UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA

EFECTO DEL ÍNDICE DE CONFORT, VELOCIDAD, ETAPA, RAZA Y SEXO SOBRE EL TIEMPO DE RECUPERACIÓN CARDÍACA, EN CABALLOS DE ENDURO

por

LAENS ROIG, Florencia
WÜNSCH NOTEJANE, María Cecilia

TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos para obtener el título de

Doctor en Ciencias Veterinarias

Orientación: Medicina Veterinaria / Higiene,

Inspección-Control y Tecnología de los alimentos de origen animal.

MODALIDAD: ESTUDIO DE CASO

MONTEVIDEO
URUGUAY
2014

PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de mesa: _____

Dr. Jorge Carluccio

Segundo miembro (tutor): _____

Dr. Fernando Vila

Tercer miembro: _____

Dra. Adriana Medero

Cuarto Miembro (co-tutor): _____

Dr. Ruben Arismendi

Fecha: 7 Octubre 2014

Autores: _____

Br. Florencia Laens Roig

_____

Br. María Cecilia Wünsch Notejane

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por el apoyo a lo largo de toda la carrera y en la vida.

A Sergio Ignacio Beltrán por su compañía e incentivo en este trabajo.

A Fernando y Negrito por guiarnos.

A José Piaggio y toda la Cátedra de Estadística por colaborar en este estudio.

A la Asociación Uruguaya de Enduro Ecuestre por permitir que lo realizáramos.

A la Facultad de Veterinaria por nuestra formación profesional.

A nuestros amigos y compañeros por estar siempre.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN……..……2
AGRADECIMIENTOS……..……3
LISTA DE CUADROS……5
LISTA DE FIGURAS……6
RESUMEN……9
SUMARY……10
1. INTRODUCCIÓN……...11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA……13
2.1 HISTORIA DEL CABALLO……...13
2.2 ENDURO ECUESTRE……..14
2.3 FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO……18
2.3.1 RESPUESTAS CARDIOVASCULARES AL EJERCICIO……24
2.4 FACTORES QUE AFECTAN AL CABALLO DE ENDURO……...27
2.4.1 FACTORES EXÓGENOS……28
2.4.2 FACTORES ENDÓGENOS……31
3. HIPÓTESIS……33
4. OBJETIVOS……34
5. MATERIALES Y MÉTODOS……...35
5.1 MATERIALES……35
5.2 MÉTODOS……..35
5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO……36
6. RESULTADOS……...37
6.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA……37
6.2 ESTADÍSTICA INFERENCIAL……51
7. DISCUSIÓN……...61
8. CONCLUSIONES……..69
9. BIBLIOGRAFÍA……..70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1…… 24
Modificaciones porcentuales del flujo sanguíneo (Jones, 1989).

Tabla 2…… 35
Lectura de la categorización utilizada para el índice de confort en caballos en competencias de resistencia (Arismendi R, 2014, com. pers.).

Tabla 3…… 36
Categorización de las variables estudiadas

Tabla 4…….. 41
Caracterización del riesgo metabólico según los índices de confort en grados Fahrenheit y Celsius (Jones, 2009; Hodgson y col., 1994).

Tabla 5…… 42
Frecuencias de las distintas etapas según la categorización del índice de confort (Stata/SE 11.2).

Tabla 6…….. 50
Caballos descalificados de todas las competencias según el motivo, por etapa (n=105).

Tabla 7…….. 56
Coeficiente de correlación (r) y coeficiente de determinación (R^2) entre el tiempo de recuperación cardíaca y la velocidad.

Tabla 8…….. 57
Modelo de predicción lineal (Stata/SE 11.2) del tiempo de recuperación cardíaca para cada etapa (n=752).

Tabla 9…….. 60
Modelo de regresión múltiple para el tiempo de recuperación cardíaca según la etapa, velocidad, sexo, raza e índice de confort de los caballos que completaron las 5 etapas (n=490).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1…….. 20
Ilustración esquemática de la alteración de la distribución del volumen de sangre en respuesta al estrés térmico en reposo y durante el ejercicio (Hodgson y Rose, 1994).

Figura 2……. 21
Mecanismos para la transferencia de calor dentro del cuerpo de un caballo durante el ejercicio (Hodgson y Rose, 1994).

Figura 3……. 29
Fórmula del índice de confort o índice de estrés ambiental (Jones, 2009).

Figura 4……. 37
Temperatura ambiental promedio de todas las competencias, según la etapa.

Figura 5……. 38
Variación de la temperatura ambiental promedio de todas las competencias, según la fecha.

Figura 6……. 39
Humedad relativa ambiental promedio de todas las competencias, según la etapa.

Figura 7…….. 40
Variación porcentual de la humedad relativa ambiental promedio de todas las competencias, según la fecha.

Figura 8……. 41
Variación del índice de confort en promedio para las distintas etapas de cada competencia por fecha.

Figura 9……. 42
Índice de confort en promedio, por etapa.

Figura 10……. 43
Promedios de índice de confort, temperatura (ºC) y humedad relativa ambiental (%) por etapa.

Figura 11……. 44
Velocidad promedio por etapa (n=752).

Figura 12…… 45
Variación de la velocidad promedio de cada carrera por etapa (n=752).

Figura 13…….. 46
Tiempo de recuperación cardíaca promedio, en segundos, por etapa (n=752).

Figura 14…… 47
Variación del tiempo de recuperación cardíaca promedio en segundos, por fecha de competencia, según cada etapa (n=752).

Figura 15…… 48
Porcentaje de resultados obtenidos de todos los caballos que compitieron (n=197).

Figura 16…… 49
Caballos descalificados por etapa porcentualmente (n=105).

Figura 17…… 50
Porcentaje de caballos descalificados de todas las competencias según el motivo por etapa (n=105).

Figura 18…… 51
Chi² para tiempo de recuperación cardíaca e índice de confort (Stata/SE 11.2).

Figura 19…… 52
Tiempo de recuperación cardíaca promedio para cada la raza. (A, n=248) Árabe; (AA, n=84) Anglo Árabe; (CA, n=28) Cruza Árabe; (CRI, n=38) Criollo; (SPC, n=20) Sangre Pura de Carrera; (CRU, n=334) Cruzas.

Figura 20…… 53
Tiempo de recuperación cardíaca promedio en segundos, según el sexo del caballo. (ME, n=32) macho entero; (MC, n=524) macho castrado; (H, n=195) hembra.

Figura 21…… 54
Diagrama de dispersión del tiempo de recuperación cardíaca y velocidad promedio en la primera etapa para cada caballo (n=197, r=0,098).

Figura 22…… 54
Diagrama de dispersión del tiempo de recuperación cardíaca y velocidad promedio en la segunda etapa para cada caballo (n=179, r=0,235).

Figura 23…… 55
Diagrama de dispersión del tiempo de recuperación cardíaca y velocidad promedio en la tercera etapa para cada caballo (n=157, r=-0,003).

Figura 24…… 55
Diagrama de dispersión del tiempo de recuperación cardíaca y velocidad promedio en la cuarta etapa para cada caballo (n=121, r=0,052).

Figura 25…… 56
Diagrama de dispersión del tiempo de recuperación cardíaca y velocidad promedio en la quinta etapa para cada caballo (n=98, r=0,472).

Figura 26…… 58
Chi² entre el índice de confort y la velocidad de carrera (Stata/SE 11.2).

Figura 27…… 59
Relación del índice de confort con el porcentaje de caballos descalificados por motivos metabólicos (FQ-ME) según la competencia.

RESUMEN

El Enduro en Uruguay es la actividad ecuestre que tiene mayor crecimiento en el comercio de caballos. A raíz de los altos porcentajes de descalificación de los equinos que compiten en pruebas de Enduro, se realizó este estudio cuyo objetivo principal es analizar y comprender parte de los factores que están asociados a estas descalificaciones. En este trabajo se estudiaron diversos efectos sobre el tema, como afectan las condiciones climatológicas, la velocidad de carrera, etapa, raza y sexo al tiempo de recuperación cardíaca de cada caballo. También se estudió la asociación entre el índice de confort con la velocidad y con la cantidad de caballos descalificados por motivos metabólicos. La evaluación se realizó en 197 caballos que participaron en 120km FEI, categoría Jinete, de 7 a 13 años, de raza Árabe, Anglo árabe, Criolla, Sangre Pura de Carrera y cruzas. Distinguiendo machos castrados, enteros y hembras. Los cuales compitieron en 8 fechas, en las mismas pistas, bajo diferentes condiciones climáticas, las cuales se evaluaron determinando el índice de confort con datos proporcionados por la Dirección Nacional de Meteorología del Uruguay. Los resultados, etapas completadas, tiempos de salida, llegada, e ingreso al chequeo veterinario se obtuvieron de la base de datos del sistema oficial, semiautomático de cronometraje Sistracking Race de la Asociación Uruguaya de Enduro Ecuestre. Con lo cual se calculó la velocidad y el tiempo de recuperación cardíaca de cada carrera y etapa individualmente para todos los caballos. Todos los registros se ordenaron en planillas electrónicas y se analizaron a través de estadística descriptiva. Luego de obtenidos los resultados se realizó análisis de varianza, coeficiente de correlación y regresión múltiple mediante el programa de Stata. Los resultados obtenidos en la evaluación permitieron determinar que los factores que más afectan al tiempo de recuperación cardíaca son la velocidad a la que corre el caballo y el transcurso de las etapas. No existe asociación significativa entre el tiempo de recuperación cardíaca y el índice de confort, sexo y razas, ni entre el índice de confort con la velocidad de carrera y con la cantidad de caballos descalificados por motivos metabólicos. El índice de confort es más dependiente de la humedad relativa ambiental que de la temperatura, lo que hace que las primeras dos etapas de la mañana presenten mayor riesgo metabólico.

SUMMARY

Endurance in Uruguay is the equestrian activity with the greatest growth in the horse trading area. This study was conducted following the high percentages of horse disqualification competing in Endurance riding. Our main objective is to analyze and understand some of the factors associated with these disqualifications. Different effects on the subject were studied, like how climatological conditions, running speed, stages, breed, and sex affect the cardiac recovery time of each horse. We also studied the association between the comfort index with the speed and the number of disqualified horses for metabolic reasons. The evaluation was performed on 197 horses participating in FEI 120km, Senior category, 7-13 years old, Arabian, Anglo Arabian, Creole, and Thoroughbred breed. Distinguishing stallions, geldings and mares, which participated in eight racing dates, in same racing horses track under different climatic conditions. Climatic conditions were evaluated by determining the comfort index data provided by the Dirección Nacional de Meteorología of Uruguay. The results, completed stages, departure times, arrival and entry to veterinary checkup were obtained from the official database, automatic timing system Sistracking Race of the Asociación Uruguaya de Enduro Ecuestre. Considering the previous data we estimated the speed and the recovery heart rate in each race and stage individually for all horses. All records were ordered on spreadsheets and analyzed using descriptive statistics. Based on results using Stata Data Analysis, we performed the variance analysis, correlation and multiple regression coefficients. The results of the evaluation revealed that the factor that most affects the recovery heart rate is the speed of a running horse, and the course of stages. However, there is no significant association between heart recovery rate, and the comfort index, sex and breeds; neither between the comfort index with the running speed and the number of disqualified horses due to metabolic reasons. The comfort index dependents more on the environmental ambient relative humidity than temperature, making the two early morning first stages present a greater metabolic risk.

1. INTRODUCCIÓN

Luego de la domesticación, el hombre dejó de ver en los equinos sólo un medio de transporte o de trabajo, sino que también descubrió en ellos un atleta espontáneo adaptado naturalmente a la velocidad y resistencia, encontrando así, el complemento ideal para la práctica de diversas disciplinas deportivas. Desde entonces, se ha dedicado a seleccionarlos con el objetivo de mejorar y maximizar la innata capacidad atlética que éstos poseen. Sin embargo, a pesar de los numerosos y continuos intentos, los equinos aún no han logrado adaptarse en su totalidad a las exigencias a que se ven enfrentados (Lakritz y col., 1997).

En las últimas décadas, la fisiología y medicina del deporte han sido temas extensamente estudiados y fuente de origen para innumerables publicaciones científicas, han despertado un gran interés clínico debido a que las patologías que se presentan restringen la capacidad deportiva de los caballos (Derksen y Robinson, 2002).

El Enduro Ecuestre o Endurance es una competencia de resistencia en largas distancias y contra reloj. El desafío del jinete es el uso eficaz del ritmo y conocimiento de las capacidades de su caballo para llegar a una velocidad y resistencia adecuada en todo tipo de terreno, la importancia de finalizar la carrera es que además de terminar el binomio, éste se encuentre en buenas condiciones. Gana el que, controlando a su caballo, corre más rápido y recupera en menos tiempo (Williams, 2013).

Las competencias se realizan en más de 100 países. El mercado que lidera la demanda de animales, dado su gran poder adquisitivo y pasión por la actividad de los propietarios (jeques), son los Emiratos Árabes Unidos. Uruguay y sus productos de Enduro están muy bien posicionados en este mercado de alta exigencia. El Enduro es, dentro de las actividades vinculadas con el caballo en nuestro país, el que tiene más posibilidades de crecer en la comercialización de productos y servicios, se considera que es la actividad con mayor proyección exportadora y potencial para la atracción de inversiones. Las exportaciones de animales de Enduro crecen de forma sostenida, pasando de poco más de 20 caballos exportados en el 2007 a cerca de 200 en el 2011, con significativos valores de venta. Según datos oficiales de la Asociación Uruguaya de Enduro Ecuestre en el año 2013 participaron un total de 2.496 binomios en competencias clasificatorias nacionales e internacionales. Actualmente en Uruguay, se realizan unas 45 competencias al año. Y existe otro campeonato nacional, exclusivo para la raza Criolla, que consta de 5 fechas anuales (Maisonnave y Lockhart, 2012).

Son pruebas que cubren distancias de 40 a 160 kilómetros en un período de 1 a 2 días, según las características y distancias de la prueba. Son tareas agotadoras para el caballo y el jinete, es así que no sorprende saber que hasta el 60% de los caballos, puede ser eliminado por razones de salud durante la competición. Estos datos pueden ayudar a los corredores y los veterinarios a mejorar la tasa de finalización y quizás hasta prevenir enfermedades, afecciones y lesiones, tendientes a mejorar la performance deportiva del caballo en el tiempo. El gran interés por el deporte, hace que sea cada vez más importante el asegurar que los efectos adversos en los caballos, como resultado de una carrera tan exigente se reduzcan al mínimo.

Todo ejercicio físico requiere de ajustes en la función cardiovascular con el objetivo de lograr una homeostasis circulatoria. La recuperación de la frecuencia cardíaca post-ejercicio, es la velocidad con que la misma disminuye después de realizar un ejercicio. Se supone que es más rápida cuando la condición aeróbica del sujeto es mejor. La rapidez con que disminuye la frecuencia cardíaca depende de la forma física del animal, pero también de la temperatura y humedad ambiente, de la raza y del esfuerzo realizado. La recuperación de la frecuencia cardíaca se utiliza para determinar el estado de los caballos que compiten en carreras de resistencia (García, 1995).

Este trabajo tiene como propósito, analizar las condiciones climáticas y velocidad, con incidencia directa e indirecta que condicionan, determinan o afectan el tiempo de recuperación cardíaca de los caballos en una prueba de Enduro. En concordancia con lo anteriormente citado es muy importante desarrollar un estudio que integre y evalúe estos efectos, ya que se cree que juegan un papel crucial tanto en la mejora o la limitación de la capacidad del caballo para poder competir, por lo que se orienta nuestro estudio sobre el efecto del clima en relación con su performance en este tipo de competencia.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTORIA DEL CABALLO

El caballo actual, *Equus caballus*, es un mamífero perisodáctilo de la familia de los équidos, herbívoro, cuadrúpedo y de cuello largo y arqueado. Ha acompañado al hombre desde la Edad de Piedra, siendo su mejor aliado en la carga, el trabajo o el transporte, sirviéndole incluso como base alimenticia, pero además, por su temprana domesticación, ha sido un fiel amigo y compañero. Las primeras domesticaciones debieron tener lugar en Asia, al norte del Cáucaso, al finalizar algunos de los períodos glaciales, y muy posiblemente fue uno de los últimos animales a ser domesticado (Melgar, 2009).

Los caballos proporcionaron mayor velocidad a las acciones humanas, le dieron más poder a las batallas, multiplicando por innumerables veces las facultades del hombre de conquistar. Las sagas, epopeyas y leyendas que redactan las conquistas que el humano soñó, osó y realizó tuvieron la participación del caballo. Entre caballo y hombre existe una visceral empatía, llegando al punto estos animales de volverse tan famosos como su protagonista humano. Es el caso de Bucéfalo de Alejandro el Grande; Incitatus, de Calígula, nombrado senador del Imperio Romano; el caballo Marengo de Napoleón y tantos otros (Frazão y Santos, 2007).

Según la historia, existieron caballos en América hace varios millones de años. Abandonaron el Continente hacia el resto del mundo y luego desaparecieron durante siglos por el estrecho de Bering. El caballo volvió a tierra americana con Colón y en poco tiempo llegó hasta la Banda Oriental, antes de que Hernandarias introdujera los vacunos a comienzos del Siglo XVII. Los indios charrúas ya los montaban y con el transcurrir del tiempo, se convirtió en el mejor aliado del gaucho y del hombre de campo en el diario vivir (Maisonnave y Lockhart, 2012).

