2021). Disponible en: <https://www.fei.org/>. [Consultado: 10/07/2021].
- Fielding, C. L., Meier, C. A., Balch, O. K. y Kass, P. H. (2011). «Risk factor for the elimination of Endurance Horses From Competition». *Journal of American Veterinary Medical Association*, 239 (4), pp. 493-498. doi: 10.2460/javma.239.4.493. PMID: 21838587.
- Fielding, C. L., Magdesian, K. G., Rhodes, D. M., Meier, C.A. y Higgins, J. C. (2009). «Clinical and biochemical abnormalities in endurance horses eliminated from competition for medical complications and requiring emergency medical treatment: 30 cases (2005-2006).». *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 19(5), pp. 473-478. doi: 10.1111/j.1476-4431.2009.00441.x.
- Fielding, C. L. y Dechant, J. E. (2012). «Colic in competing endurance horses presenting to referral centres: 36 cases.», *Equine Veterinary Journal*. 44(4), pp. 472-475. doi: 10.1111/j.2042-3306.2011.00462.x.
- Flaminio, M. J., Gaughan, E. M. y Gillespie J. R. (1996). «Exercise intolerance in endurance horses». *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 12(3), pp. 565-580. doi: 10.1016/s0749-0739(17)30273-0.

- Foreman, J. H. (1998). «The exhausted horse syndrome». *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 14(1), pp. 205-219.
- Garlinghouse, S. E. y Burrill, M. (1999). «Relationship of body condition score to completion rate during 160 km endurance races.». *Equine Veterinary Journal Supplements*, 30, pp. 591-595.
- Goodwin, D., Davidson, H. P. y Harris, P. (2002). «Foraging enrichment for stabled horses: effects on behaviour and selection.». *Equine Veterinary Journal*, 34(7), pp. 686-691. doi: 10.2746/042516402776250450.
- Harris, P. A. y Kronfeld, D. S. (2003). «Influence of dietary energy sources on health and performance». En: Robinson, N. E. *Current therapy in equine medicine 5th edition*. Philadelphia: WB Saunders, pp. 698–704.
- Harris, P. (2009). «Feeding Management of Elite Endurance Horses». *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 25(1), pp. 137-153. doi: 10.1016/j.cveq.2009.01.005.
- Harris, P. (1997). «Energy sources and requirements of the exercising horse.». *Annual Review of Nutrition*, 17, pp. 185-210.
- Heymering, H. W. (2010). «A historical perspective of laminitis.». *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 26(1), pp. 1-11.
- Hinchcliff, K. W. y Geor, R. J. (2004). «Integrative physiology of exercise». En: Hinchcliff, K. W., Kaneps, A., Geor, R. J. *Equine Sports Medicine and Surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete*. London: WB Saunders, p. 3–8
- Holbrook, T. C. (2011). «The endurance horse». En: Baxter, G. M. *Adam's and Stashak's lameness in horses. 6th edition*. Wiley-Blackwell: Chichester, UK, pp. 1055–1061.
- Holland, J. L., Kronfeld, D. S. y Meacham, T. N. (1996). «Behavior of horses is affected by soy lecithin and corn oil in the diet.». *Journal of Animal Science*, 74(6), pp. 1252-1255.
- Hood, D. M. (1999). «Laminitis in the horse.», *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 15(2), pp. 287-294.
- Kawai, M., Minami, Y., Sayama, Y., Kuwano, A., Hiraga, A. y Miyata, H. (2009). «Muscle fiber population and biochemical properties of whole body muscles in Thoroughbred horses». *The Anatomical Record (Hoboken)*, 292, pp. 1663–1669. doi: 10.1002/ar.20961.
- Langlois, C. y Robert, C. (2008). «Epidemiology of metabolic disorders in endurance racing horses». *Pratique Veterinaire Equine Editions du Point Veterinaire*, 157, pp. 51-60.
- Lawrence, L., Jackson, S., Kline, K., Moser, L., Powell, D. y Biel, M. (1992). «Observations on body weight and condition of horses in a 150 mile endurance ride.». *Journal of Equine Veterinary Science*, 12, pp. 320-324.
- Leclerc, J. L. (2009). «Training for endurance horses: traditional and evolving ideas». *Prat Vet Equine*. 41, pp. 7–10.
- López-Rivero, J. L., Aguera, E., Monterde, J. G., Rodríguez-Barbudo, M. V. y Miró, F. (1989). «Comparative study of muscle fiber type composition in the middle gluteal muscle of Andalusian, Thoroughbred and Arabian Horses». *Journal of Equine Veterinary Science*, 9(6), pp. 337-340.
- McCutcheon, L. J., Geor, R. J. (1996). «Sweat fluid and ion losses in horses during training and competition in cool vs. hot ambient conditions: implications for ion supplementation». *Equine Veterinary Journal Supplements*, 22, pp. 54-62.

