UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

COMPARACIÓN PRE Y POST COMPETENCIA DE VARIABLES SANGUINEAS, EN EQUINOS PARTICIPANTES DE RAID FEDERADO SOBRE 90 KM

por

LUBERRIAGA URRUTIA, Cecilia

NUÑEZ TEJEDA, Renzon

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

MODALIDAD: ENSAYO EXPERIMENTAL

MONTEVIDEO

URUGUAY

2022

PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de mesa:

Dr. Juan Pablo Damián

Segundo miembro (tutor):

Dr. Gonzalo Marichal

Tercer miembro:

Dr. Sabrina Castro

Cuarto miembro (co-tutor):

Dr. Gonzalo Suárez

Fecha: 8 de diciembre de 2022

Autores:

Br. Cecilia Luberriaga Urrutia

Br. Renzon Núñez Tejeda

AGRADECIMIENTOS

A los amigos de facultad que forman parte de nuestra vida cotidiana.

A nuestros familiares que nos brindaron apoyo y contención en este largo y hermoso camino.

A los Dres. Gonzalo Suarez y Gonzalo Marichal por las horas de dedicación y el apoyo brindado.

Al personal de la biblioteca que nos ayudó en forma permanente y con gran disposición.

A Facultad de Veterinaria, en especial a los docentes que nos formaron a lo largo de este trayecto.

Federación Ecuestre Uruguaya por permitir realizar el trabajo.

A jinetes, club, médicos veterinarios y colaboradores que participaron en el proyecto.

TABLA DE CONTENIDO **Página**

PÁGINA DE APROBACIÓN..... 2

AGRADECIMIENTOS..... 3

LISTA DE TABLAS..... 5

LISTA DE FIGURAS..... 6

RESUMEN..... 7

SUMMARY..... 8

1. INTRODUCCIÓN..... 9

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... 10
2.1. Agua Corporal……. 10
2.2. Electrolíticos…… 10
2.2.1. Sodio…….. 10
2.2.2. Potasio…… 11
2.2.3. Cloro…… 11
2.2.4. Calcio…….. 11
2.3. Pérdidas de electrolitos……12
2.4. Proteínas plasmáticas y hematocrito……12
2.5. Equilibrio Ácido base…… 12
2.6. Síndrome del equino exhausto……...13
2.7. Aleteo diafragmático sincrónico…… 14

3. HIPÓTESIS..... 15

4. OBJETIVOS.....15
4.1. Objetivo general.....15
4.2. Objetivos particulares.....15

5. MATERIALES Y MÉTODOS.....16
5.1. Competencias, animales, datos clínicos……..16
5.2. Examen clínico, muestreo sanguíneo, determinación hematológica…….. 16
5.3. Análisis estadístico…… 17

6. RESULTADOS Y DISCUSION……...18
6.1. Hematocrito y proteína totales…… 18
6.2. Valores electrolíticos K^+, Na^+, Cl^-, iCa^{++}, tCa^{++}…….. 21

7. CONCLUSIONES..... 29

8. REFERENCIAS BIBLOGRAFICAS..... 30

9. ANEXOS…… 34
9.1 Resultados estadísticos…… 34

LISTA DE TABLAS **Página**

Tabla 1. Composición de electrolitos (mEq) más importantes en plasma y sudor equino. (Carlson y col. 1976).....10

Tabla 2. Valores de hematocrito y proteínas totales de las muestras sanguíneas 1 y 3, equinos de raid de 90 km ……... 19

Tabla 3. Valores de Potasio en muestra 1 y 3, equinos de Raid sobre 90 km……. 21

Tabla 4. Muestras sanguíneas de Sodio 1 y 3, equinos de Raid sobre 90 km.....…. 22

Tabla 5. Muestras sanguíneas de Cloro 1 y 3, equinos de Raid sobre 90 km…….. 24

Tabla 6. Muestras sanguíneas 1 y 3 de Calcio iónico y total, equinos de Raid sobre 90 km……... 25

Tabla 7. Muestra sanguínea ácido base 1 y 3, equinos de Raid sobre 90 km…… 28

LISTA DE FIGURAS **Página**

Figura 1. Hematocrito individual por Raid, muestras 1 y 3, acorde al índice de confort…… 20

Figura 2. Proteínas totales individual por Raid, en las muestras 1 y 3, acorde al índice de confort…… 20

Figura 3. Potasio en muestras 1 y 3, individual por Raid, acorde a los diferente índice de confort…… 21

Figura 4. Valores de sodio sobre las muestras 1 y 3, individual por Raid, acorde a índice de confort…… 23

Figura 5: Cloro Vs Muestras 1 y 3, individual por Raid, acorde al índice de confort……24

Figura 6. Calcio iónico Vs Muestras 1 y 3, individual por Raid, acorde al índice de confort……... 26

Figura 7. Calcio total Vs Muestras 1 y 3, individual por Raid, acorde al índice de confort…… 27

Figura 8. pH Vs Muestras 1 y 3, individual por Raid, acorde al índice de confort…… 28

RESUMEN

El RAID es un tipo de deporte ecuestre de resistencia que se practica exclusivamente en Uruguay desde 1944. La mayoría de los estudios de medio interno en equinos en pruebas de resistencia, se basan en las carreras de *Endurance*, que se practican a nivel mundial. Se ha visto en los competidores que las mayores alteraciones son a nivel locomotoras y metabólicas; dentro de esta las más frecuentes son las alteraciones electrolíticas y ácido-base; por lo que uno de los motivos de esta tesis es investigar justamente como se presentan los equinos antes de competir y cómo finalizan al alta de la competencia. El objetivo de este trabajo, es evaluar la variabilidad hidroelectrolítica y hemática pre competencia (sábado) y pos competencia al momento de obtener el alta en equinos participantes de Raid de 90 km. De un total de aproximadamente 900 caballos de todas las competencias, se seleccionaron caballos (n = 276) de 34 RAID que compitieron en la distancia de 90 km y finalizaron. Previo al inicio de la competencia y al finalizar la misma se realizó un examen clínico y la toma de muestras sanguíneas. En el hospital fueron asistidos por médico veterinario actuante, hasta que normalizarán sus parámetros cardiorespiratorios y digestivos. De las muestras de sangre evaluaron individualmente de forma pareada (muestra 1 precompetencia y muestra 3 poscompentencia) los perfiles electrolitos (Na^+, K^+, Cl^-, tCa^{++} e iCa^{++}), el hematocrito (Ht), las proteínas plasmáticas totales (PPT) y el pH sanguíneo de equinos competidores de RAID Conjuntamente se determinó el Índice de confort (IC: Bajo, Moderado y Alto) de acuerdo a las variables meteorológicas. En cuanto a Ht y PPT se visualizó diferencias significativas entre la muestra 1 y 3 ($p<0.05$), ubicándose en el rango de valores de referencia). Para Na^+, Cl^-, iCa^{++}, tCa^{++}, K^+ y pH los valores también se ubicaron dentro de los rangos de referencia, sin diferencias significativas entre ambos momentos. Los índices de confort (IC) no fueron una variable significativa explicativa para ninguno de las comparaciones realizadas. Los resultados del presente estudio afirman que los criterios médicos posterior a la competencia responde favorablemente a los potenciales disbalances hidroelectrolíticos en equinos de competencia en Raid.

SUMMARY

"Raid" is a type of endurance equestrian sport that has been practiced exclusively in Uruguay since 1944. Most studies on equine internal environment have been done based on Endurance races, which are practiced worldwide. It is well known that the greatest alterations seen on this athletes are at a locomotor and metabolic level; being electrolytic and acid-base alterations the most frequently seen. Therefore, one of the reasons for this study is to investigate the impact of this alterations both before and after the race. The objective of this work is to evaluate the hydro-electrolytic and hematic variability pre-competition (Saturday) and post-competition in horses participating in the 90 km Raid. 900 horses were included in this study were 276 were selected from 34 races that competed over the 90 km distance and finished. Prior to the start of the competition and at the end of it, a clinical examination and blood sampling were performed. After the race, they were assisted by an acting veterinarian until the cardiorespiratory and digestive parameters were between the normal range. From the blood samples taken (sample 1 and sample 3); electrolyte profiles (Na^+, K^+, Cl^-, tCa++ and iCa++), hematocrit (Ht), total plasma proteins (PPT) and blood pH was performed. Also the Comfort Index (CI: Low, Moderate and High) was determined according to the meteorological variables. Regarding Ht and PPT, no significant differences were observed between sample 1 and 3 ($p<0.05$), being within the range of reference). For Na^+, Cl-, iCa++, tCa++, K^+ and pH, the values were also within the reference ranges, without significant differences between both moments. Comfort index was not a significant variable for any of the comparisons made. The results of the present study affirm that the therapy applied after the competition responds favorably to the potential hydroelectrolytic imbalances in horses competing in Raid.

1. INTRODUCCIÓN

> Según la FEU (Federación Ecuestre Uruguaya, 2020) el Raid Hípico, las marchas de fondo a caballo en cualquier terreno, individual o por equipo, de una o varias jornadas, como las ya impuestas entre nosotros desde hace años y que podrían tener similitud con las largas y rápidas incursiones que otrora fueran privilegio de nuestras caballerías. Son justas deportivas tendientes a valorar las actuaciones de jinetes y caballos que como en ningún otro aspecto de la actividad ecuestre contribuye a mantener la tradición y a revivir épicas jornadas de nuestra Historia.

El Raid Hípico se desarrolla en todo el territorio nacional (Uruguay), de marzo a noviembre sobre distancias de 60 a 115 km, separándose en pruebas cortas y largas; regido por la Federación Ecuestre Uruguaya. En el presente trabajo son evaluados los equinos que compitieron pruebas largas, sobre distancia de 90 km y que finalizaron el recorrido, no discriminando sexo, edad o raza. La rutina para este tipo de competencias comienza el día previo, evaluando a los equinos por veterinarios FEU, los mismos deben realizar examen locomotor y metabólico (pliegue cutáneo, motilidad intestinal, frecuencia cardiaca y respiratoria) clasificando los equinos en aptos para la carrera. El binomio transita 2⁄3 de recorrido establecido en la primera etapa, para luego completar la neutralización, estación donde los equinos después de 20 minutos de arribados son evaluados nuevamente por veterinarios FEU, los cuales realizan prueba de trote y examen metabólico, siendo estas eliminatorias; 40 minutos después aquellos equinos aptos completan el ⅓ restante. Siendo el ganador quien cruce la meta y cumpla con los demás requisitos sanitarios posteriores a la prueba (entre ellos el control antidoping).