Actualmente la mecanización y el desarrollo tecnológico disminuyeron drásticamente el espacio y la importancia de los caballos en nuestra sociedad. Ellos ya no tienen la misma función práctica, pero la relación cultivada hace miles de años todavía sobrevive y el amor e interés por los caballos traspaso atávico al género humano (Frazão y Santos, 2007).

2.2 ENDURO ECUESTRE

El Enduro Ecuestre proviene del inglés *Endurance* que significa, “competición larga cuya velocidad se debe adecuar a la resistencia”. Es la capacidad de soportar actividad de larga duración o de resistir al esfuerzo prolongado (Frazão y Santos, 2007).

Aunque probablemente haya habido carreras de resistencia desde la domesticación, y su importancia ha aumentado cuando la conquista y las guerras exigían cubrir largas distancias lo más rápidamente posible, como deporte es relativamente nuevo (Trigo, 2010).

Se puede considerar al correo americano denominado Pony Express, creado en Estados Unidos (1860-1861) entre Saint Joseph en Missouri y Sacramento en California, como el precursor de las modernas pruebas de Enduro Ecuestre. Pretendía tener un servicio rápido de entrega entre las regiones del este y oeste de los Estados Unidos, mientras que el ferrocarril Unión Pacific no estuviese pronto. William Rusell, Alexander Majors y William Waddell crearon el sistema Pony Express para el correo utilizando caballos montados. Fueron establecidos puntos de entrega donde los jinetes sustituían las montas cansadas por otras en condiciones de continuar la ruta al galope abierto, los caballos eran cambiados cada 15 a 25 kilómetros dependiendo del terreno y los jinetes se cambiaban cada 150 kilómetros. Muchos jinetes famosos como Buffalo Bill, hicieron parte del staff de 183 jinetes que montaron 400 caballos del plantel del Pony Express (Frazão y Santos, 2007).

En 1955 se organiza la primera carrera moderna. La apuesta desafiaba las audacias de campañas militares y ponía a prueba la capacidad del caballo de recorrer 160 kilómetros en menos de un día. El lugar elegido fue una antigua ruta de colonos de los estados del oeste de Estados Unidos. Las paradas obligadas y las distancias de fases, se copiaron del reglamento de las pruebas de selección de reproductores de la caballería polaca y rusa, donde los animales debían cubrir en un

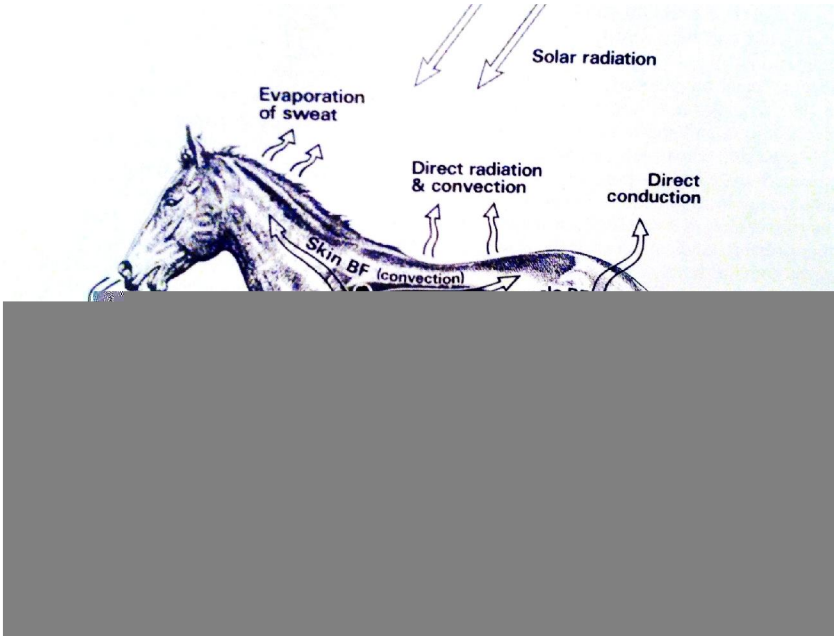

Figura 2. Mecanismos para la transferencia de calor dentro del cuerpo de un caballo durante el ejercicio. El calor se obtiene como subproducto del trabajo muscular y a través de la radiación del medio ambiente. La carga térmica se disipa a través de la evaporación, convección, y conducción (Hodgson y Rose, 1994).

La sudoración se inicia cuando se estimulan receptores cutáneos por un incremento en la temperatura ambiente o de la sangre al circular por el hipotálamo a través de las glándulas sudoríparas, altamente irrigadas por vasos sanguíneos, que son controladas por el sistema nervioso simpático (García, 1995). En el caballo es el mecanismo más importante de disipación de calor, aunque la ventilación pulmonar supondría un 15%. Gracias a ellos, un caballo puede disipar el calor producido en carrera y mantener el equilibrio térmico (Marlin y col., 1999).

Además, la sudoración equina se ve favorecida dado que posee una sustancia proteica surfactante denominada laterina, que facilita su distribución uniforme sobre la piel, optimizando el mecanismo de termólisis por evaporación cutánea. Las pérdidas de sudor de un caballo en ejercicio en condiciones adversas pueden ascender a 10–15 litros por hora (McCutcheon, 1998). Sin embargo, esto tiene un alto costo. A diferencia del hombre, el caballo tiene un área de superficie menor para perder calor, en relación a su masa corporal; 1:35-40 para los seres humanos en comparación con 1:90-100 para los caballos (Hodgson y col., 1994), pero en contrapartida, puede sudar 3 y 4 veces más. De hecho pueden sudar más que cualquier otro animal que se haya estudiado (Jenkinson, 1973).

La sudoración lleva en sí la deshidratación progresiva a lo largo de la competencia, que va a ser tanto más importante, cuánto más alta sea la temperatura y la humedad ambiente (Acosta, 1995). Las pérdidas de electrolitos, debido a la hipertonicidad del sudor, se pueden reponer hasta la mitad de los fluidos perdidos durante la carrera administrándole agua y electrolitos (Marlin y col., 1999).

La temperatura confort de los equinos oscila entre los 10 y 12ºC (Boffi, 2007), y la temperatura crítica ambiental superior se encuentra entre 25 y 30ºC (Hodgson y col., 1994). Cuando el ejercicio se realiza a una temperatura ambiental elevada, por encima de la temperatura del cuerpo y si la humedad relativa es alta, es probable que la temperatura central llegue a estos niveles críticos más rápidamente. El resultado es una disminución en tiempo a la fatiga o a la aparición de otras manifestaciones de estrés por calor. En contraste, se ha demostrado que el tiempo a la fatiga se puede retrasar por enfriamiento artificial (MacDougall y col., 1974). Elevaciones persistentes y sustanciales en la temperatura corporal pueden tener efectos nocivos sobre la función del sistema nervioso central, el metabolismo muscular y la capacidad de ejercicio (Brinnel y col., 1987).

Los trastornos metabólicos en este tipo de competencia tienen que ver con el balance energético y la termorregulación corporal. En las carreras de Enduro, la depleción de los sustratos energéticos (glucógeno y triglicéridos), la elevada producción de ácido láctico y calor, la disminución de la volemia con aumento de su viscosidad y la ineficiente remoción de los desechos metabólicos, constituyen serios factores en la predisposición a la fatiga. La adecuada homeostasis de los cambios fisiológicos inducidos por este tipo de estrés, como asimismo la integridad e integración de los recursos y mecanismos implicados, constituyen la base para lograr una buena posición de llegada a la meta, junto al menor deterioro físico del caballo (Martínez y col., 2001).

El estrés por calor se produce más comúnmente en caballos mal entrenados que se ven obligados a soportar el clima húmedo durante períodos prolongados. Los caballos afectados están a menudo deprimidos, débiles y tienen una capacidad de ejercicio reducida. Algunos caballos se niegan a continuar con el ejercicio, presentan elevadas la frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), temperatura rectal (>42°C), vasodilatación periférica, congestión de las membranas mucosas y el aumento del tiempo de llenado capilar (Carlson, 1983; Reed y col., 2005).

Un trastorno conocido como “síndrome de equino exhausto” ha sido descrito como consecuencia de termorregulación ineficiente y/o insuficiente. Los caballos afectados sufren fatiga, hipertermia y profunda pérdida de líquidos y electrolitos. Las manifestaciones clínicas incluyen la disminución en la capacidad de rendimiento, disminución de la tasa de sudoración, disminución de la perfusión periférica, taquicardia persistente, y taquipnea. El volumen hídrico perdido, asociado a los electrolitos: sodio, cloro, potasio, calcio y magnesio, como consecuencia de las grandes pérdidas de sudor, producen deshidratación hipotónica (Carlson, 1983) y los caballos afectados a menudo pierden el deseo de beber. En desbalances metabólicos graves también pueden provocar estasis gastrointestinal, cólico, insuficiencia renal, trastornos del sistema nervioso central, laminitis y posiblemente la muerte (Hodgson, 1994).

La pérdida hídrica disminuye la volemia, restringiendo la disponibilidad sanguínea para alcanzar a todos los órganos. Por consiguiente:

a) Se reduce el volumen de sangre que llega a la piel, afectando la dispersión del calor corporal (Hess y col., 2005).

b) Disminuye el flujo sanguíneo que llega a los músculos interrumpiendo el suministro de energía y obligando a las células musculares a hacer uso exclusivo de las reservas energéticas intracelulares (Foreman, 1998) e interrumpiendo el suministro de oxígeno y restringiendo la utilización de vías energéticas oxígeno-dependientes (Castejón y col., 2006).

c) Se reduce la eliminación de calor y de otras sustancias tóxicas dentro de la célula muscular (Foreman, 1998).

d) Desciende la perfusión del tracto gastrointestinal: disminuyendo la capacidad de absorción de agua, electrolitos y energía, lo que reduce las posibilidades de recuperación (Flaminio y Rush, 1998).

e) En combinación con trastornos de la conducción nerviosa, se altera la motilidad y tránsito en las distintas partes del tracto gastrointestinal, predisponiendo a cólicos y diarrea.

f) La hipoperfusión a nivel laminar coriónico llega a producir isquemia regional, induciendo laminitis o infosura. Además ésta se ve facilitada por las múltiples concusiones en suelo duro (Fowler, 1980).

g) Se compromete el flujo renal y/o hepático, en grados importantes de deshidratación, dando lugar a disfunción de estos órganos, que en caso de ser prolongada, puede conllevar a la muerte del caballo (Fowler, 1980).

2.3.1 RESPUESTAS CARDIOVASCULARES AL EJERCICIO

Cuando la corteza cerebral le ordena al caballo moverse, ocurren una serie de respuestas complejas en el corazón y en el sistema vascular. Estas respuestas proveen sangre rica en oxígeno al sistema músculo-esquelético, tanto por aumento del volumen minuto como por aumento de la capacidad de transportar oxígeno por la sangre derivándola desde aquellos órganos no necesarios durante la locomoción hacia el sistema músculo-esquelético, tórax y piel. La capacidad del corazón de bombear suficiente cantidad de sangre para subvenir a las necesidades del animal en ejercicio, y la redistribución efectiva de sangre hacia el músculo esquelético, son las dos circunstancias claves para que el caballo proporcione un buen rendimiento (Robinson, 1993).

El gasto cardíaco es la cantidad de sangre, expresada en litros, que bombea el ventrículo izquierdo hacia la aorta en el término de un minuto. Se incrementa hasta 10 veces durante el ejercicio ya que aumenta la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico o de eyección. Cuyo principal objetivo es aumentar la entrega de oxígeno a los músculos y remover los productos finales de su metabolismo; por lo tanto este aumento de flujo está relacionado con la intensidad del ejercicio. No sólo aumenta, sino que también varía para los diferentes órganos y tejidos durante el ejercicio. Esta redistribución hace que se observe una vasoconstricción del lecho esplácnico y una vasodilatación a nivel muscular y de la piel (Boffi, 2007).

Tabla 1. Modificaciones porcentuales del flujo sanguíneo (Jones, 1989).

	Gasto cardíaco	
Tejido	**Reposo**	**Ejercicio máximo**
	37 L/min	285L/min
Cerebral	5%	3%
Miocárdico	5%	5%
Muscular	12,5%	80%
Renal	13,5%	2%
Esplácnico	27%	5%
Piel-Huesos	10%	1-3%
Otros	27%	2%
Total	100%	100%

El mecanismo de la contracción del bazo (esplenocontracción), expulsa células rojas a la circulación; por tanto se produce una policitemia con un aumento del recuento medio de eritrocitos y del valor del hematocrito. No obstante, se propone que en concentraciones muy altas de células rojas esta ventaja puede ser parcialmente contrarrestada por alteraciones en la dinámica del flujo sanguíneo, debido a un incremento en la viscosidad de la sangre, pudiendo llegar a tener efectos adversos, si existe además una gran pérdida de líquido por sudoración, como ocurre en las pruebas de resistencia (García, 1995).

El aumento en el volumen sistólico se relaciona directamente con la contractilidad miocárdica y el poder del músculo ventricular, que están muy fortalecidos por el entrenamiento. Este efecto de entrenamiento es el responsable de la baja FC de los caballos comparado con los animales que no están entrenados. En caballos bien preparados, el volumen sistólico contribuye en una mayor proporción con el volumen minuto en cualquier frecuencia de trabajo, en comparación con los animales no preparados, permitiendo de esta manera la existencia de una menor FC, menor gasto energético, mayor tiempo de llenado diastólico y una mayor reserva cardíaca. Debido a que el corazón toma su energía casi totalmente de las reacciones oxidativas que se producen en el miocardio, se puede definir a la reserva cardíaca como la diferencia entre el oxígeno miocárdico captado en reposo y en ejercicio máximo (Robinson, 1993).

La FC de caballos en reposo es de 26 a 45 latidos por minuto (Pilliner y Davies, 2004). Pudiendo aumentar rápidamente por encima de los 100 lat/min debido excitación, temor, dolor, o procesos anticipatorios al ejercicio, mientras que valores cercanos a los límites inferiores son indicadores de vagotonía. Al paso y al trote, hasta una velocidad de 3,5 m/s, el promedio de tiempo en alcanzar los 100 latidos por minuto es de 2-3 minutos y dicho incremento, al igual que lo observado bajo condiciones de ejercicio severo, está asociado con la actividad nerviosa simpática y la liberación de catecolaminas. Por encima de 100-120 lat/minuto, la FC presenta una correlación positiva con la velocidad y con el consumo de oxígeno hasta alcanzar la FC máxima, la curva muestra un techo donde a pesar del incremento de la velocidad no se registra un aumento de la FC (Boffi, 2007).

En ejercicios de resistencia, el mejor estímulo para el entrenamiento se obtiene a una intensidad que se active completamente el sistema de transporte de oxígeno hasta el máximo sin que se produzca una acumulación de lactato en el músculo. Este rango de intensidad se denomina “zona de transición aerobia-anaerobia”. En el caballo, se sitúa en un rango que se mueve entre 150 y 200 latidos por minuto (García, 1995). Thornton en 1983, demostró un incremento del 10% de volumen sistólico luego de 10 semanas de entrenamiento a una velocidad de 12 km/h (150 latidos por minuto). A pesar de esta mejora los caballos no presentaron modificaciones en el gasto cardíaco ya que redujeron su frecuencia cardíaca como consecuencia del entrenamiento realizado (Boffi, 2007).

Ante esta actividad muscular enérgica, el flujo sanguíneo que pasa a través de los músculos esqueléticos aumenta 20 veces, como así también aumenta el flujo sanguíneo sobre el miocardio ventricular en forma directamente proporcional al volumen minuto (Robinson, 1993).

Una vez terminado el ejercicio la FC desciende rápidamente durante el primer minuto hasta valores cercanos al 50% de los alcanzados durante el ejercicio, haciéndolo después más lentamente. La rapidez con que disminuye la FC depende de la forma física del animal, pero también de la temperatura y humedad ambiental, de la raza y del esfuerzo realizado. La recuperación de la FC se utiliza para determinar el estado de los caballos que compiten en carreras de resistencia (Garlinhouse, 2012). Este tiempo de recuperación se encuentra condicionado a: 1) el nivel de entrenamiento; 2) factores ambientales como temperatura y humedad; 3) el cambio decreciente de la marcha, y 4) la adaptación termorregulatoria (Boffi, 2007).

Los caballos en mal estado físico tienen FC elevadas habiéndose comprobado que transcurridos 30 minutos después del ejercicio, una FC mayor a 64 lat/minuto indica la posibilidad de padecer deshidratación grave, miopatías, síndrome abdominal agudo y agotamiento. Por lo tanto en carreras de Enduro no se permite continuar a los caballos con más de 64 lat/min a la media hora de llegada (García, 1995, Garlinhouse, 2012). Rose mostró que caballos que presentaban FC inferiores a los 60 lat/min dentro de los primeros 30 minutos de haber finalizado su actividad física no mostraban signos de deshidratación ni de lesión muscular, mientras que en otro trabajo, caballos con FC de 65-70 lat/min a los 30 minutos de recuperación post-ejercicio, mostraron ser caballos con una alta predisposición a sufrir deshidratación grave y síndrome del equino exhausto (Boffi, 2007).

La progresiva recuperación de la FC durante un período de espera o después de un ejercicio, es uno de los mejores indicadores si un caballo ha manejado bien la carga de trabajo (Ridgway, 2008). Es un método simple y no invasivo para evaluar la salud cardiovascular y la condición física de los animales (Darr, 1988).