- Meyer, H. (1987). «Nutrition of the equine athlete». *Equine Exercise Physiology*, pp. 644-674.
- Meyer, H. y Coenen, M. (1989). «Influence of exercise on the water and electrolyte content of the alimentary tract». En: *Proceedings of the 11th Conference of the Equine Nutrition and Physiology Society*, pp. 3–7.
- Misheff, M. M., Alexander, G. R. y Hirst, G. R. (2010). «Management of fractures in endurance horses». *Equine Veterinary Education*, 22(12), pp. 623-630. doi: 10.1111/j.2042-3292.2010.00150.x.
- Misheff, M. M. (2011). «Lameness in endurance horses». En: Ross, M. W. y Dyson, S. J. *Diagnosis and management of lameness in the horse. 2nd edition*. St Louis, MO: Elsevier Saunders, pp. 1137–49.
- Muñoz, A., Riber, C., Trigo, P., Castejón-Riber C. y Castejón, F. M. (2010). «Dehydration, electrolyte imbalances and renin-angiotensin-aldosterone-vasopressin axis in successful and unsuccessful endurance horses.». *Equine Veterinary Journal Supplements*, 38, pp. 83-90.
- Nagy, A. (2011) «Characteristics of Orthopaedic Problems in endurance horses». *Vet Times*, pp. 1-6.
- Nagy, A., Dyson, S. J. y Murray, J. K. (2012). «A veterinary review of endurance riding as an international competitive sport». *Veterinary Journal*, 194(3), pp. 288-293. doi: 10.1016/j.tvjl.2012.06.022.
- Nagy, A., Dyson, S. J. y Murray, J. K. (2017). «Veterinary problems of endurance horses in England and Wales». *Preventive Veterinary Medicine*, 140(March), pp. 45-52. doi: 10.1016/j.prevetmed.2017.02.018.
- Nagy, A., Murray, J. K. y Dyson, S. (2010.) «Elimination from elite endurance rides in nine countries: A preliminary study», *Equine Veterinary Journal*, 42 (suppl. 38), pp. 637-643. doi: 10.1111/j.2042-3306.2010.00220.x.
- Nagy, A., Murray, J. K. y Dyson, S. J. (2013). «Descriptive epidemiology and risk factors for eliminations from Fédération Equestre Internationale endurance rides due to lameness and metabolic reasons (2008-2011)». *Equine Veterinary Journal*, 46(1), pp. 38-44. doi: 10.1111/evj.12069.
- Nagy, A., Murray, J. K. y 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), pp. 294-299. doi: 10.1111/evj.12170.
- Nieto, J. E., Snyder, J.R., Beldomenico, P., Aleman, M. y Kerr, J.W. (2004). «Prevalence of gastric ulcers in endurance horses--a preliminary report.». *Veterinary Journal*, 167(1), pp. 33-37.
- Pagan, J. D., Geor, R. J., Harris, P. A., Hoekstra, K., Gardner, S., Hudson, C. y Prince, A. (2002). «Effects of fat adaptation on glucose kinetics and substrate oxidation during low-intensity exercise.». *Equine Veterinary Journal Supplements*, 34, pp. 33-38.
- Paris, A., Beccati, F. y Pepe, M. (2021). «Type, prevalence, and risk factors for the development of orthopedic injuries in endurance horses during training and competition». *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 258(10), pp. 1109-1118. doi: 10.2460/JAVMA.258.10.1109.

