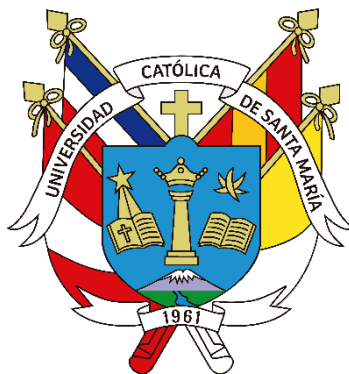


Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia



Relación entre el perfil fisiológico, hematológico y bioquímico sanguíneo y la fisiología del ejercicio de caballos sometidos al deporte de salto ecuestre

Tesis presentada por el Bachiller:

Cardenas Achahui, Alder Alexander

ORCID: 0009-0005-7254-3578

para optar el Título Profesional de Médico Veterinario y Zootecnista

Asesora:

Mg. Mogrovejo Lopez, Cecilia Laura

ORCID: 0000-0001-8915-5604

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 11 de Diciembre del 2025

Dictamen: 011870-C-EPMVZ-2025

Visto el borrador del expediente 011870, presentado por:

2017241611 - CARDENAS ACHAHUI ALDER ALEXANDER

Titulado:

RELACIÓN ENTRE EL PERFIL FISIOLÓGICO, HEMATOLÓGICO Y BIOQUÍMICO SANGUÍNEO Y LA FISIOLÓGÍA DEL EJERCICIO DE CABALLOS SOMETIDOS AL DEPORTE DE SALTO ECUESTRE

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

**29470814 - ZEGARRA PAREDES JORGE LUIS
DICTAMINADOR**



**40688434 - AGUILAR BRAVO HERBERT MISHAELF
DICTAMINADOR**



**42960827 - MEDINA ESCALANTE CYNTIA KARIN
DICTAMINADOR**



RELACIÓN ENTRE EL PERFIL FISIOLÓGICO, HEMATOLÓGICO Y BIOQUÍMICO SANGUÍNEO Y LA FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO DE CABALLOS SOMETIDOS AL DEPORTE DE SALTO ECUESTRE

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.revistas.una.ac.cr Fuente de Internet	2%
2	repository.lasalle.edu.co Fuente de Internet	1%
3	www.horse1.es Fuente de Internet	1%
4	idoc.pub Fuente de Internet	1%
5	www.scielo.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
6	epage.pub Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

A mis padres Elvis Cárdenas y Berta Achahui, por el regalo de la educación y su guía constante y por su sacrificio y confianza absoluta que han sido mi mayor fortaleza.

A mis abuelos, por establecer con su esfuerzo el camino que hoy recorro. Su legado vive en este proyecto.

A mi compañero canino, Boss, cuyo acompañamiento en las jornadas de estudio fue un recordatorio de las cosas importantes.

Esta es mi contribución, fruto de su apoyo.



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecerle a Dios, por la fe y fortaleza que me brindo en cada etapa de mi vida, gracias a ello puedo alcanzar este logro.

A mis docentes de la Universidad Católica de Santa María (UCSM), mi gratitud y reconocimiento por la formación académica y valores inculcados a lo largo de mi carrera profesional.

Agradezco de manera muy especial a la Srta. Sabrina Chamorro, cuyo invaluable apoyo, colaboración fueron esenciales para el desarrollo y conclusión de esta investigación.

A mis dictaminadores, a la Dra. Cynthia Medina Escalante, al Dr. Herbert Aguilar Bravo y al Dr. Jorge Zegarra Paredes, quienes dedicaron su tiempo a la revisión de este proyecto y por sus valiosos comentarios que contribuyeron a su mejora.

A mi asesora la Dr. Cecilia Mogrovejo López por su invaluable guía y apoyo durante todo el proceso de este proyecto

Mi gratitud se extiende a los doctores del Club Hípico Militar Chilina, Cap. Oliver Marroquín y al Cap. Luis Flores, por su desinteresada colaboración y por facilitar los accesos necesarios para una parte crucial de este trabajo.

Asimismo, a la Dr. Andrea Rivera, por su profesionalismo, y apoyo en el procesamiento de las muestras.