El Test de Ridgway o Índice de Recuperación Cardíaca (IRC) fue implantado por el veterinario californiano Kerry Ridgway, y se usa como indicador de recuperación después del ejercicio (Castejón y col., 1994). El IRC se puede tomar en cada chequeo veterinario y en la llegada como un parámetro útil para evaluar la condición metabólica de un caballo. Una vez que el ritmo cardíaco de un caballo ha alcanzado los criterios veterinarios de 64 lat/min, se presenta al veterinario y se le mide la FC. Se le pide trotar 80 metros y exactamente 1 minuto después de que inició el trote, se toma de nuevo la FC, este valor se compara con el primer valor. El cual debe volver al mismo número de latidos o 4 lat/min a menos de la velocidad inicial. Como ejemplo, si un caballo tiene una FC en reposo de 64 lat/min, luego del minuto, su tasa debe volver a 60 o 64 lat/min.

Si el IRC se eleva más de 4 lat/min (68; 72 lat/min o más), esto puede ser un indicio de algún problema metabólico inminente que debe ser corroborado por otros hallazgos físicos. Este test se ha convertido en un estándar aprobado a nivel internacional y por la Federación Ecuestre Internacional (Boulder, 2008).

Los resultados de varios estudios han comprobado que las FC más elevadas durante un ejercicio podrían ser un indicio de:

1. Claudicación u otra condición generadora de dolor.
2. Deshidratación.
3. Índice de riesgo metabólico alto.
4. Mal estado físico.
5. Neumopatía.
6. Patología cardiovascular.
7. Anemia.
8. Incremento de la masa corporal (en grasa o en agua) (Hisnchcliff y col., 2007; Boulder, 2008).

2.4 FACTORES QUE AFECTAN AL CABALLO DE ENDURO

Investigaciones realizadas en caballos que participan en deportes ecuestres determinan que la capacidad de los sistemas respiratorio, cardiovascular y muscular, son los principales determinantes del rendimiento físico. Desde luego que la conformación, los patrones de locomoción y los factores genéticos, entre otros, también son condicionantes del estado físico del caballo. Pero existen además otros factores indeterminables o altamente variables que, sin duda, también contribuyen al éxito deportivo como: coordinación neuromuscular y psicología del caballo, experiencia y motivación del jinete, características del trazado, estado de la pista de competición y suerte (López, 1995).

Desde el punto de vista fisiológico, es tarea difícil dada la complejidad de los factores endógenos y exógenos que influyen en él. Entre los factores endógenos conviene destacar la edad, el sexo y la raza, mientras que de los exógenos el clima, la alimentación y el grado de entrenamiento. Todos éstos factores influyen en el nivel y eficacia del metabolismo muscular y, por lo tanto, en la conversión de energía química en mecánica. Al ser mensurables muchos de los factores metabólicos y funcionales durante el esfuerzo, su estudio puede darnos información sobre la capacidad de trabajo y de resistencia. Siendo de sumo interés tanto para los propietarios como para los jinetes y entrenadores, ya que les permite conocer el estado y reconocimiento precoz de trastornos clínicos limitantes del rendimiento, como alteraciones cardíacas, enfermedades pulmonares, alteraciones hemáticas y distonías vegetativas (García, 1995).

2.4.1 FACTORES EXÓGENOS

2.4.1.1 CONDICIONES AMBIENTALES

Se han llevado a cabo numerosos estudios para investigar el estrés inducido en estas carreras, midiendo las alteraciones fisiológicas y bioquímicas que se producen. Aunque estos son muy útiles, tienen sus limitaciones, ya que, los resultados de los muestreos varían notablemente dependiendo de la alimentación, entrenamiento, grado de esfuerzo y ejercitación durante la competencia. La naturaleza del lugar de competición influye además sobre el rendimiento del animal en la carrera, por lo que las condiciones son inciertas para cada animal, y la interpretación de los resultados es difícil (Snow y col., 1982).

La disipación del calor endógeno se puede ver dificultada por las condiciones ambientales de temperatura y humedad desfavorables (Lindinger, 2008). En este sentido está demostrado que la tasa de acúmulo de calor es proporcional a las condiciones ambientales, la intensidad del ejercicio y la hidratación del animal (Geor, 2000). La cantidad de calor producida en un Enduro de 160 km es enorme dado el tiempo que el caballo está en carrera, y se estima que es suficiente para elevar la temperatura del animal entre 15 y 20ºC (Marlin y col., 1999).

En condiciones donde la temperatura ambiente y la humedad son altas, la pérdida de calor por evaporación se limitará, lo que plantea un mayor riesgo de estrés térmico si el ejercicio se continúa, la deshidratación simultánea reduce la eliminación de calor desde el interior a la periferia, lo que aumenta aún más el riesgo metabólico (Hodgson y col., 1994).

Si el aire está seco, es decir, la humedad relativa es baja <40%, el sudor se evapora de manera eficiente. Bajo estas condiciones los caballos no pueden cubrirse de sudor por ser la tasa de evaporación alta. Sin embargo, aunque estos pueden ser capaces de controlar su temperatura corporal, el potencial para la deshidratación es muy alto. Bajo condiciones de alta temperatura del aire y con el aumento de la humedad, la tasa de evaporación del sudor se reduce cada vez más. Cuando la temperatura del aire ambiental alcanza la temperatura superficial de la piel y la humedad alcanza el 100%, el calor ya no puede disiparse desde el caballo a su entorno. A su vez la radiación solar y la velocidad del viento también tienen su impacto (Marlin y col., 1999).

Información recogida durante muchos años en pruebas de resistencia en Uruguay, permiten establecer que el principal enemigo de la pérdida de calor es la humedad, dado que es el parámetro sobre el cual no podemos influir, si la humedad ambiente es alta no es posible la evaporación del sudor por lo que para perder calor el caballo debe seguir sudando y perdiendo volumen circulatorio. Por el contrario, la temperatura puede contrarrestarse con medidas externas, como refrigerar más frecuentemente al caballo con agua fría, de ser necesario con el agregado de hielo, realizado con la frecuencia que la instancia lo amerite además se puede bajar el ritmo de carrera, con lo cual el calor generado por el trabajo muscular disminuye y hace posible que se logre un equilibrio entre generación de calor y pérdida del mismo (Arismendi R, 2013, com. pers.).

Para evaluar las condiciones climáticas de cada competencia y poder relacionar la temperatura y humedad, en Uruguay se calcula usualmente el Índice de Confort (IC). El cual toma en cuenta los factores climáticos y entrega información sobre la mayor facilidad o dificultad que el caballo puede tener para disipar calor de acuerdo a las condiciones del ambiente que lo rodea. (Arismendi R, 2013, com. pers.). El IC se utiliza para predecir el riesgo relativo de desarrollar un golpe de calor en los caballos que llevan a cabo un ejercicio de resistencia (Mackay-Smith y Cohen, 1982).

Figura 3. Fórmula del índice de confort o índice de estrés ambiental (Jones, 2009).

A medida que el IC aumenta, se hace menos favorable el ejercicio y se ven afectados los mecanismos de termorregulación llevando a una mayor pérdida de electrolitos en el sudor con posibles desequilibrios, deshidratación y perturbaciones gastrointestinales. El aumento de la humedad ambiente disminuye la eficiencia de la refrigeración por evaporación, dado que el aire ya se encuentra relativamente saturado de agua. Del mismo modo, en las vías respiratorias la pérdida de calor se verá comprometida. (Marlin y col., 1999).

Para grados Celsius, si el IC es inferior a 50, la termorregulación no debe ser una preocupación, si se encuentra entre 50 y 65, al sudar los caballos tendrán que reponer líquidos normalmente, cuando supera 65 y la humedad es mayor a 75%, la disipación de calor puede verse dificultada. Los jinetes deberán vigilar a sus caballos con mucho cuidado durante ejercicios extenuantes bajo estas condiciones. Cuando el IC supera 75, las rutas normales de disipación de calor no funcionan y el ejercicio se debería suspender (Jones, 2009).

2.4.1.2 ENTRENAMIENTO

El entrenamiento físico implica exponer al organismo a una carga de trabajo de intensidad, duración y frecuencia suficiente para producir un efecto observable y medible, es decir, una mejora de las funciones para las cuales el individuo no está capacitado (Figueredo, 2006).

La intención de cualquier programa de entrenamiento es acondicionar las aptitudes mentales y físicas de un atleta para garantizar una elevada prestación o rendimiento durante la competición. Pero no sólo el entrenamiento, sino también las condiciones de manejo y sanitarias son de importancia vital para alcanzar este objetivo. Los propietarios, entrenadores y veterinarios tienen una gran responsabilidad en este terreno, para convertir un caballo con buenas condiciones genéticas en un atleta de alto nivel. El acondicionamiento muscular busca maximizar el rendimiento de las rutas metabólicas generadoras de energía y minimizar tanto las causas de fatiga periférica, como la disrupción muscular. Se han realizado estudios sobre los mecanismos que aseguran un elevado rendimiento deportivo, lo cual es de gran importancia en la eficacia del proceso de entrenamiento deportivo y el desarrollo de resistencia (López, 1995).

El ejercicio aumenta el llenado cardíaco que produce una contracción más

En caballos seleccionados para competiciones de resistencia, se ha encontrado que los animales con mejor historial deportivo tienen una mayor proporción tanto de fibras de contracción lenta (tipo I) como de contracción rápida (tipo II) con alta capacidad oxidativa y un menor porcentaje de fibras de contracción rápida con baja capacidad oxidativa (tipo IIB) que los individuos con moderado o escaso rendimiento (Dingboom y col., 2002, López y Serrano, 1998).

Los caballos que compiten en esta disciplina corren la mayor parte del tiempo en un rango de frecuencia cardíaca de 120-140 lat/min y con niveles de lactato que rara vez superan los 9-10 mmol/L al final de la misma (Boffi, 2007). Árabe y Anglo Árabe parecen tener menores concentraciones de lactato, en comparación con los Andaluces, a velocidades de hasta 25 km/h, por lo tanto, mostrando una mejor adaptación a pruebas de larga distancia, en trabajos de baja intensidad (Castejón y col., 1994).

2.4.2.2 SEXO

El sexo influye en la respuesta hematológica al ejercicio, con un incremento de los valores del eritrograma (glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito) mayor en las hembras que en los machos, debido a la mayor capacidad de almacenamiento de eritrocitos por parte del bazo (García, 1995).

2.4.2.3 EDAD

Del mismo modo que se debe tener cuidado de no sobrecargar caballos jóvenes y en desarrollo, debe considerarse con los caballos mayores, que la fuerza e integridad de los tejidos comienza a deteriorarse con la edad (Murray y col., 2006).

Para poder competir en el Enduro los caballos deben tener al menos 5 años y calificar como Novicios. Para participar en pruebas internacionales de 80 a 120 km los caballos deben tener al menos 6 años de edad, para 160 km deben tener al menos 7 años de edad, y para campeonatos mundiales al menos 8 años de edad. Todas las edades se determinan por la fecha del evento para el cual se procura la elegibilidad y deben ser confirmadas ya sea por registros confiables o por la opinión escrita de un veterinario, que podrá registrarse en los pasaportes. En el Hemisferio Norte se considera que los caballos cumplen años el 1º de enero y en el Hemisferio Sur el 1º de agosto (Reglamento de Enduro FEI, 2014). Las edades de referencia, se han determinado teniendo en cuenta las etapas de maduración del esqueleto y potencial de ejercicio caballo en deportes de resistencia. Es importante el manejo de la alimentación y suplementación que se realice durante la vida deportiva del atleta (Arismendi R, 2014, com. pers.).

3. HIPÓTESIS

3.1 “El tiempo de recuperación cardíaca de un caballo una vez que culmina una etapa, está correlacionado positivamente a la velocidad promedio de carrera”.

3.2. “A medida que aumenta el índice de confort, aumenta el tiempo de recuperación cardíaca”.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto del índice de confort, velocidad promedio, etapas, raza y sexo sobre el tiempo de recuperación cardíaca, desde que el caballo finaliza la etapa hasta que ingresa al chequeo veterinario.

4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Medir la asociación entre:

I. el índice de confort y la velocidad promedio,
II. el índice de confort y el porcentaje de caballos descalificados por motivos metabólicos.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIALES

Se utilizaron 197 caballos, de 7 a 13 años de edad, 53 hembras, 138 machos castrados y 6 machos enteros. De los cuales 66 eran de raza Árabe, 19 Anglo Árabe, 8 cruza Árabe, 8 Criolla, 6 Sangre Pura de Carrera y 90 cruzas. Todos bajo control sanitario, según las exigencias de la A.U.E.D.E., y aptos para competir sometidos a un chequeo clínico completo realizado por Médicos Veterinarios Oficiales. Compitieron en 8 pruebas de Enduro de 120km FEI, categoría Senior (con peso mínimo 75 kg) en los años 2012, 2013 y 2014, realizadas en “Haras La Perseverancia”, ubicado en Costa Azul de Canelones, Uruguay.

Los registros fueron tomados de las tarjetas veterinarias y del sistema oficial, semiautomático de cronometraje electrónico Sistracking Endurance de AUDEE. Para los datos del clima se utilizó la base de datos de la Dirección Nacional de Meteorología del Uruguay. Para cada día de las competencias, se contó con los registros de temperatura (ºC) y humedad relativa (%) a las 8:00, 12:00 y 15:00 horas.

5.2 MÉTODOS

Con los resultados de las competencias, etapas completadas, tiempos de salida, llegada e ingreso al chequeo veterinario, se calculó la velocidad y el tiempo de recuperación para cada etapa de todos los caballos individualmente.

El IC se determinó con datos de temperatura y humedad correspondientes según el tiempo en que cada caballo le llevó recorrer cada etapa. El IC se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:
IC= temperatura + (humedad/1,8)

Se categorizaron las competencias según las condiciones climáticas a las cuales estuvieron sometidas las mismas en alto, medio y bajo riesgo metabólico, según el IC.

Tabla 2. Lectura de la categorización utilizada para el índice de confort en caballos en competencias de resistencia (Hodgson y col., 1994; Jones, 2009).

ÍC	Estrés calórico	Riesgo metabólico
≤ 50	No presenta	Bajo
51 – 64	Medio	Moderado
≥ 65	Severo	Alto

5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todos estos datos fueron registrados y ordenados en una base de datos mediante el programa Microsoft Office Excel 2007. Se realizó un estudio de estadística descriptiva para las variables numéricas y no numéricas, donde los resultados son expuestos en frecuencias y valores de cada variable. Posteriormente, estos datos ordenados fueron procesados mediante el paquete estadístico STATA/SE 11.2 donde afirmamos que existe influencia estadísticamente significativa de una variable sobre otra cuando la probabilidad de error en dicha afirmación sea inferior al 5% ($p<0.05$), utilizando un intervalo de confianza de 95%.

Tabla 3. Categorización de las variables estudiadas

VARIABLE	TIPO	ESCALA
TRC	Numérica - Continua	de Razón
Velocidad	Numérica - Continua	de Razón
Etapas	Categórica	Ordinal
IC	Categórica	Ordinal
Sexo	Categórica	Nominal
Raza	Categórica	Nominal

5.3.1 Estadística de Inferencia

- Se realizaron comparaciones entre grupos con variables factor raza y sexo, para la variable respuesta tiempo de recuperación cardíaca, ANOVA de una vía.
- Se calculó el coeficiente de correlación entre las variables tiempo de recuperación cardíaca versus índice de confort y velocidad.
- Para las variables no numéricas (raza y sexo) se analizó mediante análisis de frecuencias (chi^2), utilizando siempre un nivel de significación del 95%.
- Mediante el programa Stata/SE 11.2 se realizó un modelo de regresión múltiple con el objetivo de ahondar aún más en las diferencias, que incluye el tiempo de recuperación cardíaca como variable dependiente, y como variables independientes a las etapas, velocidad, sexo, raza e índice de confort.

6. RESULTADOS

6.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

6.1.1 Temperatura ambiental

La temperatura a la cual estuvieron sometidos los caballos en promedio de todas las competencias de Enduro que se incluyen en este estudio, observamos que en las primeras dos etapas eran las más frías, ambas con un promedio de 16,3ºC. En la tercera etapa aumenta la temperatura a 20,1ºC, en la cuarta etapa continúa aumentando hasta alcanzar 21,6ºC, para luego descender en la quinta etapa a 20,6ºC. Se realizó un análisis de varianza él cual nos indicó que estas diferencias no son significativas estadísticamente (p=0,2808).

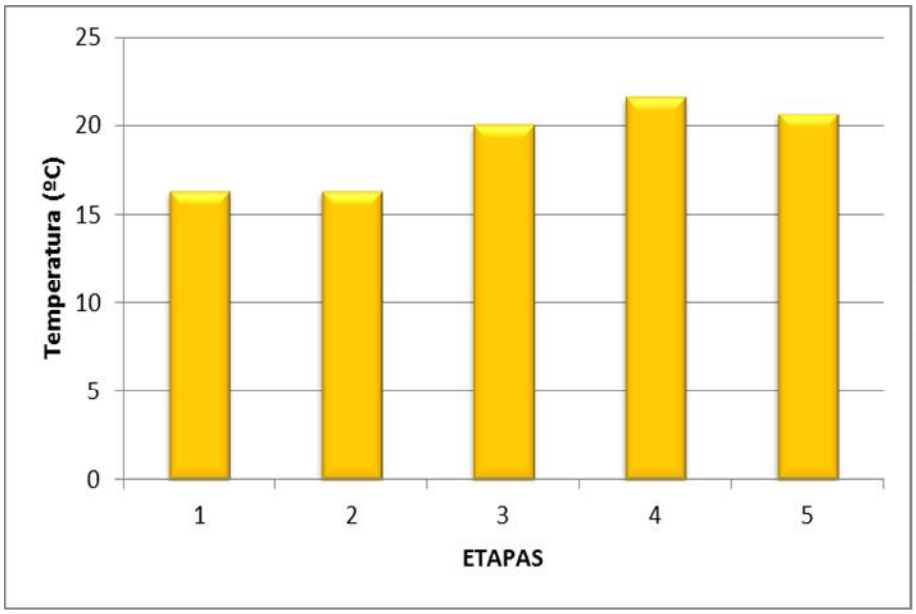

Figura 4. Temperatura ambiental promedio de todas las competencias, según la etapa.