Todos los equinos que hayan finalizado o no la competencia, son llevados a una zona denominada hospital donde el médico tratante indica la reposición de electrolitos hasta que considere al equino clínicamente estable. A medida que se realiza fluidoterapia, se le extrae muestras de sangre por vena yugular en forma aséptica, la cual es enviada al laboratorio ambulante FEU, éste reporta resultados de proteínas totales (PPT) y hematocrito (Ht), siendo estos unos de los criterios para dar el alta en los equinos del hospital. Aquellos que recuperan los parámetros similares a los tomados el día sábado (previo a la competencia), tengan parámetros clínicos próximos a la normalidad y aprueben un examen objetivo general, obtendrán el alta médica.

En la actualidad existe información sobre las competencias de *endurance*, pero poca sobre RAID, ya que es un deporte que es practicado solamente en Uruguay. En el *endurance* se conoce que entre el 20 y 70% de los participantes no culmina la carrera por diversos motivos: cojeras 40-70%, trastornos metabólicos 5- 40%, y abandonos o retiradas 10-50%. (Rose, 1986)

El ejercicio de resistencia conduce agotamiento muscular y producción de calor, solo el 20 a 25% de la energía liberada es utilizada por las fibras musculares, dando como resultado aumento de la temperatura en el cuerpo del atleta equino. Por lo tanto, debe eliminarlo hacia el exterior, utilizando tres vías: respiratoria, renal y aumento de temperatura en la piel, la cual es eliminada en su mayor parte por evaporación, pero también lo hace mínimamente por radiación y convección. La sudoración provoca pérdida considerable de líquidos y electrolitos, dentro de ellos potasio (K^+), calcio (Ca^{++}) y cloruro sérico (Cl^-). Durante el ejercicio para mantener el equilibrio ácido base, el bicarbonato es retenido a nivel renal, lo que resulta una alcalosis metabólica

hipoclorémica, siendo eliminado por el sistema renal una orina ácida, para compensar la alcalosis metabólica se activa primordialmente el sistema respiratorio, el cual paradójicamente acentúa aún más la alcalosis (Foreman, 1998).

Dado que es una prueba muy exigente para los equinos, se quiere estudiar si el equino al abandonar el hospital recupera sus valores iniciales de electrolitos y pH, para ello se tomó una muestra de sangre el día previo y luego de ser tratado clínicamente en el hospital, con el objetivo de comparar dichas muestras.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Agua corporal

El agua corporal que contiene un animal es de 60 a 70% de su peso vivo. El compartimiento extracelular se compone de aproximadamente un tercio del agua corporal, formado por plasma, líquido intersticial, líquido linfático y líquido transcelular, siendo este compartimiento rico en iones como sodio (Na^+) y Cl^-. El líquido gastrointestinal (transcelular) designa una reserva de 10% del agua corporal total, se hace mención porque cumple un papel importante en la reposición de volumen plasmático y electrolitos, durante la carrera. Los dos tercios restantes de agua corporal se encuentran en el compartimiento intracelular, predominando el K+. En las pruebas de largo aliento se estima que pierden 15% de agua corporal aproximadamente, afectando el balance de los compartimentos (Flaminio y Rush, 1998).

2.2. Electrolitos:

Son partículas cargadas eléctricamente y no sólo son simples acumulaciones inertes de sal suspendidas en un medio acuoso, sino que son sustancias indispensables para las reacciones enzimáticas, la conducción nerviosa, el mantenimiento del potencial de membrana celular, contracción y relajación muscular; por eso juegan un papel importante y comúnmente controlador de eventos físicos y metabólicos asociados con el ejercicio (Carlson y Masnmann, 1988).

Tabla 1. Composición de electrolitos (mEq/l) en plasma y sudor equino (Carlson, Ocen y Harrold, 1976). *Clinicopathological alterations in normal and exhausted endurance horses.Theriogenology* 6 (2-3), 93-104).

Electrolito	Na^+	k^+	Cl^-	Ca^{++}	Mg^{++}
Plasma	140	4	100	6.0	1.8
Sudor	132	53	174	6.2	4.6

(Carlson, Ocen y Harrold, 1976).

2.2.1. Sodio

En equinos que realizan deporte de resistencia, la principal alteración en el Na^+ es la hiponatremia (Corley y Marr, 1998). El Na^+ es el principal catión del líquido extracelular

(LEC). Éste se bombea del LEC para el intercambio con el K^+ que entra intracelular. El transporte del Na^+ es electrogénico, lo cual genera un potencial que ayuda al movimiento del K^+ al interior de la célula y hacia el lumen tubular (Cogan, 1997). El descenso de la natremia causa pérdida de la sensación de sed (Goudie, Tunstall-Pedoe y Derins, 2005).

Aunque se sabe que la concentración de Na^+ eliminada por sudoración es menor que la plasmática, a medida que el animal ingiere agua, se produce un efecto de dilución sobre los electrolitos plasmáticos. Por la cual, se pueden observar patologías por la combinación de: hiponatremia, hipocalemia, hipocloremia, hipocalcemia e hipomagnesemia (Goudie et al., 2005).

2.2.2. Potasio

El K^+ es el segundo catión más abundante del organismo y el principal catión en el líquido intracelular. La distribución de K^+ entre los espacios interno y externo de las células es determinante para el potencial eléctrico de la membrana celular, afectando la excitación y contracción en las células neuromusculares. Contribuye a la regulación de la presión osmótica y el equilibrio ácido básico. La secreción de la aldosterona por parte de la corteza adrenal es sensible a la concentración del potasio del LEC, es decir que un pequeño aumento de la concentración de K^+ provoca un gran aumento de la secreción de aldosterona (Cogan, 1997).

El K^+ generalmente aumenta inmediatamente después del esfuerzo, luego disminuye en las siguientes horas, junto al aumento de glucosa y la recuperación de fluidos. Las pérdidas se adicionan con el estrés, por aumentar su concentración en sudor y en orina. Su concentración sérica interviene en un mecanismo de vasodilatación importante para mantener la perfusión muscular durante el ejercicio, concomitante con la isquemia muscular y la rabdomiólisis. Las concentraciones menores de K^+ se han correlacionado con una regulación negativa de la bomba Na^+/K^+ en el músculo esquelético, alterando el potencial de membrana y la excitabilidad muscular. A su vez, la alcalosis tiene un reflejo en la hipocalemia. Ambas entidades se relacionan con incrementos en la frecuencia cardíaca e íleo (Foreman, 1998).

2.2.3. Cloro

El Cl^- es el principal acoplador aniónico del Na^+. La ingestión y a su vez la absorción, distribución y manejo renal del Cl^- son similares a los del Na^+. La concentración de Cl^- se atribuye secundariamente a la regulación de Na^+ y bicarbonato ($HCO3^-$). Por su parte si se excreta demasiado Na^+ por el riñón, es acompañado por el Cl^-. En una alcalosis al aumentar el bicarbonato, el Cl^- se elimina en mayor cantidad para intentar equilibrar la neutralidad del LEC (Cogan, 1997).

2.2.4. Calcio

Con respecto al Ca^{++} plasmático se encuentra aproximadamente un 50% ionizado, del cual un 45 % está unido principalmente a la albúmina, por tanto, queda un 5% disponible para su rápida utilización. En las contracciones musculares excesivas hay un desplazamiento de este ion hacia el espacio intracelular de la fibra muscular causando así una hipocalcemia, debido a la homeorresis (Geisser et al, 1995). A su vez el Ca^{++} se pierde en el sudor del equino, acentuándose en caballos de resistencia (Rose, 1986). La hipocalcemia está asociada principalmente con arritmias, pero cuando hay una baja en los electrolitos Magnesio (Mg^{++}) y Ca^{++}, esto se atribuye a patologías musculares (Foreman, Benson y Foreman, 2006).

2.3. Pérdidas de electrolitos

El sudor del equino es hipertónico comparado a la osmolaridad del plasma, contiene iones con altas concentraciones como K^+, Na^+, Cl^- y niveles bajos de Ca^{++}, Mg^{++} y fósforo (P). El ejercicio de larga duración provoca pérdidas de varios electrolitos, el Na^+ determina la osmolaridad plasmática, por ende, evidencia la concentración de agua intracelular como extracelular (Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, 1994).

Los equinos de resistencia realizan un ejercicio de velocidad moderada, a largo plazo, aumentando su tasa metabólica de 10 a 20 veces. La energía producida por el ejercicio debe eliminarse en forma de calor, siendo disipado principalmente por la evaporación a través del sudor, seguido por el mecanismo respiratorio. El caballo en carrera puede perder grandes contenidos de agua y electrolitos, la deshidratación y la anhidrosis afectan la termorregulación. Otros factores que influyen en la sudoración es la temperatura ambiente y la humedad, cuando estas son elevadas el mecanismo de evaporación se reduce, pero la sudoración aumenta, alterando así la disipación del mismo hacia el exterior y como consecuencia se eleva la pérdida de electrolitos y agua (Flaminio y Rush, 1998).

Como mecanismo de respuesta a la deshidratación que se produce en carreras prolongadas, el sistema renal reabsorbe Na^+ a cambio de iones de K^+ e Hidrogeniones (H^+), provocando pérdida de la homeostasis, produciendo falla en el sistema circulatorio, responsable del aumento tiempo en el llenado de capilar y del ritmo cardiaco. Por otra parte, los altos niveles de cortisol que provoca el estrés de la carrera generan pérdidas de K^+ en sudor y orina. Otro ion involucrado en el sudor es el Cl^-, el sistema renal también participa para reabsorberlo, cuando las concentraciones de Cl^- disminuyen, se absorben iones de bicarbonato para mantener el equilibrio iónico y que no aumente la brecha aniónica. A su vez también se produce hipocalcemia e hipomagnesemia ya que se pierden en el sudor (Robert, 2014).