Finalmente, a cada una de las personas que hicieron esto posible, mi más sincero agradecimiento.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar las alteraciones inducidas por el ejercicio de salto ecuestre en los perfiles fisiológicos, hematológicos y bioquímicos sanguíneo en caballos clínicamente sanos. La investigación se realizó en el Club Hípico Militar Chilina (Arequipa, 2500 m.s.n.m.), donde se evaluaron 14 caballos bajo un diseño de mediciones pareadas en dos momentos: en reposo (Momento 0) y después de realizada la prueba de salto (Momento 1). Se midieron parámetros fisiológicos como frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), temperatura rectal (TR), así como parámetros hematológicos que se evaluó el recuento eritrocitario, hemoglobina, hematocrito, volumen corpuscular medio (VCM) y Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (CHCM) y bioquímicos séricos como glucosa, aspartato aminotransferasa (AST), fosfatasa alcalina (FAS), creatina quinasa (CK). Los resultados demostraron aumentos altamente significativos ($p < 0,0001$) en los parámetros fisiológicos: la FC incrementó de $39,62 \pm 2,53$ a $127,74 \pm 10,65$ lpm, la FR de $17,76 \pm 1,97$ a $47,46 \pm 3,67$ rpm y la $T^{\circ}C$ de $37,92 \pm 0,31^{\circ}C$ a $39,15 \pm 0,30^{\circ}C$. Asimismo, en la evaluación del perfil hematológico se reveló incrementos significativos ($p < 0,0001$) en el recuento de eritrocitos, la hemoglobina y el hematocrito, indicativo de un efecto de hemoconcentración debido principalmente a la pérdida de plasma sanguíneo. En el perfil bioquímico se evidenció una disminución significativa de la glucosa ($p = 0,003$) y aumentos notables en las enzimas AST y CK ($p < 0,001$), así como en la actividad de la FAS ($p = 0,005$), lo que sugiere un estrés metabólico y muscular transitorio. Se concluye que la prueba de salto ecuestre genera una respuesta fisiológica aguda integrada y caracterizada por una demanda cardíaca y pulmonar considerable, hemoconcentración y un perfil bioquímico de estrés metabólico-muscular. Estos hallazgos establecen un perfil de referencia objetivo que contribuye a la evaluación del estado fisiológico del equino sometido a esta disciplina, lo cual tiene un impacto directo en la mejora de los protocolos de entrenamiento, recuperación y manejo del bienestar del equino en esta disciplina.

Palabras clave: Salto ecuestre, fisiología, enzimas musculares.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the alterations induced by equestrian jumping exercise in the physiological, hematological, and blood biochemical profiles of clinically healthy horses. The research was conducted at the Chilina Military Equestrian Club (Arequipa, 2500 m.a.s.l.), where 14 horses were evaluated using a paired measurement design at two time points: at rest (Moment 0) and after the jumping test (Moment 1). Physiological parameters such as heart rate (HR), respiratory rate (RR), and rectal temperature (RT) were measured, as well as hematological parameters including red blood cell count, hemoglobin, hematocrit, mean corpuscular volume (MCV), and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC). Serum biochemical parameters such as glucose, aspartate aminotransferase (AST), alkaline phosphatase (ALP), and creatine kinase (CK) were also measured. The results demonstrated highly significant increases ($p < 0.0001$) in physiological parameters: heart rate increased from 39.62 ± 2.53 to 127.74 ± 10.65 bpm, respiratory rate from 17.76 ± 1.97 to 47.46 ± 3.67 rpm, and temperature from $37.92 \pm 0.31^{\circ}\text{C}$ to $39.15 \pm 0.30^{\circ}\text{C}$. Furthermore, the hematological profile evaluation revealed significant increases ($p < 0.0001$) in erythrocyte count, hemoglobin, and hematocrit, indicative of a hemoconcentration effect primarily due to blood plasma loss. The biochemical profile revealed a significant decrease in glucose ($p = 0.003$) and notable increases in AST and CK enzymes ($p < 0.001$), as well as in FAS activity ($p = 0.005$), suggesting transient metabolic and muscular stress. It is concluded that show jumping generates an integrated acute physiological response characterized by considerable cardiac and pulmonary demand, hemoconcentration, and a biochemical profile indicative of metabolic and muscular stress. These findings establish an objective reference profile that contributes to the evaluation of the physiological state of horses subjected to this discipline, which has a direct impact on improving training, recovery, and welfare protocols for horses in this sport.