Las temperaturas registradas en las competencias más elevadas se encontraron en diciembre del 2012 ($\bar{x}$=26,67ºC) y en diciembre del 2013 ($\bar{x}$=27,87ºC), luego en orden decreciente abril 2014 ($\bar{x}$=22,23ºC), octubre 2013 ($\bar{x}$=20,33ºC), octubre 2012 ($\bar{x}$=18ºC), abril 2013 ($\bar{x}$=17,6ºC), junio 2013 ($\bar{x}$=15,67ºC) y para llegar a la más fría, agosto de 2013 ($\bar{x}$=8,6ºC).

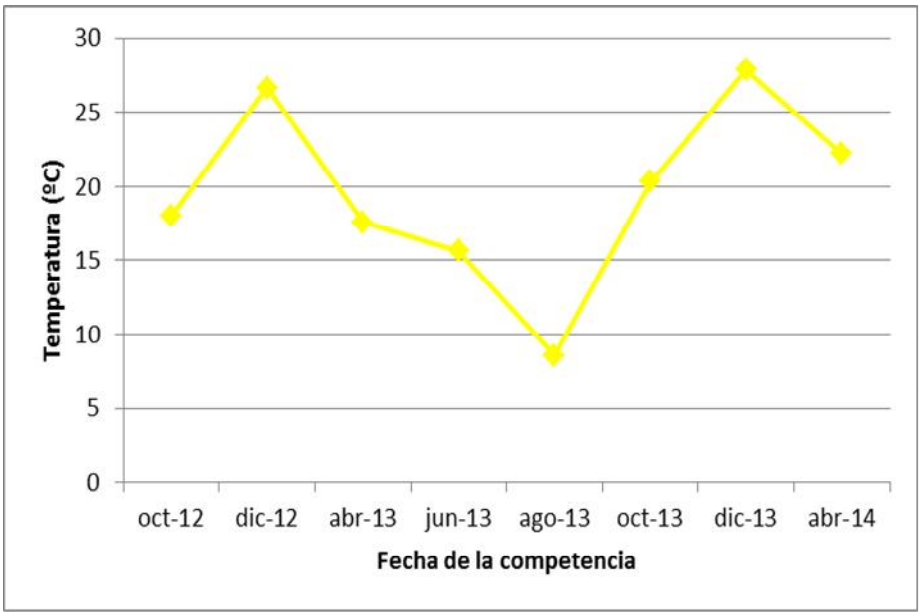

Figura 5. Variación de la temperatura ambiental promedio de todas las fechas de las competencias.

6.1.2 Humedad relativa ambiental

En relación a los datos obtenidos de humedad relativa ambiental se compararon los promedios para cada etapa, donde se observó que en las dos primeras se alcanzaron los valores más altos de cada carrera a lo largo del día, ambas con un promedio de 88,37%. En la tercera etapa comenzó a disminuir ($\bar{x}$=69,25%), en la cuarta ($\bar{x}$=65,5%) y en la quinta y última etapa se elevó ($\bar{x}$=69,37%). Se realizó un análisis de varianza el cual nos indicó que estas diferencias son significativas estadísticamente (p=0,0173).

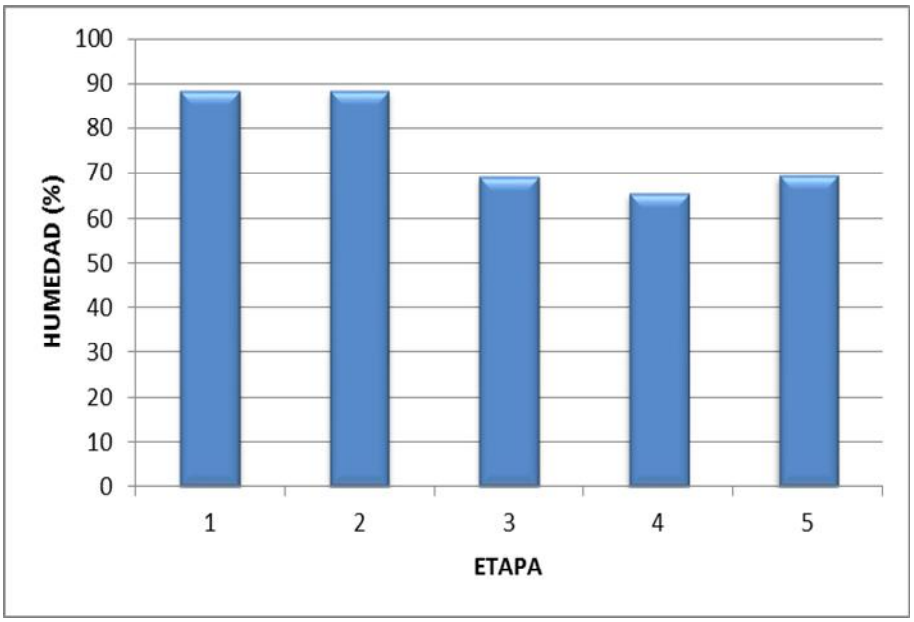

Figura 6. Humedad relativa ambiental promedio de todas las competencias, según la etapa.

Los registros de humedad relativa ambiental de cada competencia a lo largo del día y según la fecha se promediaron obteniendo el registro más alto en octubre 2012 ($\bar{x}$=97,33%), abril 2014 ($\bar{x}$=93,33%) y agosto 2013 ($\bar{x}$=86,33%); luego en orden decreciente lo siguen los meses de abril 2013 ($\bar{x}$=68%), octubre 2013 ($\bar{x}$=66,67%), junio 2013 ($\bar{x}$=62%), diciembre 2012 ($\bar{x}$=60%) y el registro más bajo fue en diciembre 2013 ($\bar{x}$=57,67%).

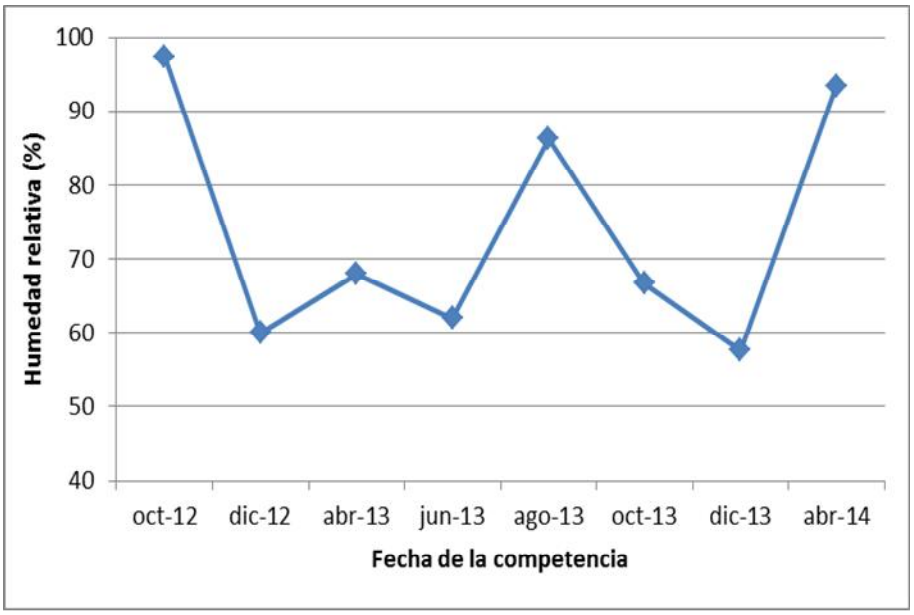

Figura 7. Variación porcentual de la humedad relativa ambiental promedio de todas las competencias, según la fecha.

6.1.3 Índice de Confort

Tabla 4. Caracterización del riesgo metabólico según los índices de confort en grados Fahrenheit y Celsius según (Jones, 2009; Hodgson y col., 1994).

	H%	TºF	TºC	Riesgo Met.	IC (ºF)	IC (ºC)
oct-12	97,33	64,40	18,00	ALTO	161,73	72,07
dic-12	60,00	80,00	26,67	MODERADO	140,00	60,00
abr-13	68,00	63,68	17,60	MODERADO	131,68	55,37
jun-13	62,00	60,20	15,67	BAJO	122,20	50,11
ago-13	86,33	47,48	8,60	MODERADO	133,81	56,56
oct-13	66,67	68,59	20,33	MODERADO	135,26	57,37
dic-13	57,67	82,16	27,87	MODERADO	139,83	59,9
abr-14	93,33	72,01	22,23	ALTO	165,34	74,08

Las competencias se caracterizaron según el IC, como de riesgo metabólico alto: abril 2014 ($\bar{x}$=74,08) y octubre 2012 ($\bar{x}$=72,07); de riesgo metabólico moderado: diciembre 2012 ($\bar{x}$=60), diciembre 2013 ($\bar{x}$=59,9), octubre 2013 ($\bar{x}$=57,37), agosto 2013 ($\bar{x}$=56,56), abril 2013 ($\bar{x}$=55,37); y de riesgo metabólico bajo la de junio 2013 ($\bar{x}$=50,11).

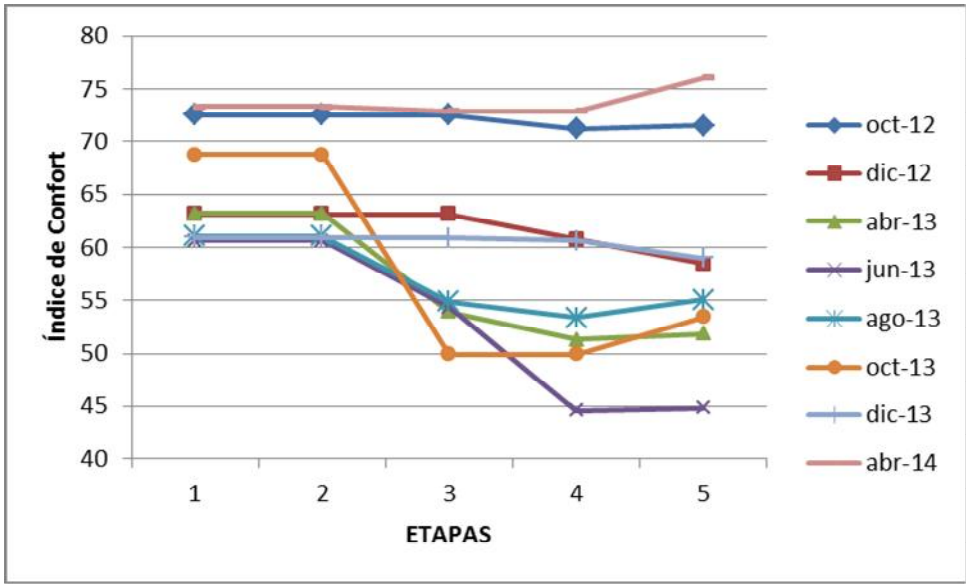

Figura 8. Variación del índice de confort en promedio para las distintas etapas de cada competencia por fecha.

El IC de todas las competencias fue promediado y se observó que en las primeras dos etapas dicho índice alcanzó los valores más altos (ambas con un valor de $\bar{x}$=65,43), en la tercera etapa descendió ($\bar{x}$=58,54) al igual que en la cuarta etapa ($\bar{x}$=58,03) y en la quinta etapa se observó un leve aumento ($\bar{x}$=59,21).

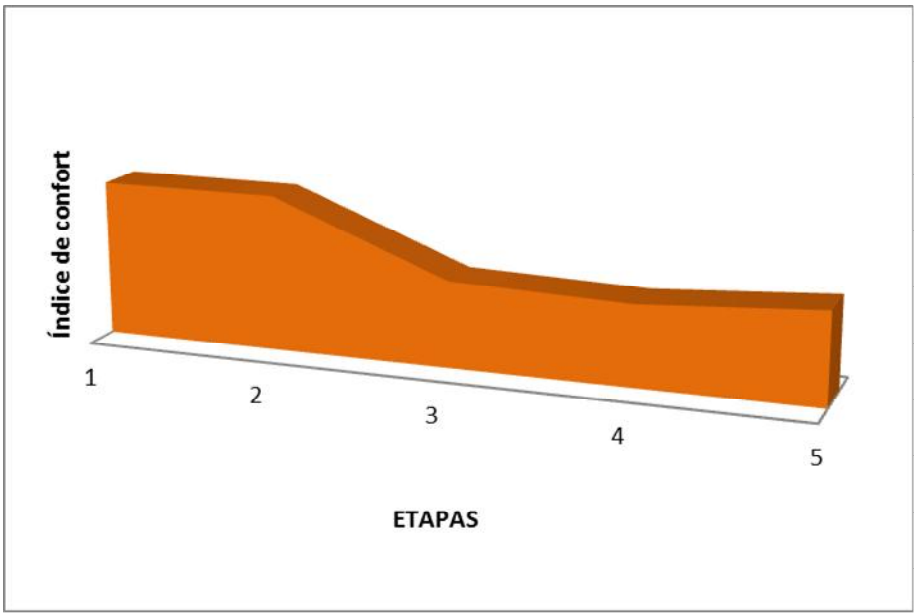

Figura 9. Índice de confort en promedio, por etapa.

En la primera y segunda etapa se obtuvieron valores de riesgo metabólico moderado y alto, no encontrándose valores de bajo riesgo metabólico (50). El IC más frecuente en las tres etapas restantes fue el de riesgo moderado (51-64) (véase Tabla 5).

Tabla 5.Frecuencias de las distintas etapas según la categorización del índice de confort (Stata/SE 11.2).

	ETAPA				
IC	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
50	0	0	16	25	13
51 – 64	144	133	111	75	69
65	53	46	30	21	16
Total	197	179	157	121	98

Al comparar los promedios de los resultados obtenidos por etapa de la temperatura, la humedad relativa ambiental y el IC se observó que este último presenta mayor dependencia frente a la humedad que a la temperatura.

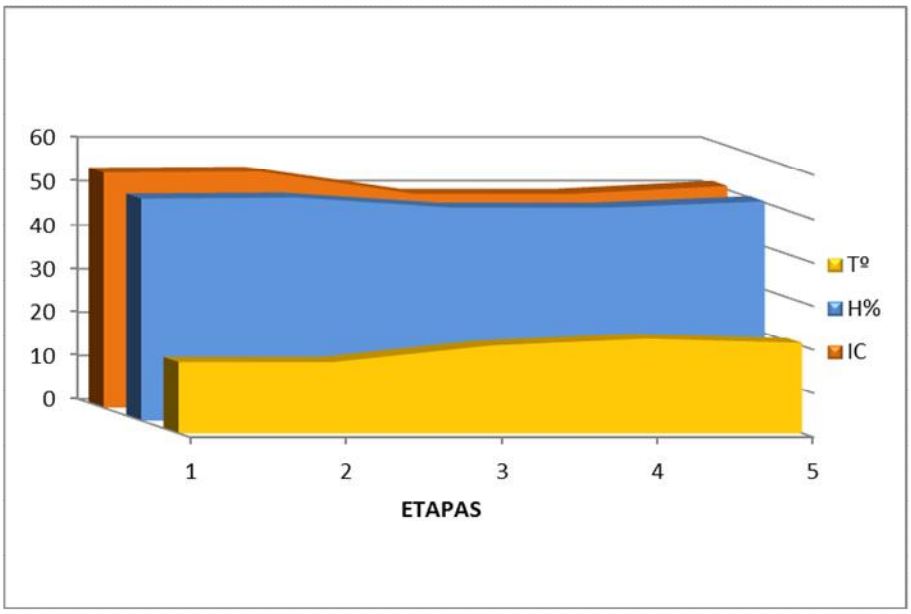

Figura 10. Promedios de índice de confort, temperatura (ºC) y humedad relativa ambiental H% por etapa.

6.1.4 Velocidad

La velocidad de carrera promedio de todos los caballos indicó que en la primera etapa corren con mayor velocidad ($\bar{x}$=21,12 km/h), luego disminuyen en la segunda ($\bar{x}$=19,80 km/h), tercera ($\bar{x}$=18,69 km/h) y cuarta etapa ($\bar{x}$=17,68 km/h), y vuelve a aumentar en la quinta ($\bar{x}$=18,04 km/h). Estas diferencias son significativas estadísticamente (p=0,0000).