2.4. Proteínas plasmáticas y hematocrito

Los caballos entrenados para resistencia tienden a un Ht más bajo en comparación con los caballos de carreras cortas y rápidas. Por ende, disponen de más plasma. Esto permite una mejor función circulatoria y mayor facilidad de perder calor. Por otro lado, cuando los equinos están en carrera, pierden agua y electrolitos, esto lleva a que se concentren las PPT y aumente la viscosidad de la sangre debido a la hemoconcentración, generando una perfusión tisular inadecuada y transporte

deficiente de oxígeno; relacionado con el déficit de Na^+. Dichas pérdidas son dependientes del calor y humedad ambiente (Flaminio y Rush, 1998; Hogdson et al., 1993; Rose, 1986).

2.5. Equilibrio Acido base

En los equinos, luego de exponerse a un ejercicio de alta intensidad, las disminuciones de pH, están principalmente basadas con los metabolitos del metabolismo anaerobio. Por el contrario, cuando hay un aumento de pH, lo cual es más común en ejercicio de resistencia, relacionados con los altos volúmenes de sudor que el animal elimina, al perderse grandes cantidades de cloruro en el mismo, esto conduce a la alcalosis metabólica hipoclorémica (Constable, 1997; Lindinger, 2004). Sinérgicamente se ocasiona una alcalosis respiratoria debido a sus mecanismos de termorregulación. Su génesis es debido a que se retiene bicarbonato a nivel renal no estando disponible el K^+, por lo tanto, no puede ser intercambiado con el Na^+ (Robert, 2014).

La alcalosis metabólica asociada con la depleción de los electrolitos presentes en el sudor, puede afectar los potenciales de membrana y la transmisión neuromuscular contribuyendo al estasis gastrointestinal, arritmias cardíacas, calambres musculares, y aleteo diafragmático sincrónico (Harris y Mayhew, 1998).

2.6. Síndrome del equino exhausto

Es un complejo etiológico que abarca pérdidas de fluidos y electrolitos, desequilibrio ácido base, trastornos en la termorregulación y depleción de sustratos energéticos (Boffi, 2006). El medio ambiente: calor y humedad, aumentan la incidencia de este agotamiento equino (Robert, 2014).

Las modificaciones electrolíticas condicionan mecanismos como la sed, contractilidad muscular y la trasmisión nerviosa (Geor, McCutcheon, Ecker y Lindinger, 2000).

Cualquier equino es pasible de sufrir este síndrome, corriendo mayor riesgo aquellos caballos que no están en una forma adecuada para la competencia. Por ejemplo, una claudicación inaparente, puede contribuir a este síndrome, dado a la exigencia de los grupos musculares, acentuando una sobreexigencia, lo cual lleva a mayores contracciones musculares (Foreman, 1998).

La tasa metabólica del equino es de 25% aproximadamente (Kleiber, 1975), solo dicho tercio se transforma en energía cinética y el resto debe eliminarse como calor, generando que el equino de resistencia esté expuesto a desbalances metabólicos dependiendo de la intensidad de la prueba, recurriendo a la refrigeración evaporativa por la sudoración, como único medio eficaz para eliminar el calor (Muriel, 2014).

La deshidratación provoca grandes pérdidas de líquido y electrolitos a través del sudor. Los electrolitos séricos más importantes están disminuidos, incluidos K+, Cl-, calcio total (tCa^{++}) e ionizado (iCa^{++}), Mg^{++} y Na^+ (Foreman, 1998). La sumatoria de pérdida de iones más los trastornos de la conducción nerviosa, se altera la motilidad y tránsito en las diferentes partes del tracto gastrointestinal, predisponiendo a cólicos y diarrea (Nieto et al, 2004).

Baja la irrigación del tracto gastrointestinal; disminuyendo la posibilidad de absorción de agua, electrolitos y energía, lo que predispone aún más la demora en las posibilidades de recuperación (Flaminio y Rush, 1998). La deshidratación presentada por toda la pérdida en el sudor puede provocar a nivel laminar coriónico isquemia regional, pudiendo producir laminitis o infosura. Además, esto se favorece por las constantes concusiones en suelo duro. Cuando el grado de deshidratación es muy alto, se pueden alterar los flujos renales y/o hepáticos, predisponiendo disfunción de estos órganos, que en caso de ser prolongada, puede conllevar a la muerte del caballo (Fowler 1980).

El pronóstico es favorable con el diagnóstico y tratamiento precoz debiéndose dirigir principalmente al agotamiento, desbalance hidroelectrolítico, shock hipovolémico, potencialmente laminitis e insuficiencia renal (Acosta, 1995).

2.7. Aleteo diafragmático sincrónico

El aleteo diafragmático sincrónico es una expresión clínica de alteraciones hidroelectrolíticas intensas, que trastornan el potencial de reposo del nervio frénico, provocando hiperexcitabilidad del nervio a su paso por la aurícula, de modo que el diafragma se contrae de forma simultánea a la despolarización auricular (José-Cunilleras, 2004).

La manifestación clínica es debido a la alcalosis metabólica, aumentando la fracción del Ca^{++} ligada a proteínas y decreciendo la fracción iónica. La hipocalcemia iónica es responsable de la irritabilidad neuromuscular, reduciendo el umbral, generando la despolarización y la conducción nerviosa. Además, las alteraciones entre las concentraciones de K^{+} intra y extracelular modifica la excitabilidad celular. La hipocalcemia hiperpolariza la membrana celular, de modo que la irritabilidad neuromuscular disminuye, mientras que la depleción intracelular de K^{+} aumenta el potencial de acción, haciendo a las células más excitables (Rose, 1986).

Además, vemos otros síntomas en suma a la deshidratación y alteraciones hidroelectrolíticas, como depresión, membranas mucosas secas y/o congestionadas, tiempo de llenado capilar aumentado, pulso arterial débil y persistencia de la taquicardia y taquipnea después del ejercicio. Igualmente, a esta sintomatología, algunos caballos pueden mostrar flutter diafragmático sincrónico con escasos síntomas de extenuación (Mansmann, Carlson, White y Milne, 1974; José-Cunilleras, 2004). Las alteraciones de laboratorios descritas en caballos de raid con aleteo diafragmático sincrónico son hipocalemia, hipocloremia y alcalosis (Mansmann et al., 1974).

3. HIPÓTESIS

La terapéutica aplicada a equinos que finalizaron la competencia de RAID de 90 km resulta satisfactoria y adecuada para recomponer los rangos normales del perfil sanguíneo hidroelectrolítico y ácido-base en equinos deportivos.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Comparar los valores sanguíneos de electrolitos y ácido-base, previo al inicio y posterior al alta de la competencia de equinos que participan en RAID recorriendo distancias de 90 kilómetros.

4.2 Objetivos específicos

1) Determinar la variación en los valores de hematocrito y proteínas plasmáticas totales y la incidencia del índice de confort en equinos que reciben el alta médica posterior a la competencia, determinando la dispersión de los valores dentro de los rangos de referencia para la especie.

2) Determinar si la relación Na^+ y K^+ está afectada cuando los equinos son dados de alta con distintos índices de confort.

3) Determinar si la relación Ca^{++}, Cl^- y el pH presentan modificaciones con respecto a la primera muestra, cuando los equinos son dados de alta, con respecto al índice de confort.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Competencias, animales, datos climáticos

A partir del estudio original reportado por Marichal, 2021 en donde se analizaron 900 equinos en competencia FEU, efectuadas de marzo a noviembre, transcurrido en el año 2012, sobre distancias de 80 a 115 km, decidimos realizar nuestra tesis.

En el estudio original aprobado por la Comisión Ética en Uso de Animales (número de protocolo 111400-000124-12), se obtuvieron muestras sanguíneas en el territorio nacional uruguayo, en diferentes localidades decretadas por la Federación. Específicamente, se obtuvieron 3 diferentes muestras; la primera: pre competencia (sábado), la segunda: abandono en la primera etapa, campo de neutralización (culminada la primera etapa), si el equino no fue autorizado a completar el recorrido cualquiera sea su causa o retiro, abandonó en la segunda etapa, cuando el equino completó el recorrido y previo al inicio del tratamiento médico; la tercera: al recibir el alta médica, luego de recibir el tratamiento (Hernández y Marichal, 2012).

Para este estudio se consideraron únicamente la primera y tercera muestra de equinos que compitieron en las pruebas largas sobre 90 Km y de los cuales lograron finalizar el recorrido, siendo un total de 276 equinos en 34 raids.

De la población de equinos que participaron, no se identificó la variabilidad debida a factores intrínsecos (sexo, temperamento, manejo, razas, estado del animal, entre otros). No obstante, todos compitieron en igualdad de condiciones en las diferentes pistas a lo largo del país, las cuales presentan variabilidad geográfica (curvas, repechos, bajada, entre otras características).

Los raids se disputan sobre diferentes estaciones climáticas (otoño, invierno, primavera), estableciendo criterios para la caracterización de los índices de confort (IC), que se presentó en el día la competencia (se clasifican en: IC Bajo < 130; IC Moderado 130-150, IC Alto > 150) (Marichal, 2021).

5.2 Examen clínico, muestreo sanguíneo y determinación hematológica

El día previo de la competencia los equinos son examinados por veterinarios, los cuales autorizan a competir aquellos caballos que cumplan con las condiciones sanitarias exigidas por la FEU y que estén en óptimas condiciones, para esto se evalúa frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, tiempo de llenado capilar, estado de hidratación (pliegue cutáneo), mucosas, tabla dentaria permanente o pedigree que certifique 5 años de edad mínima, motilidad abdominal y examen locomotor; además se obtiene muestra de sangre de vena yugular en forma aséptica con jeringas y agujas (21G) descartables. El laboratorio Veterinario Oficial examina Ht y PPT. A su vez, de la misma muestra de sangre se obtiene una alícuota para acondicionar en un tubo con acelerador de la coagulación, para la obtención de suero, este es refrigerado para ser enviado al Laboratorio de Análisis Clínicos del Hospital Veterinario de la FVet/UDELAR, con el fin de poder analizar los valores electrolitos Na^{+}, k^{+}, Cl^{-}, iCa^{++}, tCa^{++} y pH. Los resultados obtenidos son denominados: primera muestra.