- Petersen, J. L., Mickelson, J. R., Cothran, E. G., Andersson, L. S., Axelsson, J. *et al* (2013). «Genetic Diversity in the Modern Horse Illustrated from Genome-Wide SNP Data». *PLoS ONE* 8(1), e54997. doi: 10.1371/journal.pone.0054997.
- Philippart, M. A. y Robert, C. (2008). «Neurological problems of metabolic origin in endurance horses». *Prat Vet Equine*. 40, pp. 59–68.
- Powers, S. K., Duarte, J., Kavazis, A. N. y Talbert, E. E. (2010). «Reactive oxygen species are signalling molecules for skeletal muscle adaptation». *Experimental Physiology*, 95(1), pp. 1-9.
- Real Federación Hípica Española. (2021). «Reglamento de Raid». Disponible en: <http://www.rfhe.com/wp-content/uploads/2020/02/Reglamento-de-Raid-hasta-publicacion-del-2020.pdf>. [Consultado: 20/07/2021].
- Rivero, J. L., Ruz, M. C., Serrano, A. L. y Diz, A. M. (1995). «Effects of a 3 month endurance training programme on skeletal muscle histochemistry in Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian horses». *Equine Veterinary Journal*, 27(1), pp. 51-59.
- Rivero, J. L., Serrano, A. L., Barrey, E., Valette, J. P. y Jouglin, M. (1999). «Analysis of myosin heavy chains at the protein level in horse skeletal muscle». *Journal of Muscle Research and Cell Motility*. 20(2), pp. 211-221. doi: 10.1023/a:1005461214800.
- Rivero, J. L. y Piercy, R. J. (2013). «Muscle physiology: responder to exercise ad training.». En: Hinchcliff, K. W., Kaneps, A. y Geor, R. *Equine Sports Medicine and Surgery: Second Edition*, Elsevier Ltd, pp. 69-108.
- Robert, C. (2013). «Veterinary aspects of training and racing endurance horses». En: Hinchcliff, K. W., Kaneps, A. y Geor, R. *Equine Sports Medicine and Surgery: Second Edition*, Elsevier Ltd, pp. 1083-1106. doi: 10.1016/B978-0-7020-4771-8.00052-1.
- Rome, L. C., Sosnicki, A. A. y Goble, D. O. (1990). «Maximum velocity of shortening of three fibre types from horse soleus muscle: implications for scaling with body size». *The Journal of Physiology*, 431, pp. 173–185.
- Ross, M. W. y McIlwraith, C. W. (2011). «Conformation and lameness». En: Ross, M. W. y Dyson, S. J. *Diagnosis and management of lameness in the horse. 2nd edition*. Elsevier Saunders : Philadelphia, pp. 15–32.
- Shirazi-Beechey, S. P. (2008). «Molecular insights into dietary induced colic in the horse.». *Equine Veterinary Journal.*, 40(4), pp. 414-421.
- Smith, C. (1985). «Electrolyte imbalances and metabolic disturbances in endurance horses», *The Compendium on continuing education for the practicing veterinarian*, 7(10), pp. 575-582.
- Stewart, A. J. (2011). «Magnesium Disorder in Horses». *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 27, pp. 149-163. doi: 10.1016/j.cveq.2010.12.009.
- Tomlinson, C. M. (1992). «Exhausted horse syndrome». *Proceedings of the annual convention of the American Association of Equine Practitioners (USA)*, 37, pp. 835-837.
- Toribio, R. E. (2011). «Disorders of Calcium and Phospate Metabolism in Horses». *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 27, pp. 129-147. doi: 10.1016/j.cveq.2010.12.010.
- Votion, D. (2013). «*Metabolic responses to exercise and training*». En: Hinchcliff, K. W., Kaneps, A. y Geor, R. *Equine Sports Medicine and Surgery: Second Edition*. Elsevier Ltd. pp, 747-767. doi: 10.1016/B978-0-7020-4771-8.00033-8.

Warren, L., Lawrence, L. M. y Roberts, A. (2001). «The effect of dietary fiber on gastrointestinal fluid volume and the response to dehydration and exercise». En: *Proceedings of the 17th Conference of the Equine Nutrition and Physiology Society*, pp. 148–149.

Webb, H. J., Weston, J. F., Norman E. J., Cogger, N. Bolwell, C. F. y Rogers, C. W. (2020). «A Descriptive Study of Training Methods for Fédération Equestre Internationale Endurance Horses in New Zealand». *Journal of Equine Veterinary Science*, 92, 103155. doi: 10.1016/j.jevs.2020.103155.

Whiting, J. (2012). «El caballo exhausto». En: Robinson N. E. y Sprayberry K. A. *Terapéutica actual en medicina equina*. 6ª ed., pp. 1036-1040)

Williams, C. A. (2016). «Horse species symposium: The effect of oxidative stress during exercise in the horse». *Journal of Animal Science*, 94(10), pp. 4067-4075. doi: 10.2527/jas.2015-9988.

Younes, M., Robert, C., Cottin, F. y Barrey, E. (2015). «Speed and cardiac recovery variables predict the probability of elimination in equine endurance events». *PLoS ONE*, 10(8), pp. 1-13. doi: 10.1371/journal.pone.0137013.

Younes, M., Barrey, E., Cottin, F. y Robert, C. (2016). «Elimination in long-distance endurance rides: Insights from the analysis of 7,032 starts in 80 to 160 km competitions». *Comparative Exercise Physiology*, 12(4), pp. 157-167. doi: 10.3920/CEP160022.