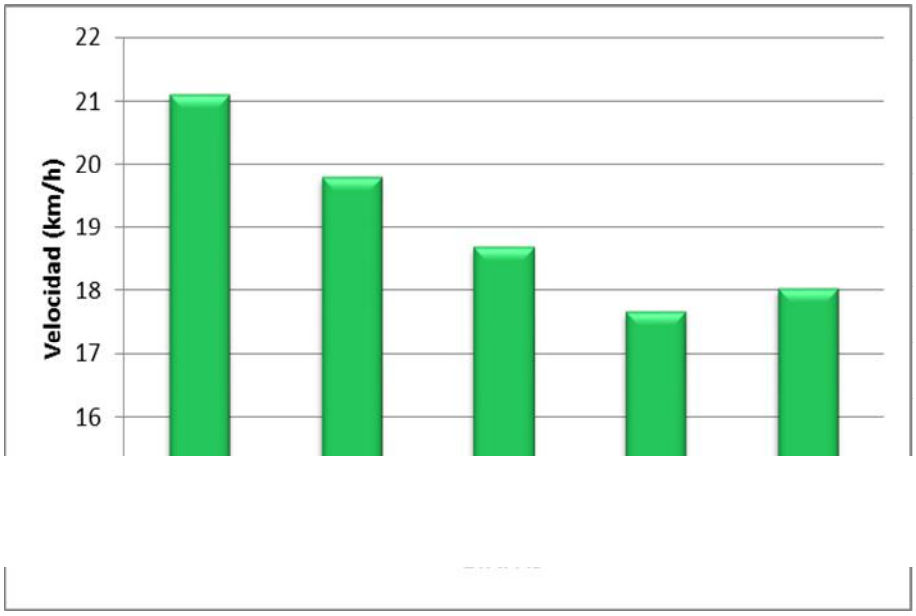

Figura 11. Velocidad de carrera promedio por etapa (n=752).

Al comparar las velocidades promedio de todos los caballos por etapa, se observó que la competencia donde corrieron a mayor velocidad fue la de octubre 2013 ($\bar{x}$=20,53 km/h), luego en orden decreciente diciembre 2013 ($\bar{x}$=19,94 km/h), agosto 2013 ($\bar{x}$=19,79 km/h), junio 2013 ($\bar{x}$=19,42 km/h), octubre 2012 ($\bar{x}$=18,99 km/h), diciembre 2012 ($\bar{x}$=18,95 km/h), abril 2013 ($\bar{x}$=17,68 km/h) y por último abril 2014 ($\bar{x}$=17,24 km/h).

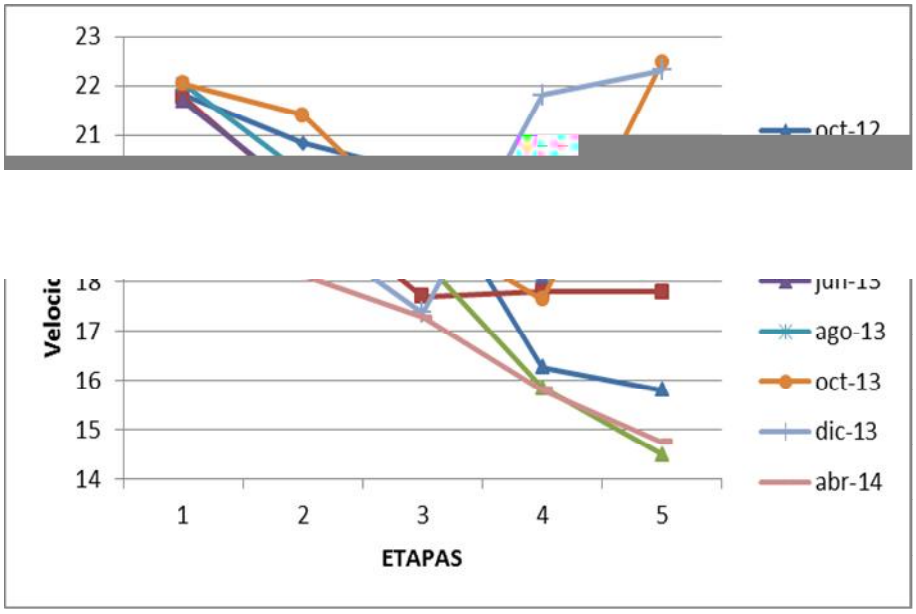

Figura 12. Variación de la velocidad promedio de cada carrera por etapa (n=752).

6.1.5 Tiempo de recuperación cardíaca

El promedio del tiempo de recuperación cardíaca (TRC) de todos los caballos que compitieron, nos indicó que en la primera etapa demoran menos en recuperar ($\bar{x}$=308 segundos ≈ 5´8´´), la segunda etapa ($\bar{x}$=345 segundos≈ 5´45´´), la cuarta etapa ($\bar{x}$=390 segundos ≈ 6´30´´), tercera etapa ($\bar{x}$=430 segundos ≈ 7´10´´) y por último la quinta etapa ($\bar{x}$=675 segundos ≈ 11´15´´) en la que demoran más tiempo. Estas diferencias son significativas estadísticamente (p=0,0000).

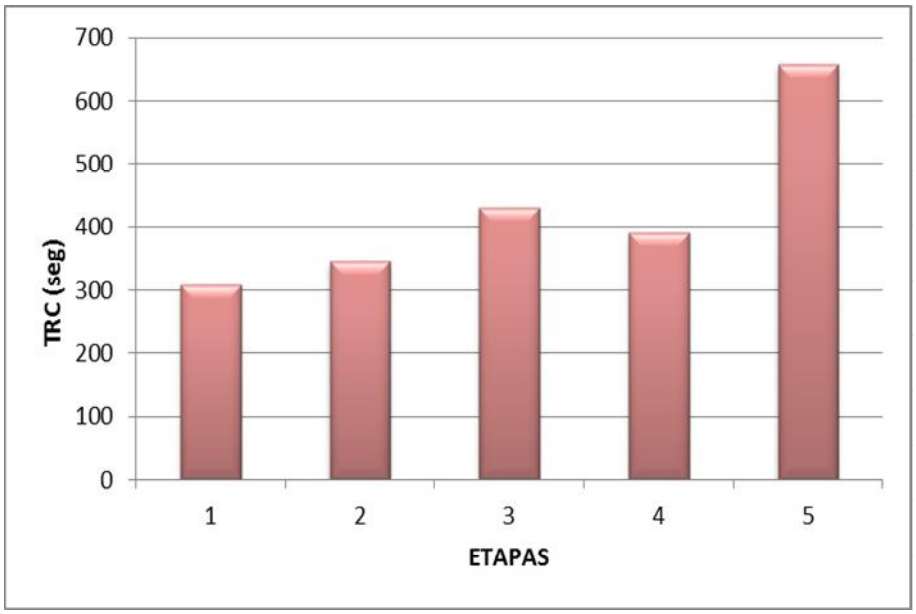

Figura 13. Tiempo de recuperación cardíaca promedio, en segundos, por etapa (n=752).

El TRC promedio de todos los caballos por carrera según la etapa, indicó que la competencia de diciembre 2013 tiene el mayor valor ($\bar{x}$=510 segundos ≈ 8´30´´), y le siguen en orden decreciente, diciembre 2012 ($\bar{x}$=472 segundos ≈ 7´52´´), abril 2013 ($\bar{x}$=418 segundos ≈ 6´59´´), junio 2013 ($\bar{x}$=416 segundos ≈ 6´57´´), abril 2014 ($\bar{x}$=415 segundos ≈ 6´55´´), octubre 2013 ($\bar{x}$=399 segundos≈ 6´39´´), octubre 2012 ($\bar{x}$=393 segundos ≈ 6´34´´) y por último la de agosto 2013 ($\bar{x}$=385 segundos ≈ 6´25´´).

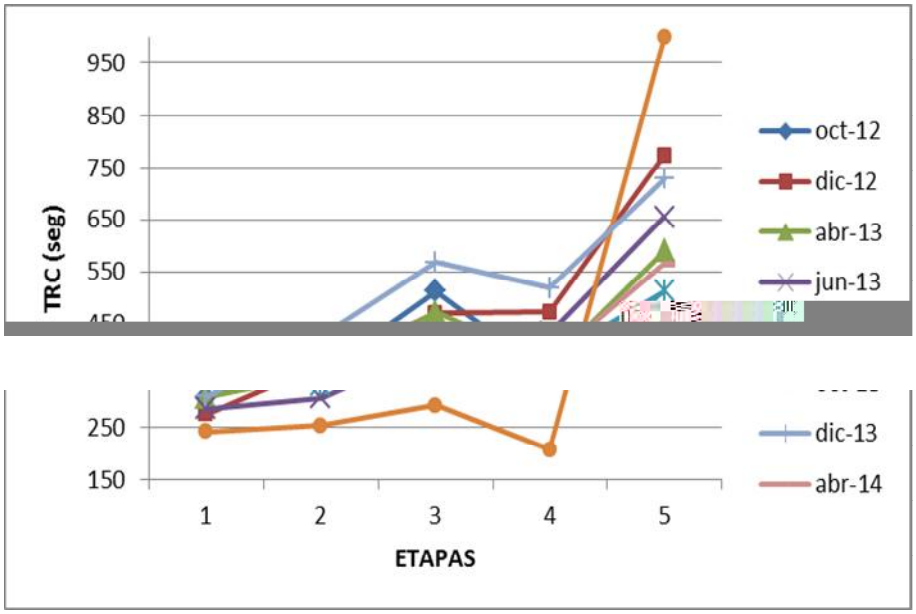

Figura 14. Variación del tiempo de recuperación cardíaca promedio en segundos, por fecha de competencia, según cada etapa (n=752).

6.1.6 Resultados de las competencias

Los resultados de este trabajo indicaron que la tasa de eliminación global, fue de 53,25% (105/197); las razones más comunes de descalificación fueron claudicaciones con un 29,93% (59/197), metabólicos 13,71% (27/197); y el resto de los motivos denominados como “otros”, representaron el 9,61% (19/197) e incluyen descalificación del jinete, lesiones o accidentes del caballo en el recorrido y los retiros voluntarios por parte del jinete.

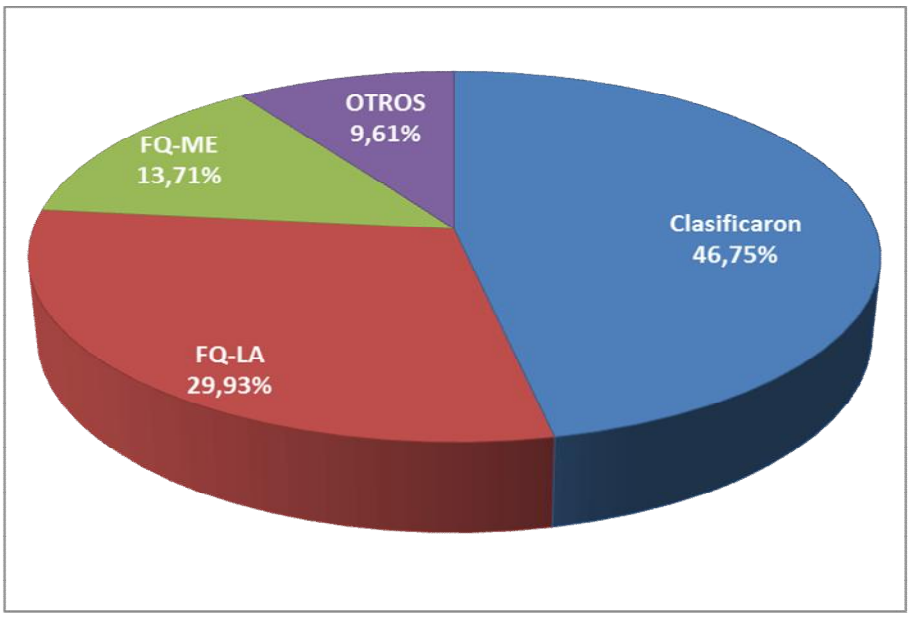

Figura 15. Porcentaje de resultados obtenidos de todos los caballos que compitieron (n=197).

Al observar las descalificaciones de los caballos por etapa, se encontró que la tercera etapa es la que presenta mayor cantidad (34%, n=36), seguida por la cuarta (22%, n=23), la segunda (21%, n=22), la primera (17%, n=18) y la de menor cantidad es la quinta (6%, n=6). Estas diferencias son significativas estadísticamente (p=0,0000).

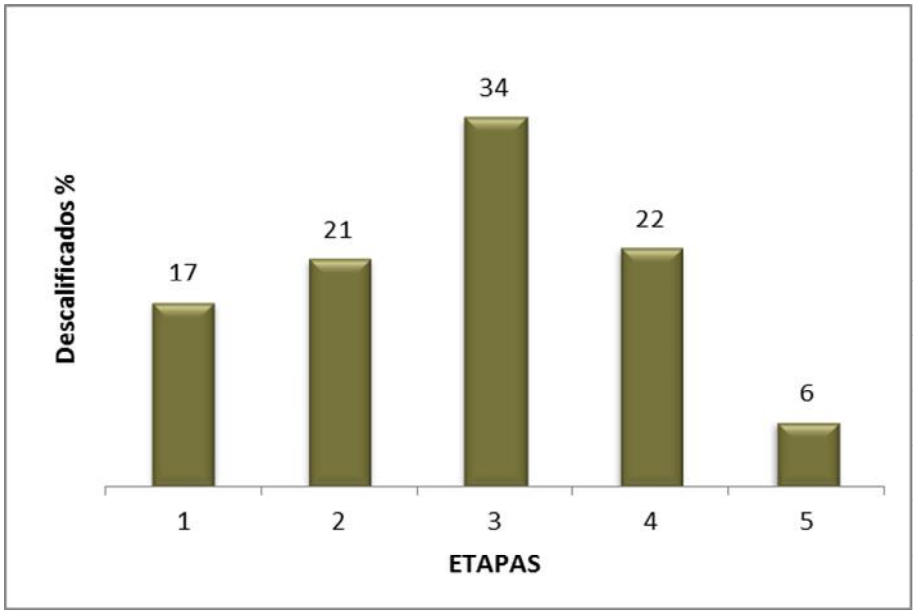

Figura 16. Caballos descalificados por etapa porcentualmente (n=105).

Los motivos de descalificación que predominaron en todas las etapas fueron por alteraciones en la marcha. Al estudiar la proporción de descalificados por razones metabólicas dentro de cada etapa, se observó que son significativos en la segunda etapa (31,8%, 7/22) y más importante aún, en la tercera etapa (36,1%, 13/36).

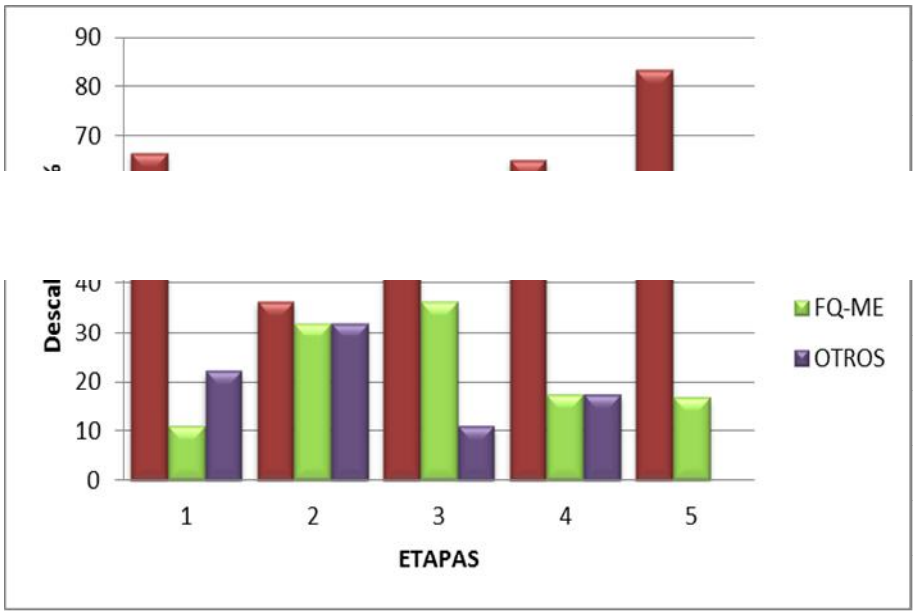

Figura 17. Porcentaje de caballos descalificados de todas las competencias según el motivo por etapa (n=105).

Tabla 6. Caballos descalificados de todas las competencias según el motivo, por etapa (n=105).

ETAPA	FQ-LA		FQ-ME		OTROS	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
1	12	66,66	2	11,11	4	22,22
2	8	36,36	7	31,81	7	31,81
3	19	52,77	13	36,11	4	11,11
4	15	65,21	4	17,39	4	17,39
5	5	83,33	1	16,66	0	0

6.2 ESTADÍSTICA INFERENCIAL

6.2.1 Correlación del índice de confort y el tiempo de recuperación cardíaca

Entre el IC y el TRC el coeficiente de correlación (r) es r = - 0,1207 por lo que existe poca asociación. Y además es un valor poco confiable ya que el coeficiente de determinación es R^2 = 0,014.

Un análisis de frecuencia con Stata/SE 11.2 (véase figura 18), mostró que entre el IC (columnas: 1. <50; 2. 50-65; 3. >65) y el TRC (filas: 1. percentil 25; 2. percentil 25 – percentil 75; 3. percentil 75) no existe asociación (p=0,092).

row	col 1	2	3	Total
1	19	133	35	187
2	20	261	95	376
3	15	138	36	189
Total	54	532	166	752

Pearson chi2(4) =	7.9872	Pr = 0.092
likelihood-ratio chi2(4) =	7.9089	Pr = 0.095
Cramér's V =	0.0729	
gamma =	0.0264	ASE = 0.064
Kendall's tau-b =	0.0139	ASE = 0.034
Fisher's exact =		0.092

Figura 18. Chi² para tiempo de recuperación cardíaca e índice de confort (Stata/SE 11.2)

6.2.2 Efecto de la raza sobre el tiempo de recuperación cardíaca

Las diferentes razas que participaron en las competencias estudiadas no se ven afectadas el TRC, según test de ANOVA (p=0,44), si bien se observaron diferencias numéricas. Encontrándose en: Cruza Árabe ($\bar{x}$=445 segundos ≈ 7´25´´), Cruza ($\bar{x}$=432 segundos ≈ 7´12´´), Criolla ($\bar{x}$=410 segundos ≈ 6´50´´), Árabe ($\bar{x}$=407 segundos ≈ 6´47´´), Anglo Árabe ($\bar{x}$=373 segundos ≈ 6´13´´), y por último el Sangre Pura de Carrera ($\bar{x}$=353 segundos ≈ 5´53´´).