El domingo, una vez completado el recorrido el equino es enviado al hospital, predio delimitado que se ubica cerca de la finalización de la competencia, donde se encuentra el equipo médico oficial. El objetivo de este, es estabilizar a los equinos para poder recuperar los fluidos perdidos principalmente por el sudor, durante la competencia; los mismos son sometidos a una fluidoterapia y reposición de electrolitos, a demanda, es decir que una vez que clínicamente el caballo es estabilizado, recupera la motilidad intestinal, frecuencia cardiaca y respiratoria, tiempo de llenado capilar y el pliegue cutáneo se detiene la hidratación, obteniendo así la alta médica. En este momento se obtiene otra muestra de sangre (tercera muestra), con el mismo procedimiento anteriormente mencionado, siendo el envío de ambas muestras 1 y 3 al laboratorio de análisis clínico del hospital veterinario de la Fvet/UDELAR.

Surgen algunas diferencias en el “n” de los equinos, ya que no todos presentaban muestra 1 o muestra 3, a su vez no todos los equinos poseían la totalidad de los electrolitos analizar, por diferentes motivos como los pre analíticos, analíticos y pos analíticos. Al utilizar un test pareado se necesita que cada caballo cuente con todas las variables completas para poder comparar. Por tanto, si no cumple este requisito algunos caballos fueron retirados del estudio.

5.3. Análisis estadístico

Los datos fueron representados descriptivamente en su media, desvío estándar, mediana e intervalo intercuartil, máximo y mínimo de referencia. Las diferencias entre las muestras 1 y 3 se evaluaron mediante un diseño pareado aplicando un análisis de modelos mixtos. Se consideró como variables fijas el índice de confort y el momento de toma de muestra, cada uno de los valores hidroelectrolíticos y hemáticos individualmente. Como variables aleatorias se determinó el índice de confort y el raid con el individuo anidado al raid. Todos los modelos fueron evaluados de acuerdo a la verificación de supuestos. Se utilizó el programa R (Versión 4.1.2) y los paquetes complementarios para su visualización (R Core Team, 2022; RStudio Team, 2022). Se consideró una significancia estadística con un alfa<0.05.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

En el presente ensayo experimental se evaluaron muestras pareadas de 276 equinos que compitieron en pruebas largas de 90 km (RAIDS) y lograron finalizar el trayecto.

6.1. Hematocrito y proteínas totales

En la tabla 2 se observa las variables de Ht y PPT en las muestras 1 y 3. Los resultados indican un incremento en los valores al finalizar la competencia con respecto a los valores primarios previa al inicio de la actividad ($p<0.05$). No obstante, de acuerdo a los valores reportados de rangos para la especie, los valores se encuentran dentro del valor promedio para el equino deportivo en esta actividad (Hematocrito: mínimo 28.0% máximo 64%; Proteína totales: mínimo 5.60g/dL máximo 7.60g/dL) (Marichal, 2021). Los resultados podrían explicarse, ya que los veterinarios FEU consideran primarios los valores para elevar el alta médica a los equinos.

El aumento de Ht y PPT podría ser explicado por la hemoconcentración, debido a los niveles de deshidratación elevados principalmente por causa del sudor. (Hogdson et al., 1993).

Las pruebas de resistencia desencadenan una elevación del Ht correspondiente al grado de deshidratación del caballo. El raid es un ejercicio de alta intensidad, de modo que no precisa una esplenocontracción total, con liberación intensa de eritrocitos hacia la circulación periférica (Muñoz et al., 2006).

El organismo se adapta de diversas maneras con respecto a la exigencia física, principalmente ya que necesita preservar un nivel de homeostasis, sin que dicha exigencia cause daños importantes a nivel orgánico o sistémico. Entonces la respuesta va a estar relacionada con el tipo de ejercicio y a su vez por el tiempo del mismo (Bonilla, 2005).

Tabla 2. Valores de hematocrito y proteínas totales de las muestras sanguíneas 1 y 3, equinos de Raid de 90 km.

		Muestra Sanguínea	
Variable	N	Muestra 1, N = 276	Muestra 3, N = 276
Hematocrito	552		
Media (SD)		39 (4)[a]	43 (5)[b]
Mediana (IQR)		39 (36, 41)	43 (40, 45)
Mínimo: Máximo		29 : 52	33 : 58
Proteínas totales	552		
Media (SD)		6,77 (0,39)	6.53 (0,60)
Mediana (IQR)		6,80 (6,50, 7,00)	6.50 (6,00 6,90)
Mínimo: Máximo		5,90 : 7.60	5,00 : 9,00

SD: desvío estándar; IQR: Intervalo interquartil. min: mínimo; máx: máximo (Diferentes letras para una misma variable entre muestras difieren con un un $p<0.05$)

El comportamiento del Ht y PPT en interacción con el IC, vemos variaciones pronunciadas, el 90% de las muestras se encuentran en el intervalo de confianza, aunque se destaca que la muestra 3 se observa más dispersión que la muestra 1. Los indicadores de confort no representan una significancia para los valores alcanzados (ver anexo). En la muestra 1 se visualiza como algunos caballos previo al inicio de la competencia se encontraban alejados del rango IQR de la población, con niveles de Ht y PPT mayor al intervalo interquartil (Figura 1 y 2).

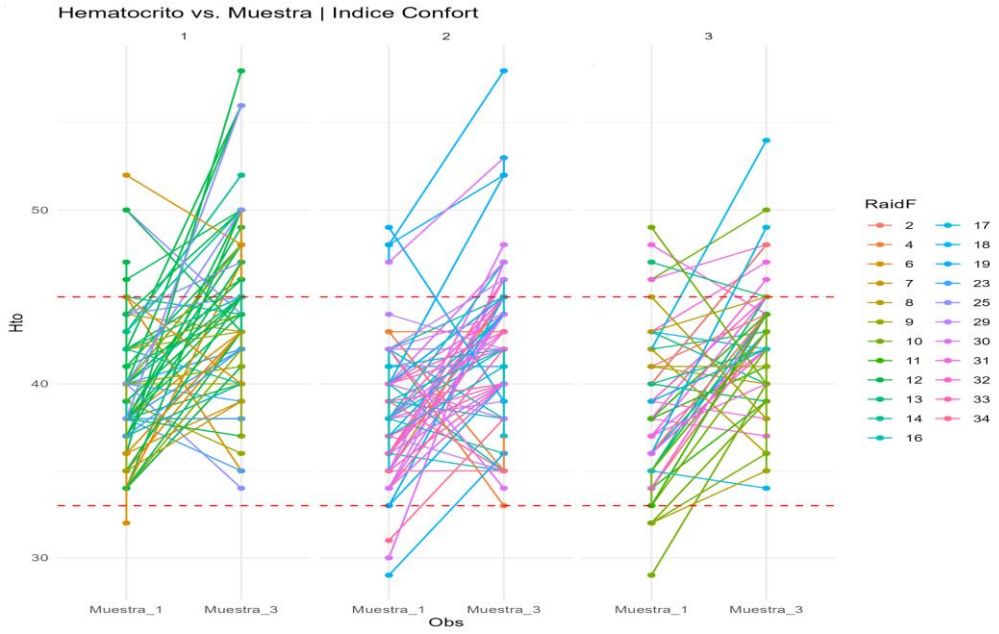

Figura 1. Hematocrito individual por Raid, muestras 1 y 3, acorde al índice de confort.
(Los distintos colores representan a cada raid, las línea continua representa el valor previo y posterior de un mismo caballo, las linea discontinuas rojas significan el 5 y 95% de los valores normales para el equino en la instancia deportiva, los numero 1, 2 y 3 que están en la parte superior representan los índices de confort).

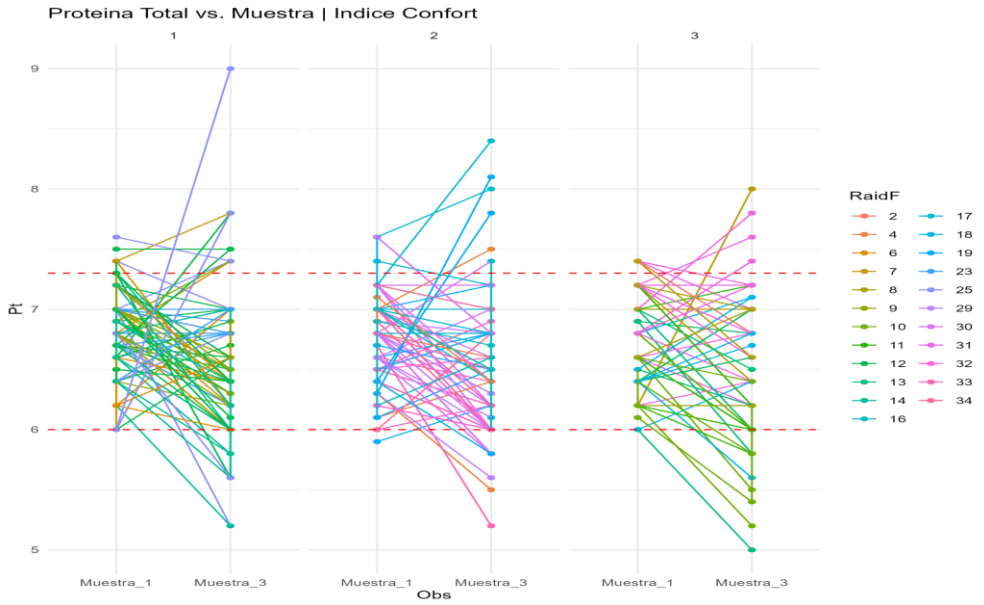

Figura 2. Proteínas totales individual por Raid, en las muestras 1 y 3, acorde a Índice de confort**.**
(Los distintos colores representan a cada raid, las línea continua representa el valor previo y posterior de un mismo caballo, las linea discontinuas rojas significan el 5 y 95% de los valores normales para el equino en la instancia deportiva, los numero 1, 2 y 3 que están en la parte superior representan los índices de confort).