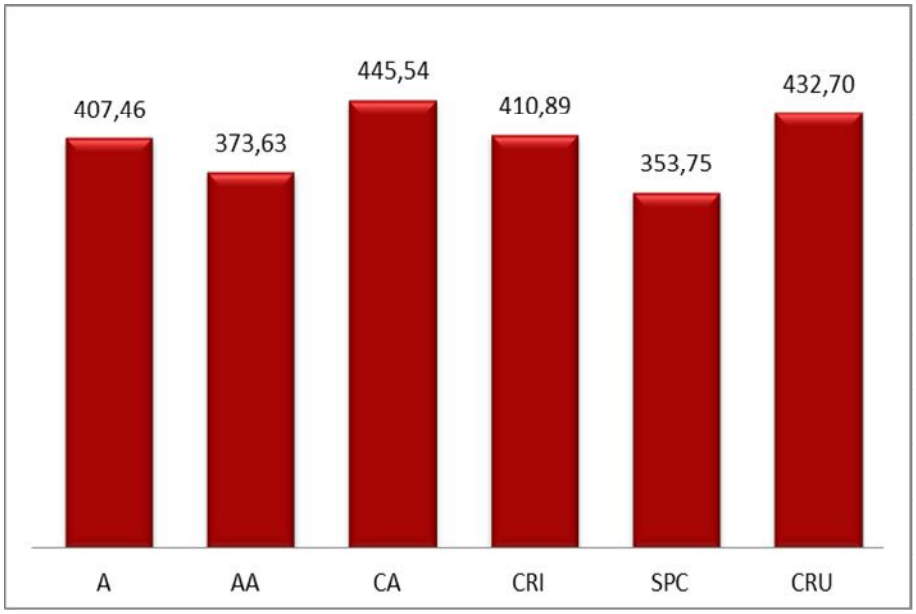

Figura 19. Tiempo de recuperación cardíaca promedio para la raza Árabe (A, n=248); Anglo Árabe (AA, n=84); Cruza Árabe (CA, n=28); Criolla (CRI, n=38); Sangre Pura de Carrera (SPC, n=20); Cruzas (CRU, n=334).

6.2.3 Efecto del sexo sobre el tiempo de recuperación cardíaca

Al determinar cómo afecta el sexo de los caballos al TRC, se encontró que los machos enteros son los que demoran más tiempo en recuperar ($\bar{x}$=424 segundos ≈ 7´4´´), siguiéndole los machos castrados ($\bar{x}$=419 segundos ≈ 6´59´´) y por último las hembras ($\bar{x}$=404 segundos ≈ 6´44´´), siendo estas diferencias no significativas (test de ANOVA p=0,81).

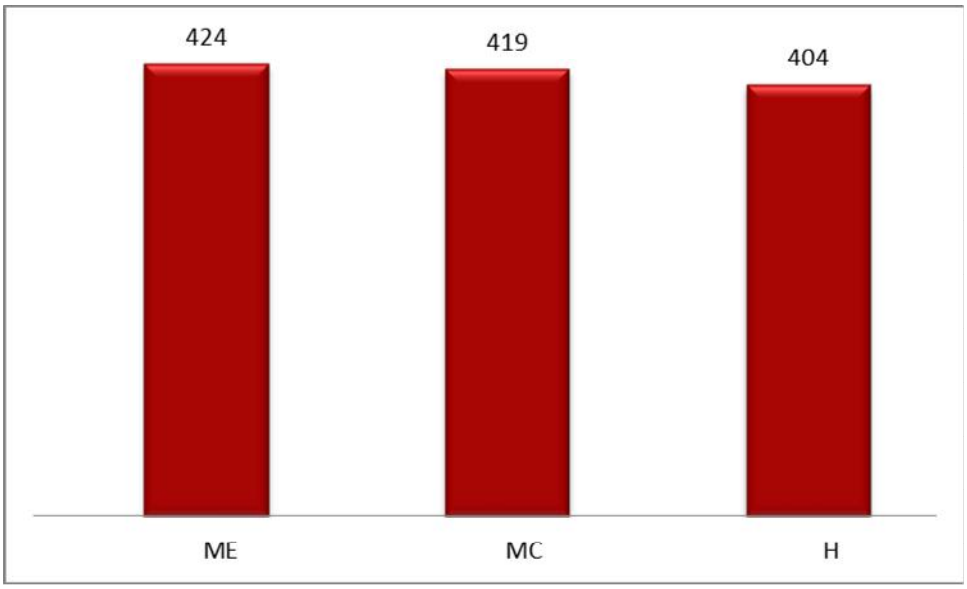

Figura 20. Tiempo de recuperación cardíaca promedio en segundos, según el sexo del caballo. (ME, n=32) macho entero; (MC, n=524) macho castrado; (H, n=195) hembra.

6.2.4 Efecto de la velocidad sobre el tiempo de recuperación cardíaca

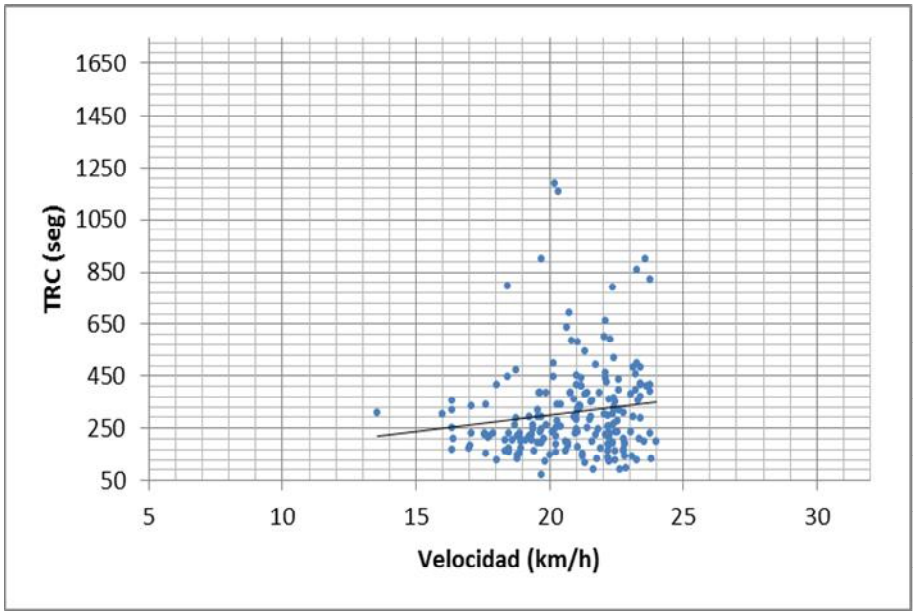

Figura 21. Diagrama de dispersión del tiempo de recuperación cardíaca y velocidad promedio en la primera etapa para cada caballo (n=197, r=0,098).

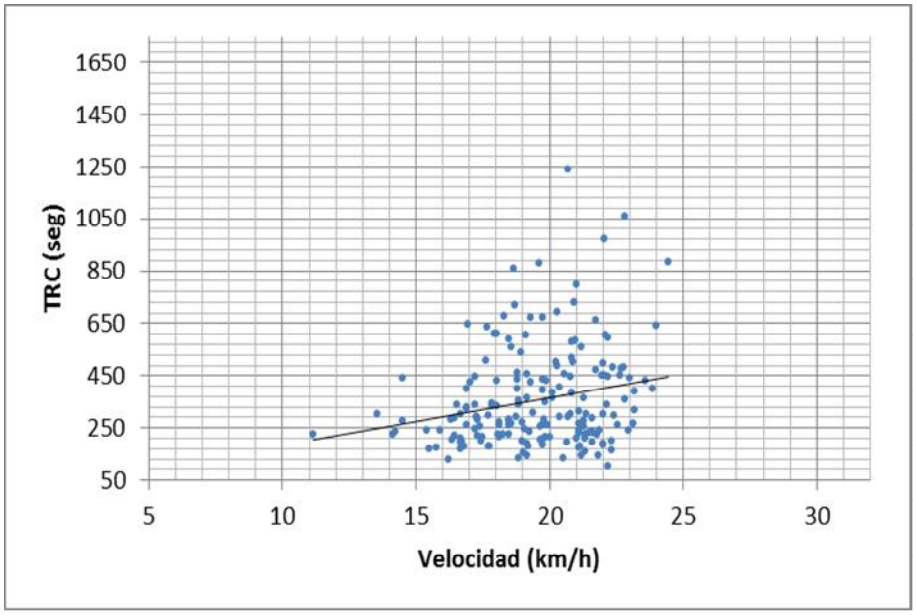

Figura 22. Diagrama de dispersión del tiempo de recuperación cardíaca y velocidad promedio en la segunda etapa para cada caballo (n=179, r=0,235).

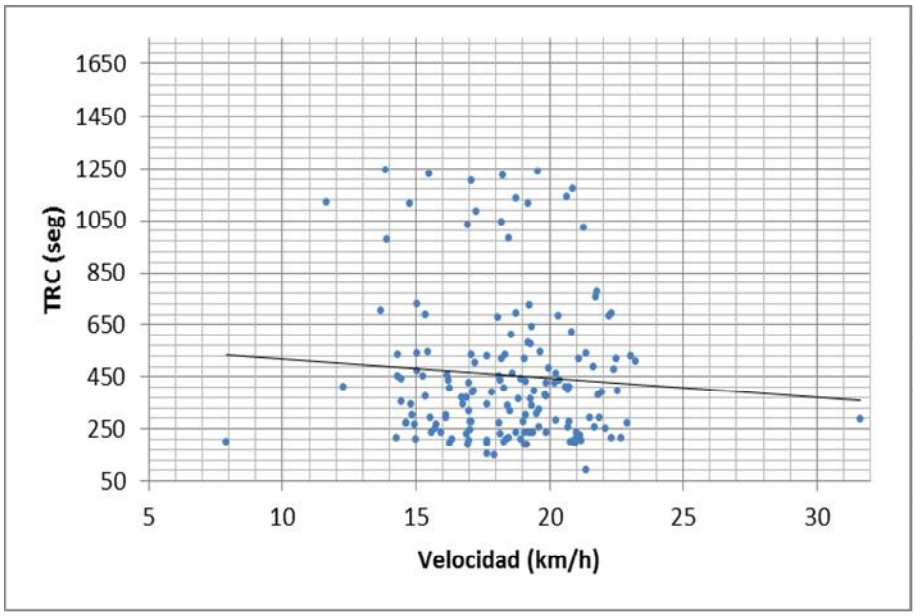

Figura 23. Diagrama de dispersión del tiempo de recuperación cardíaca y velocidad promedio en la tercera etapa para cada caballo (n=157, r= - 0,003).

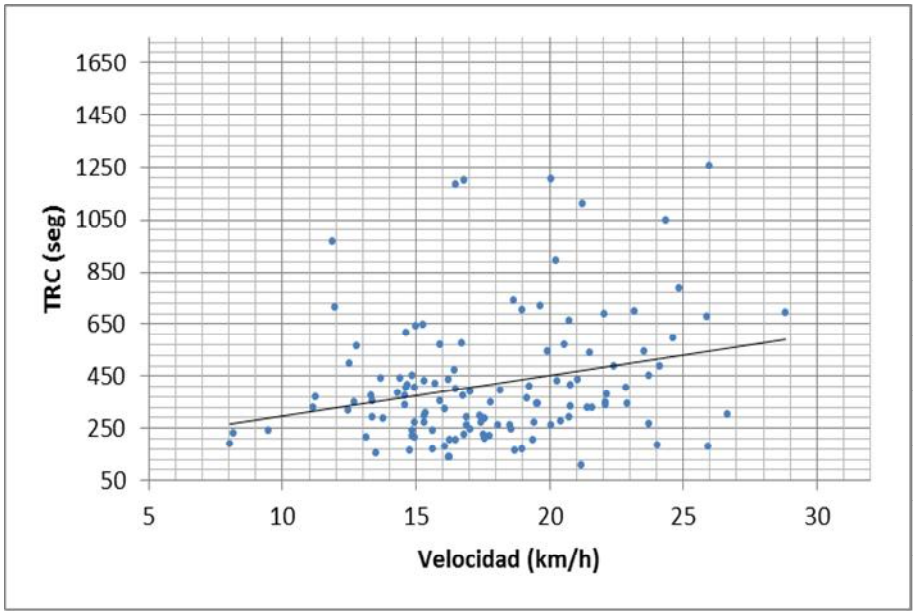

Figura 24. Diagrama de dispersión del tiempo de recuperación cardíaca y velocidad promedio en la cuarta etapa para cada caballo (n=121, r=0,052).

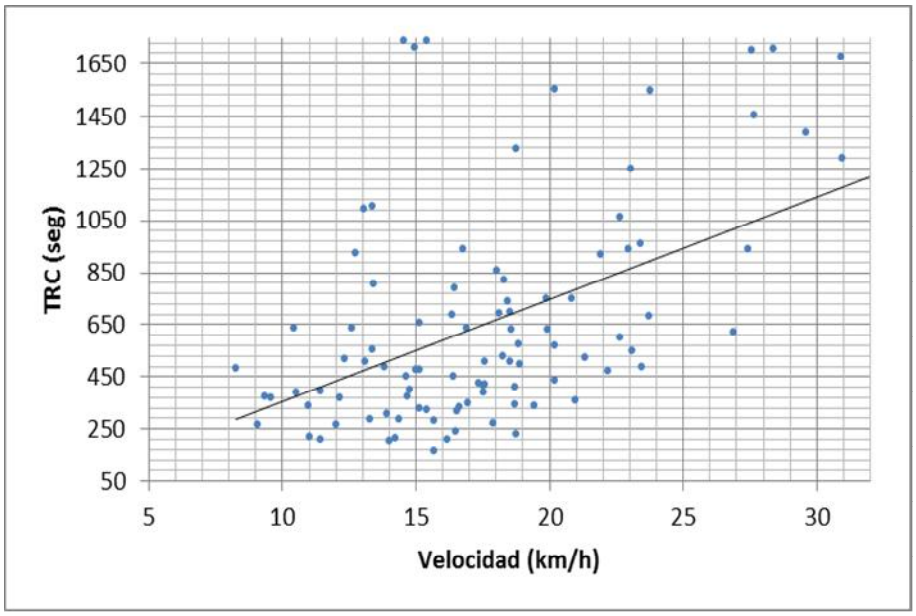

Figura 25. Diagrama de dispersión del tiempo de recuperación cardíaca y velocidad promedio en la quinta etapa para cada caballo (n=98, r=0,472).

Tabla 7. Coeficiente de correlación (r) y coeficiente de determinación (R^2) entre el tiempo de recuperación cardíaca y la velocidad.

Etapa	R	R^2
1	0,098	0,009
2	0,235	0,055
3	-0,003	0,00001
4	0,252	0,061
5	0,472	0,221

Al evaluar la correlación que existe entre el TRC y la velocidad para todas las etapas, se observó que sólo en la quinta presentó asociación, la que se explicó mejor por el (R^2=0,22). Si bien no existieron correlaciones significativas todas fueron positivas, a excepción de la tercera.

6.2.5 Efecto de la etapa sobre el tiempo de recuperación cardíaca

Un estudio de predicción lineal realizado con Stata/SE 11.2, según un modelo que incluye todos los caballos que participaron, indicó que el tiempo de recuperación cardíaca para la primera etapa sería de 268,330 segundos (≈ 4´28´´), para la segunda 344,705 (≈ 5´44´´), para la tercera 472,598 (≈ 7´52´´), luego descendería en la cuarta a 457,004 (≈ 7´37´´) y por último en la quinta y última etapa aumentaría a 694,512 segundos (≈ 11´34´´). Siendo estos significativos estadísticamente para las cinco etapas (p=0,0000). (Véase tabla 8).

Tabla 8. Modelo de predicción lineal (Stata/SE 11.2) del tiempo de recuperación cardíaca para cada etapa (n=752).

ETAPA	TRC (seg.)	Probabilidad	Intervalo de Confianza 95%	
1	268,330	0,000	238,769	297,891
2	344,705	0,000	317,032	372,378
3	472,598	0,000	428,353	516,843
4	457,004	0,000	412,582	501,425
5	694,512	0,000	616,736	772,289

6.2.6 Efecto del índice de confort sobre la velocidad de carrera

Entre el IC y la velocidad de carrera el coeficiente de correlación para un n=752, si bien asume un valor positivo (r=0,1557) este no es confiable dado que el valor de R^2=0,0242.

Un análisis de frecuencias con Stata/SE 11.2 nos indica que entre el IC (columnas: 1. <50; 2. 50-65; 3. >65) y la velocidad de carrera (filas: 1. <percentil 25; 2. percentil 25 – percentil 75; 3. percentil 75) no existe asociación (p=0,070), si bien presenta cierta tendencia.

row	col 1	2	3	Total
1	20	131	36	187
2	28	262	86	376
3	6	139	44	189
Total	54	532	166	752

```
          Pearson chi2(4) =   8.6681   Pr = 0.070
 likelihood-ratio chi2(4) =   9.3921   Pr = 0.052
                Cramér's V =   0.0759
                     gamma =   0.1293  ASE = 0.062
           Kendall's tau-b =   0.0680  ASE = 0.033
            Fisher's exact =                 0.059
```

Figura 26. Chi² entre el índice de confort y la velocidad de carrera (Stata/SE 11.2).

6.2.7 Correlación entre el índice de confort y los caballos descalificados por motivos metabólicos

Al determinar la correlación entre el IC y la cantidad de caballos descalificados por motivos metabólicos, se obtuvo un r = - 0,2364 y un R^2 = 0,055. Indicativo de que no se encuentra asociación entre ambos y que no es un valor confiable. (Véase figura 27).

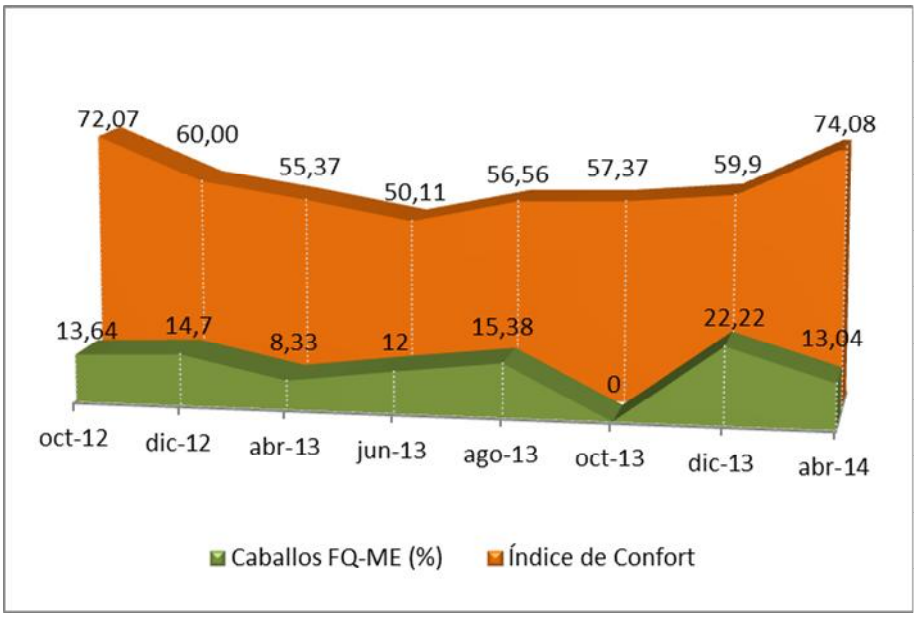

Figura 27. Relación del índice de confort con el porcentaje de caballos descalificados por motivos metabólicos (FQ-ME) según la competencia.

6.2.8 Análisis de datos mediante regresión múltiple para todas las variables

Tras los análisis de las variables individualmente, se detectó confusión "ruidos" entre estas, por lo que se realizó un estudio comparativo de regresión múltiple con Stata/SE 11.2 que incluyó a todas ellas al mismo tiempo. Este consideró solamente los caballos que completaron las 5 etapas y propone al TRC como variable dependiente, y las etapas, velocidad, sexo, raza e IC como variables independientes.

Utilizando la tercera etapa como de referencia del modelo, se observó que a medida que transcurren las etapas completadas por los caballos, el TRC aumentó, cuyas diferencias fueron significativas estadísticamente (p= 0,05). La velocidad, indicó que a medida que aumenta en 1 km/h la velocidad de carrera, el TRC aumenta 21,521 segundos, siendo estadísticamente significativo (p=0,0000). En cambio, los valores de probabilidad indican que el sexo, la raza y el IC no presentan diferencias significativas (p 0.05).

Tabla 9. Modelo de regresión múltiple para el tiempo de recuperación cardíaca según la etapa, velocidad, sexo, raza e índice de confort de los caballos que completaron las 5 etapas (n=490).

	TRC	Probabilidad	Intervalo de Confianza 95%	
ETAPA				
1	-157,610	0,000	-197,808	-117,412
2	-84,497	0,000	-117,875	-51,119
4	46,693	0,013	10,042	83,343
5	300,393	0,000	216,042	384,742
Velocidad	21,521	0,000	11,767	31,276
Sexo				
1	-6,280	0,856	-74,574	62,013
2	1,759	0,979	-132,592	136,112
Raza				
2	-0,990	0,983	-94,182	92,201
3	-77,890	0,080	-165,341	9,560
4	-17,404	0,788	-145,666	110,85%

U

Dado que las horas de mayor calor, son las de menor humedad en condiciones atmosféricas normales, al ser manejable la temperatura a través de una buena refrigeración se puede incidir en la pérdida de calor haciéndola más eficiente (Arismendi, com. pers. 2014).

El índice de confort o también llamado índice de estrés ambiental, es utilizado rutinariamente por Médicos Veterinarios en las competencias de Raid y Enduro realizadas en nuestro país, con el objetivo de evaluar el nivel de riesgo metabólico al que se somete el caballo cuando participa en este tipo de competencias. Existen diferentes nomenclaturas y fórmulas referidas a estos indicadores.

Dada la fórmula empleada para determinar el índice de confort [IC=Tº+(H%/1,8)], puede explicarse matemáticamente que el índice de confort es más dependiente de la humedad que de la temperatura, dado que la humedad es la variable en el numerador y al aumentar asciende directamente el IC. Esto corresponde con el comportamiento del IC en las distintas etapas de este estudio, que asume mayor dependencia a la humedad, siendo en promedio de todas las competencias más elevado en las primeras dos etapas alcanzando valores de 65. Según Hodgson (1994) cuando el índice de confort excede 65 (especialmente si la humedad contribuye más del 50% del total), la pérdida de calor a través de la refrigeración por evaporación se ve gravemente comprometida lo que significa que los caballos en las primeras etapas corrieron bajo condiciones ambientales de riesgo metabólico alto, para luego descender en las siguientes tres etapas obteniendo valores de riesgo metabólico moderados. Marlin y col. (1999) afirman que con el aumento de la humedad ambiente disminuye la eficiencia de la refrigeración por evaporación, dada la relativa saturación del aire con agua. Señala Arismendi (2014) que al no poder influir en su control e impedir la evaporación del sudor para perder calor, el caballo debe continuar sudando y perdiendo volumen circulatorio. A diferencia de la temperatura que se puede contrarrestar con medidas externas, como refrigerar más frecuentemente al cuerpo con agua fría, con el agregado de hielo de ser necesario; realizado con la frecuencia que la instancia lo amerite, también se puede bajar el ritmo de carrera con lo cual el calor generado por el trabajo muscular disminuye y hace posible que se logre un equilibrio entre generación de calor y pérdida del mismo.

Este tipo de estudios tiene sus limitaciones, ya que los resultados para investigar el estrés climático inducido en estas carreras varían notablemente de un caballo a otro dependiendo del grado de esfuerzo, velocidad y ejercitación durante la competencia, del estado de entrenamiento y de la alimentación previa (Snow y col., 1982). La rapidez con que disminuye la FC depende de la forma física del animal pero también de la temperatura y humedad ambiental, de la raza y del esfuerzo realizado. La recuperación de la FC se utiliza para determinar el estado de los caballos que compiten en carreras de resistencia (Garlinhouse, 2012). Este tiempo de recuperación se encuentra condicionado a: 1) el nivel de entrenamiento; 2)

factores ambientales como temperatura y humedad; 3) el cambio decreciente de la marcha y 4) la adaptación termorregulatoria (Boffi, 2007).

Además de la temperatura y humedad relativa, existen otros factores meteorológicos que pueden afectar la termorregulación del caballo, como la velocidad del viento, la radiación solar y las precipitaciones, las cuales no fueron consideradas en el este estudio.

Skarda y col. (1976) indican que, observaciones realizadas de estudios en caballos sin entrenamiento y con una pobre condición física se caracterizan por una FC relativamente alta en el período de reposo, alta durante el ejercicio y de una lenta recuperación post ejercicio; mientras que caballos entrenados y con un buen estado físico se caracterizan por una baja FC en reposo, relativamente disminuida durante la ejecución del ejercicio y de rápida recuperación después del esfuerzo físico con mejor adaptación a las condiciones climáticas. Snow y col. (1982) afirman que las condiciones climáticas influyen sobre el rendimiento del animal en la carrera, por lo que las condiciones son inciertas para cada animal y la interpretación de los resultados es compleja. En contraste con nuestra hipótesis, la cual plantea que a medida que aumenta el índice de confort aumenta el TRC, los resultados arrojaron que entre el IC y el TRC no existió asociación.

Suele observarse en las competencias de Enduro que cuando las condiciones climáticas son favorables los jinetes le exigen más a los caballos, por lo que aumentan la velocidad y viceversa bajo condiciones adversas. Sin embargo, entre el IC y la velocidad de carrera el coeficiente de correlación si bien asume un valor positivo no es significativo estadísticamente y un análisis de frecuencias indicó que entre el IC y la velocidad no se encontró asociación. Esta disparidad de los resultados con la hipótesis y con los autores citados puede deberse a que el factor entrenamiento no fue contemplado. Actualmente la industria del caballo tiende a la “aceleración” o al dinamismo de cada una de las fases o eventos que se suceden dentro del arduo proceso que significa obtener y mantener un animal de este tipo (Castillo, 2007).

La población de caballos estudiada se podría considerar como calificada, ya que para poder correr 120km FEI, tienen que haber completado y clasificado en cuatro competencias con un total de 220km, no se debe dejar de hacer hincapié que el caballo es un organismo vivo, el cual está bajo la influencia de muchos efectos exógenos y endógenos. De los cuales el efecto genético, entrenamiento, manejo nutricional, tamaño, estrés, descanso insuficiente del caballo y efecto jinete, no se consideraron en este estudio.

Los resultados de las competencias en este trabajo indicaron que la tasa de eliminación global de los 197 caballos que participaron en las 8 competencias, fueron de 53,25% (105/197); las razones más comunes de descalificación fueron

claudicaciones con un 29,93% (59/197), metabólicos 13,71% (27/197) y el resto de los motivos denominados como “otros” representaron el 9,61% (19/197) que incluyen descalificación del jinete, lesiones o accidentes del caballo en el recorrido y los retiros voluntarios por parte del jinete, en el cual el caballo ya ha superado el chequeo veterinario y se encuentra habilitado para largar pero por decisión propia lo retira de la competencia. Estos resultados arrojan diferencias con la investigación que realizaron Fielding y col. (2011) donde la tasa de eliminación global fue 18,9% (660/3.493), las descalificaciones por claudicaciones 47,27% (312/660) y por problemas metabólicos 22,27% (147/660). Investigaciones recientes de Nagy y col. (2010) realizadas en 9 países diferentes con 4.326 caballos que compitieron en todas las categorías indicaron que el 46% completó el recorrido, la cojera fue la causa más común de eliminación (69,2%), seguido por razones metabólicas (23,5%) y fueron retirados por el jinete el 8% de los caballos. Concluyeron que las tasas de eliminación varían según los países y que la cojera es la razón más común para la eliminación a nivel mundial, tal como lo indicó el presente trabajo.

Al observar las descalificaciones de los caballos por etapa, se encontró que la etapa que tuvo mayor cantidad fue la tercera con 34%, seguida por la cuarta 22%, la segunda 21%, la primera 17% y la de menor cantidad la quinta 6%, cuyas diferencias son significativas estadísticamente. La proporción de descalificados por razones metabólicas representa un 13,71% en total, y dentro de cada etapa, indicó que son más significativos en la tercera con 36,1%, le siguió la segunda con 31,8%, la cuarta con 17,39%, la quinta con 16,66% y por último la primera etapa con 11,11%.

En base a la hipótesis: a medida que aumenta el IC, aumenta el TRC de los caballos que fueron descalificados por motivos metabólicos, según los resultados obtenidos la correlación entre estos fue negativa, aunque poco explicada por el coeficiente de determinación, pudiendo estar influyendo la poca diferencia del IC en las distintas etapas y la interferencia de otros efectos que hacen al TRC. Los resultados sugieren que este efecto estudiado no se asoció con la eliminación de los caballos de las competiciones de resistencia según análisis de frecuencias (Chi^2).

No existe ninguna raza con condiciones específicas para esta disciplina, pero los caballos mayormente utilizados pertenecen a la raza Árabe o sus cruzas. Esto se debe a que dichos animales poseen un corazón voluminoso que le permite tener una buena carga sistólica. Además poseen músculos con una muy elevada proporción de fibras tipo I y IIA y elevada angiogénesis (Boffi, 2007, García, 1995). Fielding y col. (2011) encontraron que los caballos de razas Appaloosa, Cuarto de Milla y otras con mayor índice de masa corporal (en comparación con los Árabes) tienen un mayor riesgo de eliminación.

Las características de esta disciplina hacen que los caballos que compiten, corran la mayor parte del tiempo en un rango de frecuencia cardíaca de 120-140

lat/min con niveles de lactato que rara vez superan los 9-10 mmol/L al final de la misma (Boffi, 2007). Árabe y Anglo Árabe parecen tener menores concentraciones de lactato en comparación con los Andaluces a velocidades de hasta 25 km/h, por lo tanto, muestran una mejor adaptación a largas distancias en trabajos de baja intensidad (Castejón y col., 1994).

El presente trabajo señaló que existen diferencias numéricas en cuanto al TRC de las razas, que en orden decreciente fueron: Cruza Árabe (7´25´´), Cruza (7´12´´), Criolla (6´50´´), Árabe (6´47´´), Anglo Árabe (6´13´´) y por último el Sangre Pura de Carrera (5´53´´), las cuales no tienen diferencias significativas estadísticamente. Sin embargo Engelhardt (1977) considera a la raza como un factor que condiciona el TRC. Estas diferencias no significativas podrían deberse a que el tamaño de las muestras de las razas Sangre Pura de Carrera y Criolla utilizadas fueron pequeñas y poco representativas, además los rangos dentro de cada raza son muy amplios respecto a sus medias. Se debe tener en cuenta que los Cruzas, no se encuentran del todo bien definidos, ya que el término cruza implica el producto de cruzar dos razas distintas y en este caso se desconocen los tipos de razas que los componen genéticamente y sus proporciones.

Los datos proporcionados por el responsable que inscribe al binomio en cuanto a la raza del caballo pueden no ser del todo fiables, ya que en el momento de la inscripción a las competencias no se les exige el pedigree del caballo y esto puede hacer que los resultados se vean adulterados. En un estudio de Nagy y col. (2013) se evaluaron las asociaciones entre los datos proporcionados por los jinetes y los datos obtenidos de la página web de la Federación Ecuestre Internacional en 20 pruebas de Enduro en 2011 con un excelente acuerdo entre el cuestionario y los datos de la FEI, a excepción de los datos sobre la raza.

Al igual que con la variable raza, para el sexo, si bien se observa una tendencia a que las hembras recuperan más rápido que los machos castrados, y a su vez éstos, lo hacen antes que los machos enteros, pero estas diferencias no tienen un nivel de significancia suficiente para aceptarlas estadísticamente. Además la muestra es muy sesgada, ya que los machos enteros puestos a prueba son seleccionados con mayor exigencia que los castrados, los cuales son probados sin mayores reparos.

En ejercicios de larga duración como las carreras de Enduro, las variaciones de las FC se encuentran sujetas al nivel de entrenamiento, hidratación y a las condiciones medioambientales (Boffi, 2007; García 1995). Según Rose (1986) el uso de la FC en cada control dentro de la competencia como un evaluador de la capacidad atlética de los caballos es un índice seguro de fatiga. La eliminación de caballos con frecuencias cardíacas mayores a 65 lat/min, 30 minutos después de la llegada al punto de control de una carrera, tiene como resultado una gran reducción en los niveles de agotamiento de los ejemplares que continúan en competencia.

Trabajos realizados demuestran que caballos que se presentan con la FC alta una vez terminado el ejercicio son animales con gran dificultad de adaptación al estrés de la competencia (Cardinet y col., 1963; Engelhardt, 1977, García 1995). Los caballos en mal estado físico tienen FC post ejercicio muy altas, habiéndose podido comprobar además que los caballos con menos de 60 lat/min, a los 30 minutos de finalizado el esfuerzo, presentan menos signos de deshidratación y miopatías. Sin embargo, si a los caballos cuya FC es 65-70 lat/ min a la media hora del esfuerzo se les deja continuar en carrera, se ha comprobado que padecen frecuentemente deshidratación grave, miopatías, cólicos y agotamiento (García, 1995).

La recuperación de la FC se puede dividir en dos períodos, un descenso rápido dentro de los primeros dos minutos post ejercicio y un descenso lento dentro de 25 a 30 minutos post ejercicios (García 1995). El nivel de entrenamiento es un parámetro manejable y que por lo tanto, permite mejorar los tiempos de recuperación, dada la adaptación cardiovascular en efecto del entrenamiento existe una disminución paulatina de la FC tanto de los valores basales, como de los obtenidos al finalizar el ejercicio (Araya, 2005).

En base a los resultados obtenidos podemos afirmar que en las medias de los TRC, existen diferencias estadísticamente significativas en función de las etapas. Indicando que en la primera etapa demoran menos en recuperar 5´8´´, la segunda 5´45´´, la cuarta 6´30´´, tercera 7´10´´ y por último la quinta etapa 11´15´´ en la que demoran más tiempo. Por otro lado, un análisis de predicción lineal realizado sobre un modelo que incluye todos los caballos que participaron, indicó que el TRC para la primera etapa sería de 4´28´´, para la segunda 5´44´´, para la tercera 7´52´´, luego descendería en la cuarta a 7´37´´ y por último en la quinta y última etapa aumentaría 11´34´´. El análisis de varianza con las medias y el de predicción lineal indicaron que el avance de las etapas presenta una clara influencia sobre el TRC, en la tercera etapa existe un aumento en el tiempo de recuperación y en la quinta se hace aún más notorio. Se debe tener en cuenta que en la última etapa, en la cual se dispone de 30 minutos para ingresar al caballo al Vet Check, los caballos no ingresan inmediatamente que alcanzan los valores permitidos de la FC, ya que al no tener posibilidad de reingresar, los propietarios se toman su tiempo asegurándose que disminuya lo suficiente para no ser descalificados.