6.2. Valores electrolíticos K^+, Na^+, Cl^-, iCa^{++}, tCa^{++}

Tabla 3. Valores de Potasio en muestra 1 y 3, equinos de Raid sobre 90 km.

		Muestra Sanguínea	
Variable	N	Muestra 1, N = 276	Muestra 3, N = 276
K+	552		
Media (SD)		4,02 (0,57)	3,92 (0,99)
Mediana (IQR)		4,00 (3,60 4,40)	3,71 (3,26 4,28)
Mínimo : Máximo		2,60 : 5,70	2,44 : 8,21

SD: desvío estándar; IQR: Intervalo interquartil. min: mínimo; máx: máximo

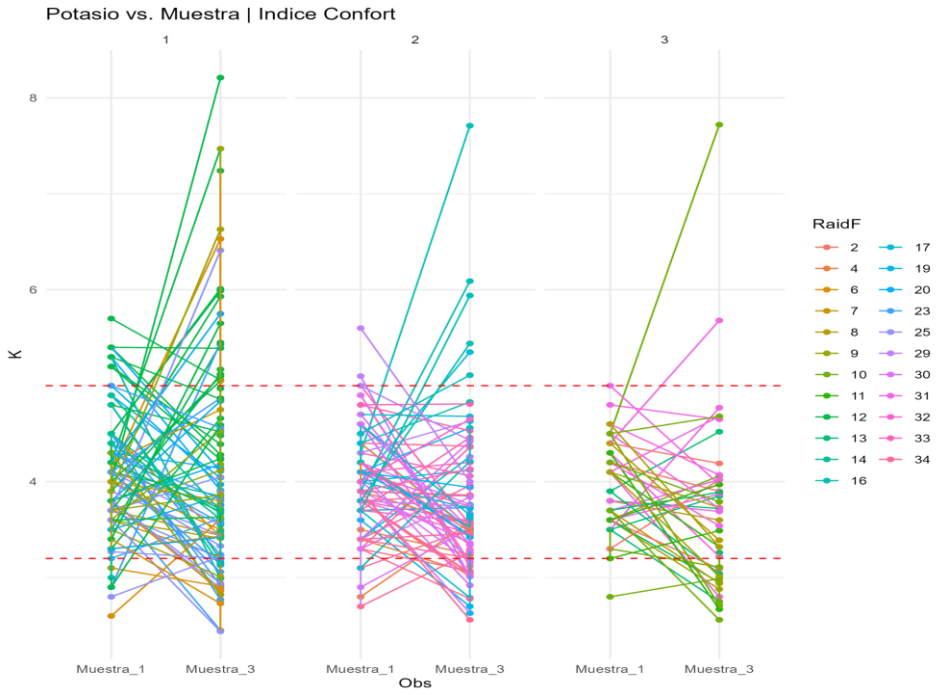

Figura 3. Potasio en muestras 1 y 3, individual por Raid, acorde a los diferentes índice de confort.
(Los distintos colores representan a cada raid, las línea continua representa el valor previo y posterior de un mismo caballo, las linea discontinuas rojas significan el 5 y 95% de los valores normales para el equino en la instancia deportiva, los numero 1, 2 y 3 que están en la parte superior representan los índices de confort).

Las concentraciones de K^+ no se vieron afectadas en la muestra 3 ($p>0.05$). Manteniéndose en los valores de referencia: K^+ mínimo 2.60mmol/L, máximo 7.30mmol/L (Marichal, 2021). Se comporta de igual manera si comparamos concentraciones de potasio pre competencia y post competencia con los diferentes índices de confort (Figura 3).

Varios autores refieren sobre este suceso, ya que en este tipo de competencias está descrita una hipopotasemia durante la prueba (Barton, Williamson, Jacks y Norton, 2003; Fielding, Magdesian, Rhodes, Meier y Higgins, 2009; Bernardi et al., 2018). Las pérdidas se incrementan con el estrés, al aumentar su concentración en sudor y en orina. La concentración del electrolito K^+ interviene en mecanismo de vasodilatación, indispensable para mantener la perfusión muscular durante el ejercicio, relacionándose su deficiencia con la isquemia muscular y la rabdomiólisis. Las concentraciones bajas de K^+ se han explicado por una regulación negativa de la bomba Na^+/K^+ en el músculo esquelético, alterando el potencial de membrana y la excitabilidad muscular. (Foreman, 1998).

Tabla 4. Muestras sanguíneas de Sodio 1 y 3, equinos de Raid sobre 90km

		Muestra Sanguínea	
Variable	N	Muestra 1, N = 276	Muestra 3, N = 276
Na+	552		
Media (SD)		140,3 (4,2)	136,8 (5,1)
Mediana (IQR)		141,3 (139,3 143,0)	137.0 (134,8 139,3)
Mínimo : Máximo		119,8 : 147,1	108,1 : 154,9

SD: desvío estándar; IQR: Intervalo interquartil. min: mínimo; max: máximo

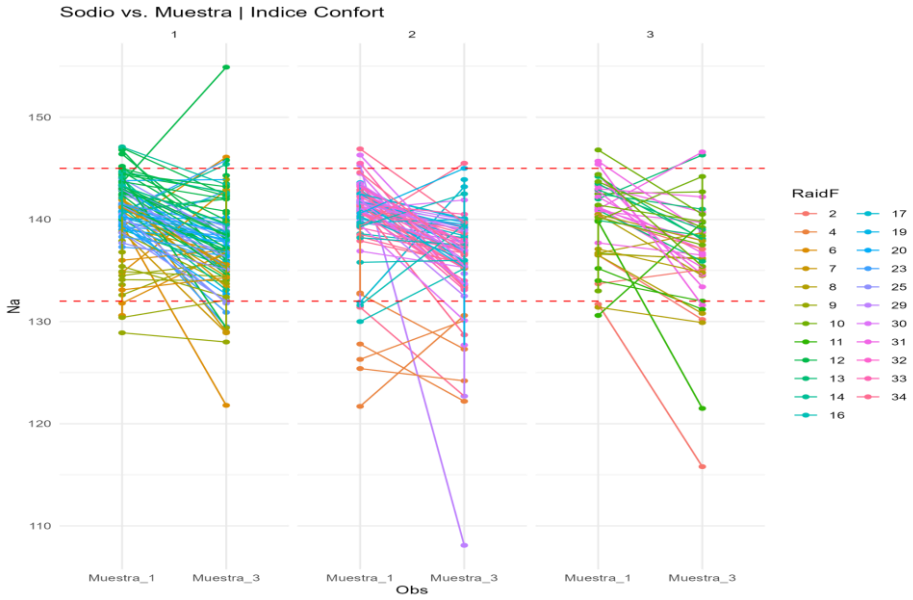

Figura 4. Valores de sodio sobre las muestras 1 y 3, individual por Raid, acorde a índice de confort.
(Los distintos colores representan a cada raid, las línea continua representa el valor previo y posterior de un mismo caballo, las linea discontinuas rojas significan el 5 y 95% de los valores normales para el equino en la instancia deportiva, los numero 1, 2 y 3 que están en la parte superior representan los índices de confort).

Las concentraciones de Na^+ en las diferentes muestras (Tabla 4) creemos que no estuvo afectada por el momento de la toma de muestra (pre competencia y post competencia), dicho electrolito no tuvo diferencias significativas ($p<0.001$). Si utilizamos como referencia los valores de Marichal, 2021: Na^+ mínimo 119.9mmol/L máximo 160.4mmol/L, los valores se mantuvieron dentro de los rangos. Además, el Na^+ no es afectado por el IC, si se observa en la figura 4, algunos equinos con deficiencia de Na^+ en la muestra 3. Como mencionamos anteriormente el tratamiento médico empleado en el hospital es decisión de cada propietario, aunque la mayoría utiliza para reponer líquidos, soluciones electrolíticas hipotónicas con una base predeterminada de sodio, soluciones energéticas y de aminoácidos, gluconato de calcio y cloruro de potasio, los cuales son administrado a demanda hasta que recupere los parámetros clínicos, este suceso podría explicar los bajos niveles de sodio que se manifiesta en la muestra 3. Igualmente debemos de destacar que se mantiene dentro de los intervalos de confianza.

En los equinos de resistencia, el Na^+ permanece relativamente normal porque se pierde un volumen semejante de líquido y pocas veces se ven cambios plasmáticos a pesar de las pérdidas sudorales (Flaminio y Rush, 1998). Existen mecanismos compensatorios para mantener los niveles de Na^+; la absorción del mismo se produce a lo largo de todo el intestino delgado y colon por difusión simple, también por la bomba Na^+/K^+; en el yeyuno se produce un transporte Na^+/glucosa, que en presencia de ésta, es muy eficiente (Sosa-León, Davie, Hodgson y Rose, 1995; Nyman Jansson, Dahlborn y Lindholm, 1996).