Por su tradición de más de 70 años en el Raid Uruguay posee caballos de varios tipos de sangres para competencias de resistencia, especialmente algunas líneas de Sangre Pura de Carrera, Árabes, Anglo Árabes y mestizos, que se han ido seleccionando en el tiempo a través de las competencias por su rendimiento y capacidad de desarrollar con éxito pruebas de largas distancias (90 a 115 km en 2 etapas) sobre carreteras de balasto o asfalto a altas velocidades. Además el hecho de que el Enduro ecuestre de nuestro país y su producción de caballos estén muy bien posicionados en el mundo, hace que en la gran mayoría de competencias de velocidad libre (FEI) lleguen compradores de todas partes del mundo, en especial

desde los Emiratos Árabes Unidos. Lo que determina que propietarios y jinetes les exijan a sus caballos una verdadera competencia donde se luzcan por sus cualidades deportivas, pudiendo alcanzar velocidades de hasta 38 km/h promedio en una etapa.

Según Boffi (2007) la velocidad a la que se corre una carrera de Enduro depende no sólo del nivel de entrenamiento que posea el animal y de la distancia de la misma, sino que también las características del suelo, la temperatura y humedad ambiente juegan un papel muy importante. En competencias de 120 km la velocidad promedio oscila entre los 16-18km/h. Sin embargo, los resultados de este trabajo indicaron que las velocidades en competencias de 120 km en Uruguay se encuentran entre 17 y 21 km/h en promedio.

Al analizar los resultados referidos a la velocidad en las distintas etapas se observó que en la primera es la que se corre más rápido en general, con un promedio de 21 km/h, luego disminuyen en la segunda a 19,80 km/h, en la tercera a 18,69 km/h y en la cuarta etapa a 17,68 km/h y vuelven a aumentar en la quinta a 18,04 km/h presentando diferencias significativas. Se debe considerar que en la quinta etapa existen diferencias de velocidad entre los que llegan en los primeros puestos y los que lo hacen últimos, con una diferencia de tiempo de dos horas y media en promedio. Hecho que podría ser explicado por el agotamiento de las reservas energéticas de los caballos que compiten y estado de entrenamiento, o simplemente los jinetes corren para obtener la clasificación sin importarles el puesto.

La otra hipótesis plantea que el TRC de un caballo una vez que culmina una etapa, se encuentra correlacionado positivamente con la velocidad promedio. Los resultados estadísticos arrojaron significancia en que a medida que aumenta 1 km/h la velocidad de carrera el TRC aumenta 21 segundos. Estos resultados hacen que la hipótesis planteada esté probada.

La FC posee un alto grado de correlación positiva (r=0,84-0,93) con la velocidad en ejercicios submáximos y permite medir en forma aproximada e indirecta el consumo de oxígeno. La poca correlación positiva existente en ejercicios de baja y alta intensidad se debe a factores psicogénicos y al hecho de que cuando el caballo alcanza su máxima FC aún sigue incrementando la velocidad de carrera. Por otra parte es importante resaltar que hay diferencias significativas entre las FC de diferentes caballos corriendo a la misma velocidad. Además, la correlación positiva hallada entre velocidad y FC es menor a la encontrada entre velocidad y consumo de oxígeno (r= 0,96-0,97). En otras palabras, caballos con diferentes niveles de entrenamiento practicarán a distintas velocidades diferentes consumos de oxígeno (Boffi, 2007).

Al estudiar la correlación que existe entre la velocidad y el TRC según la etapa, si bien no se obtuvo asociación significativa estadísticamente entre las

variables, se observó que en todas las etapas el coeficiente de correlación asume valores de asociación positiva, a excepción de la tercera etapa que es negativa, además se observa que los caballos presentaron una mayor dispersión con mayor TRC. Cabe recordar que es la etapa que presenta mayor porcentaje de descalificados, y que a su vez, los descalificados por motivos metabólicos aumentan en proporción al resto. Por lo que suponemos que es el quiebre entre continuar hasta completar la carrera o abandonarla. En promedio el TRC de los caballos en esta tercera etapa aumenta y su velocidad disminuye. En la cuarta etapa la tendencia es ascendente y positiva, a su vez la población de caballos en competencia disminuye, seleccionándose los que presentan mejores condiciones de entrenamiento. En la quinta y última etapa la tendencia es ascendente y más pronunciada que etapas anteriores, por lo que el aumento del TRC con la velocidad mostraron una correlación positiva en mayor grado. Además disminuye la población de caballos y mostró una mayor dispersión.

Para finalizar, la importancia de esta investigación fue conocer algunos de los factores de riesgo que afectan al caballo en competencia de Enduro, ya que éstos en su conjunto afectan de cierta manera su performance y resultado. Es elemental que el jinete entrene y conozca al caballo y que lo retire de la competencia en consulta con el Comité Veterinario Oficial de no encontrarse apto, así se podrían prevenir riesgos a patologías y sanciones innecesarias asociadas a las competencias.

8. CONCLUSIONES

1. El índice de confort resultó ser más dependiente de la humedad relativa ambiental, que de la temperatura.

2. El índice de confort no afectó al tiempo de recuperación cardíaca.

3. Las primeras dos etapas de la mañana presentaron un riesgo metabólico mayor dado su alto índice de humedad a pesar de su baja temperatura.

4. El sexo y la raza no afectaron el tiempo de recuperación cardíaca para esta población estudiada.

5. A medida que transcurren los kilómetros y las etapas los caballos requieren mayor tiempo para recuperar la frecuencia cardíaca.

6. La velocidad afectó significativamente al tiempo de recuperación cardíaca.

7. A medida que aumentó en 1km/h la velocidad de carrera, el tiempo de recuperación cardíaca aumentó 21 segundos.

8. Se evidencia la necesidad de un estudio prospectivo para evaluar detenidamente los efectos del entrenamiento, condiciones del entorno, efecto del jinete sobre el caballo y otras variables en conjunto sobre el riesgo de las causas específicas de la descalificación.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta R, (1995). Manual para veterinarios en raid. Montevideo, Hemisferio Sur, 96 p.

2. Araya HA, (2005). Evaluación de parámetros fisiológicos, enzimas y ácido láctico en equinos mestizos durante el entrenamiento para competir en pruebas de enduro. Chillán, Universidad de Concepción. 57 p.

3. Boffi F, (2007). Fisiología del ejercicio en equinos. Buenos Aires, Inter-Médica, 302 p.

4. Boulder CO, (2008). 54ª Convención Anual de la Asociación Americana de Veterinarios Equinos, San Diego, Editorial Servicio internacional de información Veterinaria, 11126-1208 p. Disponible en: www.ivis.org. Fecha de consulta: 13/12/2013.

5. Brinnel H, Cabanac M, Hales JR, (1987). Heat Stress: Physical Exertion and Environment. Amsterdam, 209 p.

6. Cardinet GH, Fowler M, Tyler W, (1963). Heart rates and respiratory rates for evaluating performance in horses during endurance trail ride competition. J.A.V.M.A. 143 (12):1303-1309.

7. Carlson GP, (1983). Equine Exercise Physiology. Cambridge, Granta, 309 p.

8. Carlson GP, (1992). El síndrome del Caballo Exhausto. Buenos Aires, Argentina, Ed. Prensa Veterinaria Argentina. 520 p.

9. 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. 41:645–652.

10. Castejón F, Trigo P, Muñoz A, Riber C, (2006). Uric acid responses to endurance racing and relationships with performance, plasma biochemistry and metabolic alterations. Equine Vet. J. 36:70-73.

11. Castillo E, (2007). Efecto del ejercicio sobre el sistema músculo esquelético de animales jóvenes. Disponible en: http://elcaballodecarrera.blogspot.com/. Fecha de consulta: 11/06/2014.

12. Darr K, Basset B, Morgan B, Thomas D, (1988). Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. Am J Physiol Heart Circ Physiol. 254:340-3433.

13. Derksen F, Robinson E, (2002). Equine respiratory disease. New York International Veterinary Information Service. 42 p.

14. Dingboom EG,Van Oudheusden H, Eczema K, Weijs WA, (2002). Changes in fibre type composition of gluteus medius and semitendinosus muscles. Equine Vet. J. 34:177-183.

15. Engelhardt WV, (1977). Cardiovascular effects of exercise and training in horses. Adv. Vet. Sci. Comp. Med. 21: 173- 205.

16. Federación Uruguaya de Deportes Ecuestres, (2014). Reglamentación actual que rige la práctica del deporte. Disponible en: http://www.fude.org.uy/wordpress/%C2%BFque-es-el-enduro-o-endurance/. Fecha de consulta: 22/3/14.

17. Ferrari A, (2012). Caracterización y potencialidades del Sector Ecuestre en Uruguay. Uruguay XXI. Disponible en: http://www.uruguayxxi.gub.uy/ Fecha de consulta: 03/02/2014.

18. Fielding CL, Meier CA, Balch OK, Kass PH, (2011). Risk Factors for Elimination During Endurance Rides Examined. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21838587. Fecha de consulta: 11/06/2014.

19. Figueredo M, (2006). Niveles de electrolitos plasmáticos en caballos mestizos fina sangre de carrera sometidos a entrenamiento para competencias de resistencia. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Universidad de Concepción, Chillan, 45 p.

20. Flaminio RJ, Rush BR, (1998). Fluid and electrolyte balance in endurance horses. Vet Clin North Am Equine Pract. 14 (1): 147-58.

21. Foreman JH. (1998), The exhausted horse syndrome. Vet. Clin. North Am. Equine Pract. 14: 205-219.

22. Fowler ME. (1980), Exhausted horse syndrome. J. S. Afr. Vet. Assoc. 51(2):85-86.

23. Frazão C, Santos R, (2007) O Enduro Eqüestre. Breeder. 190 p.

24. García Sacristán A, Castejón F, de la Cruz LF, González J, Murillo MD, Salido G, (1995). Fisiología Veterinaria. Madrid, Interamericana McGraw-Hill, 1074 p.

25. Garlinghouse S, (2012). The Horse Caring for the Disciplines, Trail and Endurance. Disponible en: http://www.thehorse.com/articles/29484/caring-for-the-disciplines-part-3-trail-and-endurance. Fecha de consulta: 26/02/2014.

26. Geor RJ (2000), Sports Medicine: Fluids and Electrolytes. Disponible en: http//www.thehorse.com. The Horse interactive. Fecha de consulta: 1/5/2014.

27. Hess TM, Kronfeld DS, Williams CA, Waldron JN, Graham-Thiers PM, Greiwe-Crandell K, Lopes MA, Harris PA, (2005). Effects of oral potassium supplementation on acid-base status and plasma ion concentrations of horses during endurance exercise. Am. J. Vet. Res.10(3):466-473.

28. Hinchcliff K, Kaneps A, Geor R, (2007). Medicina y cirugía en los equinos de deporte, Buenos Aires, Inter-Médica 1584 p.

29. Hodgson DR, Davis RE, McConaghy FF, (1994). Thermoregulation in the horse in response to exercise. Br. Vet. J. 150:219-235.

30. Hodgson DR, Rose RJ, (1994). The Athletic Horse: principles and practice of equine sports medicine. Philadelphia. Saunders, 497 p.

31. Jenkinson DM, (1973). Comparative physiology of sweating. Br, J. Dermatol, 88:397–406.

32. Jones S, (2009), Horseback riding in the dog days. Animal Science e-News University of Arkansas 2: 3-4. Disponible en: http://www.uaex.edu/farm-ranch/animals-forages/docs/ansc%20e-news%20july2009.pdf. Fecha de consulta: 12/12/2013.

33. Jones WE, (1989), Equine sports medicine, Philadelphia. Lea & Febiger, 377 p.

34. Lakritz J, Wisner E, Plopper C, (1997). The respiratory system of the horse: selected aspects of the functional anatomy and cell biology normal equine respiratory system. Dubai International Equine Symposium. p.1-22.

35. Lindinger MI, (2008). Sweating, dehydration and electrolyte supplementation: Challenges for the performance horse. Proceedings of the 4th European Equine Nutrition & Healt Congress, Netherlands, p: 46-56.

36. López JL, (1995). Efecto del entrenamiento sobre el músculo esquelético del equino. Agro-Ciencia, 11(1):71-85.

37. López JL, Serrano A, (1998). Composición fibrilar del músculo gluteus medius en equinos con distinto historial en carreras de resistencia. Arch. Med. Vet. 30(1):115-123.

38. MacDougall JD, Reddan WG, Layton CR, Dempsey JA, (1974). Effects of metabolic hiperthermia on performance during heavy prolonged exercise, Journal of Appl. Phys, 36:538-44.

39. Mackay-Smith M, Cohen M, (1982). Equine Medicine and Surgery. Santa Barbara, American Veterinary Publications, 117 p.

40. Maisonnave MN, Lockhart G, (2012). Uruguay Endurance. Montevideo, Imprimex, 193 p.

41. Marlin DJ, Scott CM, Schroter RC, Harris RC, Harris PA, Roberts CA, Mills PC, (1999). Physiological responses of horses to a treadmill simulated speed and endurance test in high heat and humidity before and after humid heat acclimation. Equine Vet. J. 31(1): 31-42.

42. Martínez R, Scaglione MC, Luneburg C, Hernández E, Araneda O, Gonzáles M, Estrada M, White A, (2001). Cambios sanguíneos y sudorales en equinos sometidos a carreras de resistencia. Av. Ciens. Vet., 16(1-2): 58-67.

43. Mayorga P, (2013). About Endurance FEI. Portal Federación Ecuestre Internacional. Disponible en: http://www.fei.org/fei/disc/endurance/about. Fecha de consulta: 13/12/2013.

44. McCutcheon LJ, (1998). Sweatin, fluid and ions losses and replacement. Vet Clin North Am Equine Pract, 14 (1): 75-95.

45. Melgar LT, (2009) La Enciclopedia del Caballo. Madrid, Libsa, 255 p.

46. Murray RC, Dyson SJ, Tranquille C, Adams V, (2006). Association of type of sport and performance level with anatomical site of orthopaedic injury diagnosis. Equine Vet. J. Supplement, 36: 411-416.

47. Nagy A, Murray JK, Dyson S, (2013). Riders' prediction of results at Fédération Equestre Internationale (FEI) endurance rides and sources of bias in questionnaires completed by riders. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24012242. Fecha de consulta: 13/12/1013.

48. Nagy A, Murray JK, Dyson S, (2010). Elimination from elite endurance rides in nine countries: a preliminary study. Disponible en: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2031289. Fecha de consulta: 13/12/1013.

49. Pilliner S, Davies Z, (2004). Equine Science. 2ª ed, Oxford, Blackwell Publishing, 332 p.

50. Reglamento de Enduro, (2014). Federación Ecuestre Internacional, 9th edition. Disponible en: http://fei.org/sites/default/files/Endurance_Rules-2014-clean_11Nov2013.pdf. Fecha de consulta: 02/02/2014.

51. Reglamento General FEI, (2009). Federación Ecuestre Internacional, 23rd edition. Disponible en: http://fei.org/sites/default/files/GENERAL%20REGULATIONS_New%20Format_CLEAN_15Jan14.pdf. Fecha de consulta: 02/02/2014.

52. Reed SM, Bayly WM, Sellon DC, (2005). Medicina Interna Equina. 2a Ed. Buenos Aires, Inter-Médica, 1840 p.

53. Ridgway K, (2008). American Endurance Ride Conference, The official sanctioning body for Endurance in the USA and Canada. Disponible en: http://www.aerc.org/ENFeb08Ed.asp. Fecha de consulta: 19/11/2013.

54. Robinson NE, (1993). Terapia actual en medicina equina. Michigan, Prensa Veterinaria Argentina, 816 p.

55. Rose RJ, (1986). Endurance exercise in the horse Part I & II. Br. Vet. J.142 (6): 532-552.

56. Skarda RT, Muir WW, Milne DW, Gabel AA, (1976). Effects of training on resting and postexercise ECG in Standardbred horses, using a standardized exercise test. Am. J. Vet. Res. 37 (12): 1485-1488.

57. Snow DH, Kerr MG, Nimmo MA, Abbott EM, (1982). Alterations in blood, sweat, urine and muscle composition during prolonged exercise in the horse. Vet Rec. 110: 377-384.

58. Trigo P, (2010). Fisiopatología del ejercicio en el caballo de resistencia. Tesis doctoral, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, España, 111 p.

59. Vizoso R, (2011). Seminario Ecuestre: El caballo en el Uruguay. Cámara de Representantes, Poder Legislativo, Uruguay; p 36–41.

60. Wehrle LM, Galindo CA, Braga C, Giannoccaro MA, Lacerda JC, (2005). Determinación de un test en cinta de alta velocidad evaluando equinos de enduro. Rev. Med. Vet., 9: 89-93.

61. Williams I, (2013). About Endurance. Portal Federación Ecuestre Internacional. Disponible en http://www.fei.org/fei/disc/endurance/about. Fecha de consulta: 06/11/2013.