Tabla 5. Muestras sanguíneas de Cloro 1 y 3, equinos de Raid sobre 90 km

		Muestra Sanguínea	
Variable	N	Muestra_1, N = 276	Muestra_3, N = 276
Cl-	552		
Media (SD)		103,9 (2,4)	97,4 (4,7)
Mediana (IQR)		104,0 (102,7 105,2)	97,4 (94,4 100,0)
Mínimo : Máximo		94,7 : 114,2	83,1 : 122,0

SD: desvío estándar; IQR: Intervalo interquartil. min: mínimo; máx: máximo

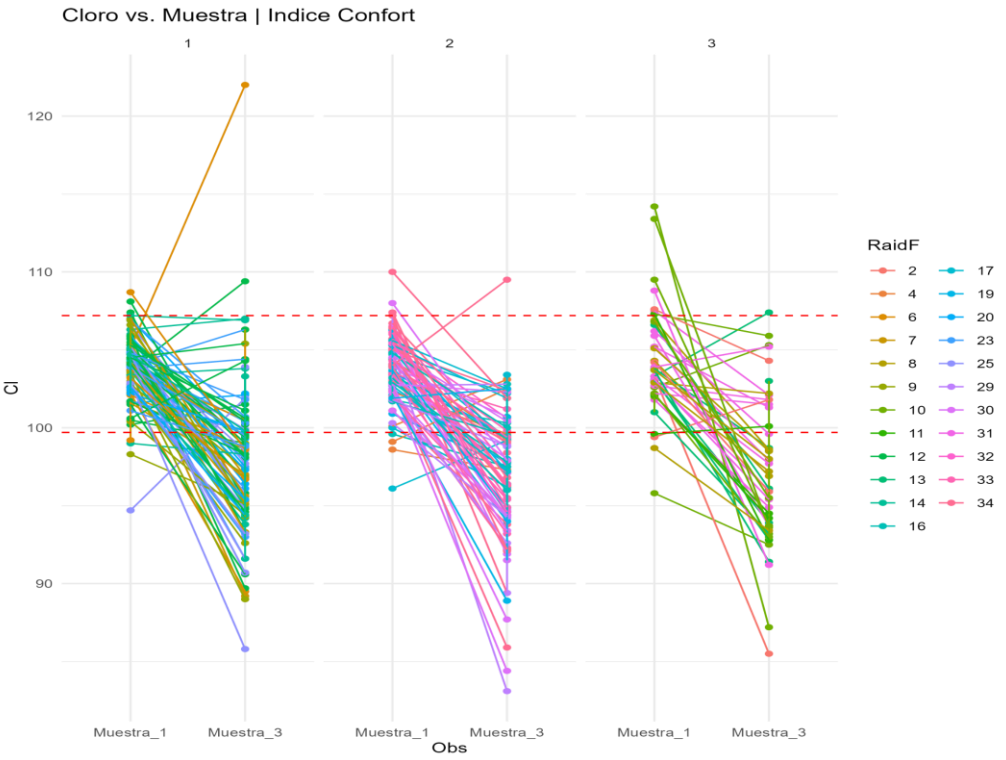

Figura 5: Cloro Vs Muestras 1 y 3, individual por Raid, acorde al índice de confort.
(Los distintos colores representan a cada raid, las línea continua representa el valor previo y posterior de un mismo caballo, las linea discontinuas rojas significan el 5 y 95% de los valores normales para el equino en la instancia deportiva, los numero 1, 2 y 3 que están en la parte superior representan los índices de confort).

En las muestras 1 y 3, se observaron diferencias significativas ($p<0.001$), si comparamos con la referencia de rangos: Cl^- mínimo 88.80mmol/L 120.90 máximo

mmol/L (Marichal, 2021); la muestra número 3 estuvo más próxima al mínimo, a diferencia de la muestra pre competencia, la cual se mantiene dentro del rango sobre la media (Tabla 5). Disimilitud que se observa más simplificada en la figura 5, donde claramente podemos ver que la dispersión de la muestra 3 es mayor que la muestra 1, reflejada en los tres IC, con una clara tendencia a la baja. Lo que interpretamos como deficiencia del ion Cl^- al abandonar el hospital, aunque dentro los rangos de referencia. Las pérdidas de Cl^- en el sudor del equino son importantes y similares a las de Na^+ y K^+. La hipocloremia que se instala como consecuencia es el factor más relevante de la alcalosis metabólica que se presenta en caballos de resistencia. En su reabsorción tubular este ion es co-transportado junto al bicarbonato. Además, contribuye con la disminución de la osmolaridad (Carlson, 1987). A nivel intestinal el Cl^- se absorbe por el co-transporte de Na^+ y K^+, además por intercambio colónico con bicarbonato. Por lo tanto se deben administrar soluciones poliiónicas para una óptima absorción de Cl^-, teniendo en cuenta que su absorción es más limitada que la del Na^+ (Carlson 1987; Schott, McGlade, Hines y Petersen, 1996).

Otras de las variables que creemos posible para explicar la disminución de Cl^- en la muestra post competencia, es que la mayoría de propietarios utilizan soluciones electrolíticas balanceadas para la reposición de líquidos del atleta, las cuales están compuestas con concentraciones bajas de Cl^-.

Tabla 6. Muestras sanguíneas 1 y 3 de Calcio iónico y total, equinos de Raid sobre 90km

		Muestra Sanguínea	
Variable	N	Muestra_1, N = 276	Muestra_3, N = 276
tCa++	552		
Media (SD)		3,26 (0.23)	3,11 (0,35)
Mediana (IQR)		3,30 (3,20 3,40)	3,12 (2,96 3,30)
Mínimo : Máximo		1,50 : 3,70	1,43 : 4,75
iCa++	552		
Media (SD)		1,67 (0,12)	1,60 (0,17)
Mediana (IQR)		1,70 (1,60 1,70)	1,60 (1,52 1,69)
Mínimo: Máximo		0,80 : 1,90	0,92 : 2,44

SD: desvío estándar; IQR: Intervalo interquartil. min: mínimo; máx: máximo

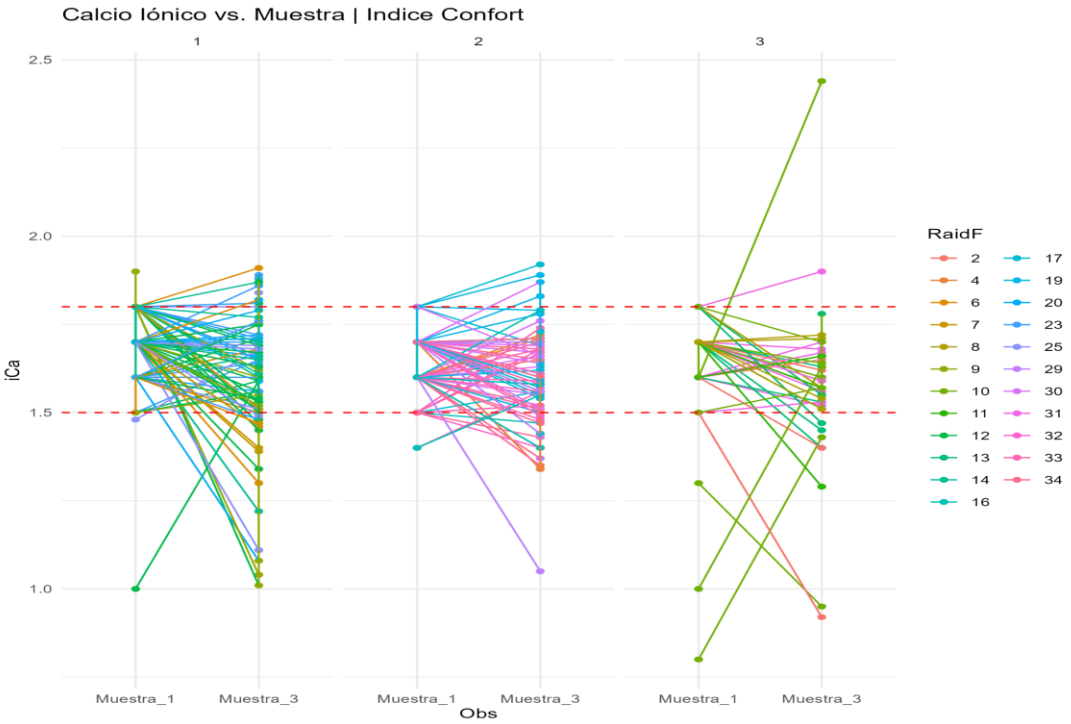

Figura 6: calcio iónico vs muestras 1 y 3, individual por Raid, acorde a índice de confort.
(Los distintos colores representan a cada raid, las línea continua representa el valor previo y posterior de un mismo caballo, las linea discontinuas rojas significan el 5 y 95% de los valores normales para el equino en la instancia deportiva, los numero 1, 2 y 3 que están en la parte superior representan los índices de confort).

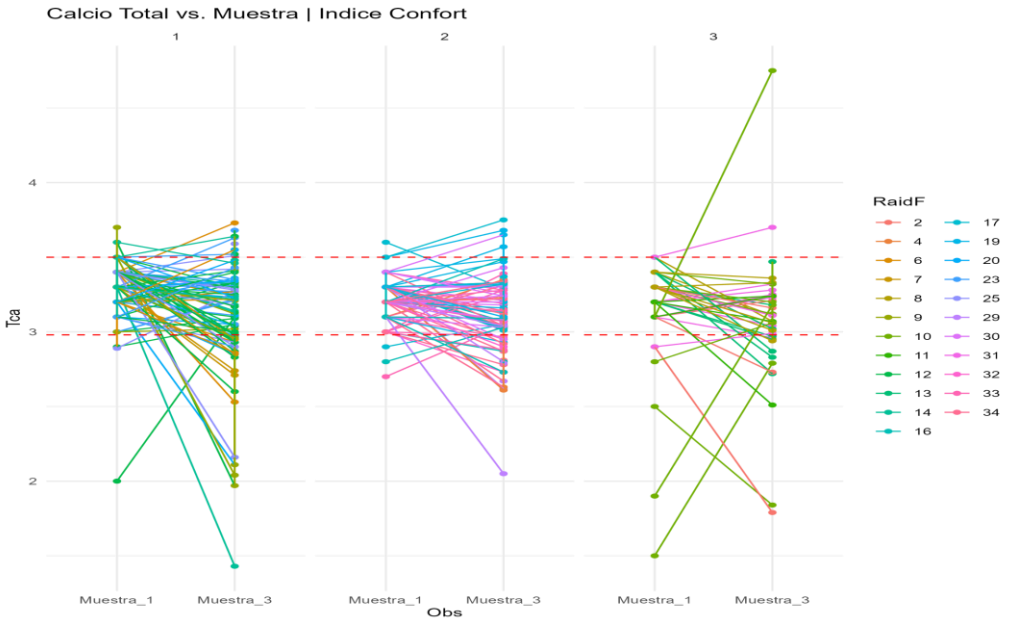

Figura 7. Calcio total Vs Muestras 1 y 3, individual por Raid, acorde al índice de confort.
(Los distintos colores representan a cada raid, las línea continua representa el valor previo y posterior de un mismo caballo, las linea discontinuas rojas significan el 5 y 95% de los valores normales para el equino en la instancia deportiva, los numero 1, 2 y 3 que están en la parte superior representan los índices de confort).

Las concentraciones de iCa^{++} y tCa^{++} disminuyeron al abandonar el hospital ($p<0.0001$) (Tabla 6), no escatimando los rangos de referencia: tCa^{++} mínimo 1.50 mmol/L 3.70 máximo mmol/L; iCa^{++} 0.80mmol/L mínimo 1.90mmol/L máximo (Marichal, 2021). Los iones se analizan en conjunto ya que se correlaciona, es decir tCa^{++} se desprende del iCa^{++}, este último no está unido a proteínas. La interacción de IC y la observación no tuvo diferencias significativas.

Varios autores destacan que la reducción del iCa^{++} es debido al uso de las células musculares y a la pérdida de sudor durante la actividad física, especialmente cuando se someten a ejercicios de resistencia, como las marchas de largo aliento (Coelho Lopes, Pissinati, Ramalho y Souza, 2011; McCutcheon y Geor, 1998). La disminución de iCa^{++} lleva a una hipocalcemia relativa la cual afecta los canales de Na^{+} y altera los potenciales de membrana, reduciendo el potencial de umbral del nervio frénico y provocando su despolarización (Flaminio y Rush, 1998). Sumando todos los electrolitos de las pérdidas sudorales (Na^{+}, Cl^{-}, K^{+}, Ca^{++} y Mg^{++}), agregado la alcalosis metabólica son la génesis del flutter sincrónico diafragmático (Armstrong, Warren y Warren, 1991).

6.3. Valores ácido base

Tabla 7. Muestra sanguínea ácido base 1 y 3, equinos de Raid sobre 90 km

		Muestra Sanguínea	
Variable	N	Muestra_1, N = 276	Muestra_3, N = 276
pH	552		
Media (SD)		7,44 (0,07)	7,45 (0,10)
Mediana (IQR)		7,50 (7,40 7,50)	7,47 (7,38 7,52)
Mínimo : Máximo		7,10 : 7,54	7,18 : 7,59

SD: desvío estándar; IQR: Intervalo interquartil. min: mínimo; máx: máximo

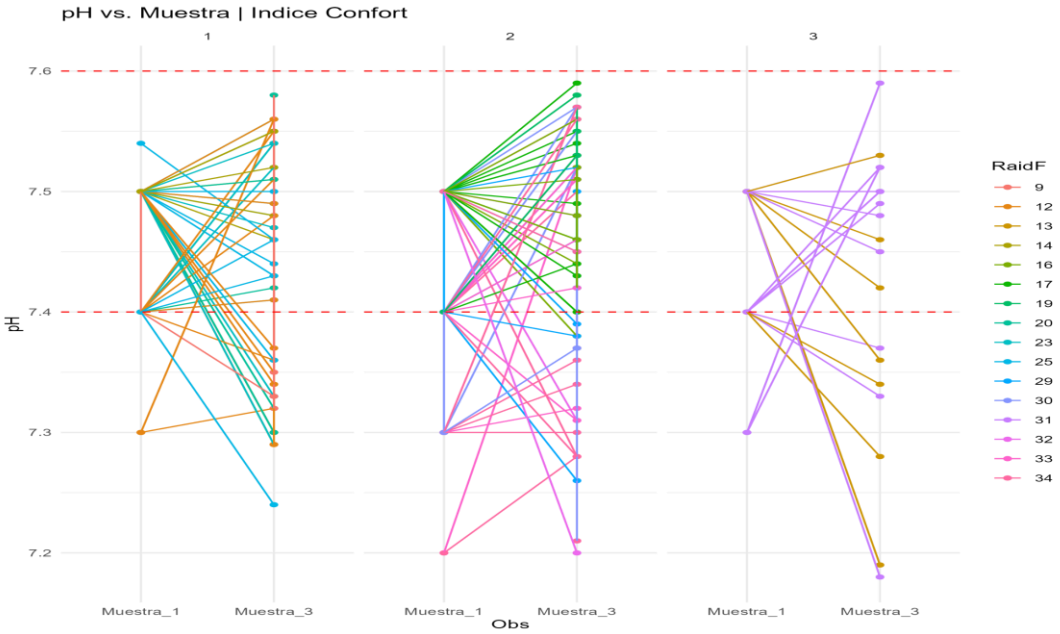

Figura 8. pH Vs Muestras 1 y 3, individual por Raid, acorde al índice de confort. (Los distintos colores representan a cada raid, las línea continua representa el valor previo y posterior de un mismo caballo, las linea discontinuas rojas significan el 5 y 95% de los valores normales para el equino en la instancia deportiva, los numero 1, 2 y 3 que están en la parte superior representan los índices de confort).

Los valores de pH no sufrieron cambios significativos ($p<0.0001$) en los equinos medidos en competencia raids (Tabla 8). Los valores de referencia: pH mínimo 7.20 máximo 7.72. (Marichal, 2021).

La variabilidad de la tercera muestra está replegada de mayor dispersión con respecto a la muestra 1 (Figura 8), explicado por la alcalosis metabólica; la hipocloremia lleva a que los riñones reabsorben bicarbonato para mantener la neutralidad eléctrica y así se promueve el desarrollo de alcalosis metabólica por ende se traslada a un pH alcalino (Flaminio y Rush, 1998); libre albedrío de medicación por parte de los propietarios, los cuales ingresan al metabolismo equino a demanda diferentes electrolitos y no tienen una referencia médica para hacerlo, igualmente no sobrepasan los rangos estipulados (Marichal, 2021). Remarcando que no tuvo diferencia significativa la interacción de IC con las muestras pre y post competencia.

7. CONCLUSIONES

Los resultados de la presente tesis, avalan las medidas terapéuticas aplicadas a equinos de competencia posterior a la realización de carreras de 90 km a lo largo de un ciclo anual de carreras. Si bien algunos valores resultaron con una significancia relativa es decir que hay ciertos cambios en la muestra 3 con respecto a la muestra 1, los valores obtenidos se establecieron en un alto porcentaje dentro de los valores de referencia para equinos en competencia y presentan una mayor variabilidad en la distribución. Finalmente, el indicador de confort resultó ser una fuente de variabilidad no explicativa e independiente para las variables en el estudio. Ya que este indicador presenta una temática muy amplia y variada, quedando esta interrogante para futuras investigaciones.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta, R. (1995). *Manual para veterinarios de raid*. Montevideo: Hemisferio Sur.

Armstrong, R. B., Warren, G. L., y Warren, J. A. (1991). Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury*. Sports Medicine*, 12(3), 184-207. https://doi.org/10.2165/00007256-199112030-00004

Barton, M. H., Williamson, L., Jacks, S., y Norton, N. (2003). Body weight, hematologic findings, and serum and plasma biochemical findings of horses competing in a 48-, 83-, or 159-km endurance ride under similar terrain and weather conditions. *American Journal of Veterinary Research*, 64(6), 746-753.

Bernardi, N. S., Gomide, L. M. W., Antunes, A. D., Gravena, K., Dias, D. P. M., Queiroz, D. J., … Lacerda-Neto, J. C. (2018*).* Equilíbrio ácido-base e hidroeletrolítico em equinos submetidos à simulação de enduro FEI*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 70(2), 359-367.

Boffi, F.M. (2006). *Fisiología del ejercicio en equinos*. Buenos Aires: Intermédica.

Bonilla, J. (2005). Respuesta hematológica al ejercicio. *Revista de Ciencias de la Salud*, 3(2), 206-16.

Carlson, G.P. (1987). Hematology and body fluids in the equine athlete: a review*.* En J. R. Gillespie, y N.E. Robinson (Eds.), *Equine exercise physiology* (Vol. 2, pp. 393-425)*.* San Diego: ICEEP.

Carlson, G. P., Ocen P. O., y Harrold D. (1976). Clinicopathological alterations in normal and exhausted endurance horses. *Theriogenology,* 6(2-3), 93-104.

Carlson, G.P., y Masnmann, R.A. (1988)*.* Serum electrolyte and plasma protein alterations in horses used in endurance riding. *Journal of American Veterinary Medical Association*, 165, 262-264.

Coelho, C.S., Lopes, P.F.R., Pissinati, G.L., Ramalho, L.O., y Souza, V.R.C. (2011). Influencia del ejercicio físico sobre los electrolitos séricos en caballos Cuarto de Milla sometidos a lazada por equipos. *Revista Brasileña de Ciencias Veterinarias*, 18(1), 32-35.

Cogan, M. (1997) *Líquidos y Electrolitos. Fisiología y Fisiopatología.* México: El Manual Moderno.

Constable, P.D. (1997). A simplified strong ion model for acid-base equilibrium: applicationto horse plasma*. Journal of Applied Physiology,* 83, 297-311.

Corley, K.T., y Marr, C.M. (1998). Pathophysiology, assessment and treatment of acid-base disturbances in the horse*. Equine Veterinary Education*, 10(5), 255-265.

Federación Ecuestre Uruguaya. (2020). Definición de Raid de La Federación Ecuestre Uruguaya. Recuperado de http://www.federacionecuestreuruguaya.com.uy/historia-que-es-el-raid.html

Federación Ecuestre Uruguaya. (2020). Reglamento Actual General de Raid de La Federación Ecuestre Uruguaya. Recuperado de http://www.federacionecuestreuruguaya.com.uy/documentacion.html

Fielding, C. L., Magdesian, K. G., Rhodes, D. M., Meier, C. A., y Higgins, J. C. (2009). Clinical and biochemical abnormalities in endurance horses eliminated from competition for medical complications and requiring emergency medical treatment: 30 cases (2005-2006). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 19(5), 473-478.

Flaminio, M. J. B. F., y Rush, B. R. (1998). Fluid and electrolyte balance in endurance horses. *Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 14(1), 147-158.

Foreman, J.H. (1998). The exhausted horse syndrome. *Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 14, 205-219.

Foreman, J.H., Benson, G.J., y Foreman, M.H. (2006). Effects of a pre-moistened multilayered breathable fabric in promoting heat loss during recovery after exercise under hot conditions. *Equine Veterinary Journal,* 36, 303-307.

Fowler, M.E. (1980). Exhausted horse syndrome. *Journal of the South African Veterinary Association*, 51(2), 85-86.

Geor, R.J., McCutcheon, L.J., Ecker, G.L., y Lindinger, M.I. (2000). Heat storage in horse during submaximal exercise before and after humid heat acclimatation. *Journal of Applied Physiology*, 89, 2283-2293.

Goudie, A.M., Tunstall-Pedoe, D.S.,y Derins, M. (2005). Altered mental status after a marathon. *The New England Journal of Medicine,* 352(15), 1613-1614.

Harris, P.A., y Mayhew, I.G. (1998). Musculoskeletal disease*: Exhausted Horse Syndrome.* En S.M. Reed S.M., y W.M. Bayly (Eds.), *Equine Internal Medicine* (pp. 400-402). Philadelphia: Saunders.

Hogdson, D.R., McCutcheon, L.J., Byrd, S.K., Brown, W.S., Bayly, W.M., Brengelman, G.L., y Gollnick, P.D. (1993) Dissipation of metabolic heat in horse during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 74,1161-1170.

Hernández, H., y Marichal, G. (2012). *Determinación de las variaciones electrolíticas séricas pre, durante y post competencia en el equino de resistencia (raid), en Uruguay* (Tesis de Grado). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.

José-Cunilleras, E. (2004). *Abnormalities of body fluids and electrolytes in athletic horses*. En K.W. Hinchcliff, A.J. Kaneps, y R.J. Geor (Eds.), *Equine Sports Medicine and Surgery. Basic and Clinical Sciences of the equine athlete,* (pp. 898-918). Philadelphia: Saunders.

Kleiber, M. (1975). Metabolic turnover rate: a physiological meaning of the metabolic rate per unit body weight. *Journal of Theoretical Biology*, 53, 199-204.

Lindinger, M.I. (2004). Acid-base physiology during exercise and in response to training. En K.W. Hinchcliff, A.J. Kaneps, R.J. Geor (Eds.). *Equine sports medicine and surgery* (pp.872-897). Philadelphia: Saunders.

Mansmann, R.A., Carlson, G.P., White, N.A., y Milne, D.W. (1974). Synchronous diaphragmatic flutter in horses. *Journal of the American Veterinary Medical Association,* 165(3), 265-70.

Marichal, G. J. (2021). *Alteraciones hidroelectrolíticas y ácido-base en caballos de resistencia (raid), en Uruguay* (Tesis de Maestría). Facultad de Veterinaria, UDELAR, Montevideo.

McCutcheon, L.J., y Geor, R.J. (1998). Sweatin.Fluid and ions losses and replacement. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*,14(1), 75-95.

Muñoz, A., Cuesta, I., Riber, C., Gata, J., Trigo, P., y Castejón, F.M. (2006). Trot asymmetry in relation to physical performance and metabolism in equine endurance rides. *Equine Veterinary Journal*, 38(S36), 50-54.

Muriel, M. (2014). *Deshidratación y agotamiento asociados al ejercicio de resistencia (Síndrome del Caballo Exhausto).* Recuperado de http://www.engormix.com/MA-equinos/articulos/deshidratacionagotamiento-asociados-ejericioc-t5741/p0.htm

Nieto, J.E., Snyder, J.R., Beldomenico, P., Aleman, M., Kerr, J.W., y Spier, S.J. (2004). Prevalence of gastric ulcers in endurance horses--a preliminary report. *Veterinary Journal,* 167(1), 33-37.

Nyman, S., Jansson, A., Dahlborn, K., y Lindholm, A. (1996). Strategies for voluntary rehydration in horses during endurance exercise. *Equine Veterinary Journal,* 22, 99-106.

Persson, S. (1967). On blood volume and working capacity. *Acta Veterinaria Scandinavica Supplement,* 19, 1-189.

Robert, C. (2014). Veterinary aspects of training and racing endurance horses. En K.W. Hinchcliff, A.J. Kaneps, y R.J. Geor (Ed.), *Equine sport medicine and surgery. Basic and clinical science of the equine athlete* (2ª ed.). Edinburgh: Saunders.

RStudio Team (2022) RStudio: Integrated Development Environment for R. [Software]

R Core Team (2022) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Core Team [Software]

Rose, R. J. (1986). Endurance exercise in the horse: a review. *British Veterinary Journal*,142, 532-552.

Schott, H.C., McGlade, K.S., Hines, M.T., y Petersen, A. (1996). Body weight, fluid and electrolyte, and hormonal changes in horse that successfully completed a 5 day, 424 kilometer endurance competition. *Pferdeheilkunde,* 12, 438-442.

Sloet van Oldruitenborgh-Oosterban, M. M. (1994). The treatment of the exhausted horse under field conditions. *Equine Practice,* 16(8), 27-33.

Sosa-León, L.A., Davie, A.J., Hodgson, D.R., y Rose, R.J. (1995). The effects of tonicity, glucose concentration and temperature o fan oral rehydration solution on its absorption and elimination. *Equine Veterinary Journal,* 20, 140-146.

9. ANEXOS

9.1 Resultados estadísticos

	K+		
Predictors	Estimates	CI	p
(Intercept)	4.04	3.79 – 4.30	<0.001
Obs [Muestra_3]	-0.10	-0.24 – 0.03	0.144
IccategF [2]	-0.04	-0.38 – 0.30	0.825
IccategF [3]	-0.20	-0.59 – 0.19	0.316
Random Effects			
σ2	0.55		
τ00 ID	0.00		
τ00 RaidF	0.10		
ICC	0.16		
N RaidF	23		
N ID	171		
Observations	454		
Marginal R2 / Conditional R2	0.012 / 0.166		

	Na+		
Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	140.08	137.74 – 142.42	**<0.001**
Obs [Muestra_3]	-3.41	-4.09 – -2.73	**<0.001**
IccategF [2]	-0.85	-4.05 – 2.36	0.603
IccategF [3]	-1.10	-4.68 – 2.48	0.547
Random Effects			
σ^2	13.74		
$\tau_{00\ ID}$	0.38		
$\tau_{00\ RaidF}$	10.43		
ICC	0.44		
N_{RaidF}	23		
N_{ID}	174		
Observations	460		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.113 / 0.504		

	Cl-		
Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	104.14	103.41 – 104.87	**<0.001**
Obs [Muestra_3]	-6.53	-7.21 – -5.85	**<0.001**
IccategF [2]	-0.56	-1.49 – 0.38	0.242
IccategF [3]	-0.24	-1.35 – 0.88	0.678
Random Effects			
σ^2	13.77		
$\tau_{00\ ID}$	0.22		
$\tau_{00\ RaidF}$	0.27		
ICC	0.03		
N_{RaidF}	23		
N_{ID}	174		
Observations	460		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.430 / 0.449		

	iCa++		
Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	1.69	1.65 – 1.72	**<0.001**
Obs [Muestra_3]	-0.07	-0.10 – -0.05	**<0.001**
IccategF [2]	-0.03	-0.08 – 0.01	0.173
IccategF [3]	-0.05	-0.11 – 0.00	0.060
Random Effects			
σ^2	0.02		
$\tau_{00\ ID}$	0.00		
$\tau_{00\ RaidF}$	0.00		
ICC	0.18		
N_{RaidF}	23		
N_{ID}	172		
Observations	452		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.071 / 0.242		

	tCa++		
Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	3.27	3.20 – 3.34	**<0.001**
Obs [Muestra_3]	-0.13	-0.18 – -0.08	**<0.001**
IccategF [2]	-0.05	-0.15 – 0.04	0.244
IccategF [3]	-0.10	-0.21 – 0.00	0.058
Random Effects			
σ^2	0.07		
$\tau_{00\ ID}$	0.01		
$\tau_{00\ RaidF}$	0.00		

ICC	0.17
N $_{RaidF}$	23
N $_{ID}$	172
Observations	452
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.062 / 0.220

	iCa++		
Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	7.46	7.42 – 7.49	**<0.001**
Obs [Muestra_3]	-0.00	-0.02 – 0.02	0.969
IccategF [2]	-0.01	-0.06 – 0.03	0.581
IccategF [3]	-0.03	-0.09 – 0.04	0.466
Random Effects			
σ^2	0.01		
$\tau_{00\ ID}$	0.00		
$\tau_{00\ RaidF}$	0.00		
N $_{RaidF}$	16		
N $_{ID}$	112		
Observations	274		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.012 / NA		

	Pt		
Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	6.82	6.63 – 7.01	**<0.001**
Obs [Muestra_3]	-0.24	-0.32 – -0.16	**<0.001**
IccategF [2]	-0.08	-0.33 – 0.17	0.512
IccategF [3]	-0.07	-0.34 – 0.20	0.607
Random Effects			
σ^2	0.19		
$\tau_{00\ ID}$	0.03		
$\tau_{00\ RaidF}$	0.05		
ICC	0.29		
N $_{RaidF}$	23		
N $_{ID}$	184		
Observations	464		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.055 / 0.325		

	Hto		
Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	39.59	38.61 – 40.56	**<0.001**
Obs [Muestra_3]	4.00	3.33 – 4.66	**<0.001**
IccategF [2]	-1.16	-2.41 – 0.09	0.069
IccategF [3]	-1.19	-2.55 – 0.16	0.084
Random Effects			
σ^2	13.37		
$\tau_{00\ ID}$	3.62		
$\tau_{00\ RaidF}$	0.67		
ICC	0.24		
N_{RaidF}	23		
N_{ID}	184		
Observations	464		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.197 / 0.392		

Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	7.46	7.42 – 7.49	**<0.001**
Obs [Muestra_3]	-0.00	-0.02 – 0.02	0.969
IccategF [2]	-0.01	-0.06 – 0.03	0.581
IccategF [3]	-0.03	-0.09 – 0.04	0.466
Random Effects			
σ^2	0.01		
$\tau_{00\ ID}$	0.00		
$\tau_{00\ RaidF}$	0.00		
N_{RaidF}	16		
N_{ID}	112		
Observations	274		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.012 / NA		