Keywords: Show jumping, physiology, muscle enzymes.

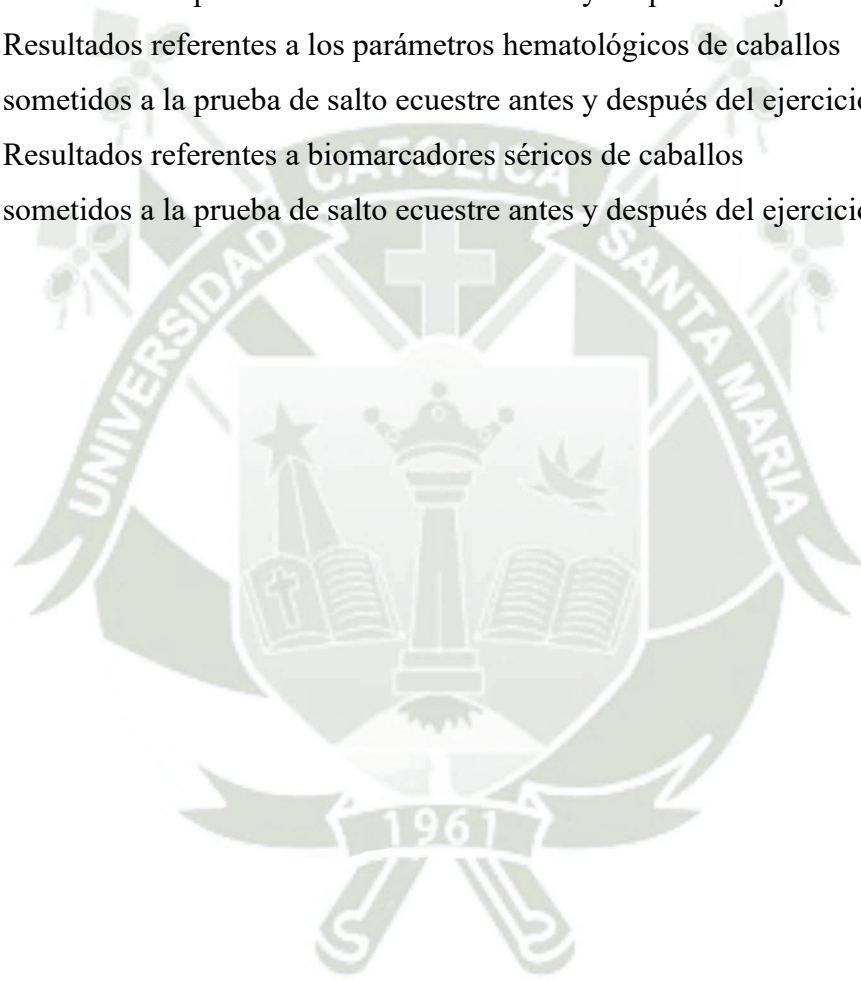
ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO	3
1.1. Enunciado del problema:.....	3
1.2. Descripción del problema:.....	3
1.3. Justificación del problema:.....	4
1.3.1. Aspecto general:.....	4
1.3.2. Aspecto tecnológico:.....	4
1.3.3. Aspecto social:.....	4
1.3.4. Aspecto económico:.....	4
1.3.5. Importancia:.....	5
1.4. Objetivos:.....	5
1.4.1. Objetivos generales:.....	5
1.4.2. Objetivos específicos:.....	5
1.5. Hipótesis:.....	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Análisis bibliográfico:.....	7
2.1.1. Domesticación del caballo.....	7
2.1.2. Historia del deporte ecuestre:.....	7
2.1.3. Diferenciación entre razas equinas en la disciplina de salto:.....	8
2.1.4. Fisiología del ejercicio equino:.....	10
2.1.5. Metabolismo energético:.....	12
2.1.6. Enzimas musculares:.....	13
2.1.7. Respuesta enzimática del musculo al ejercicio:.....	16
2.1.8. Ácido láctico:.....	17
2.1.9. Variables fisiológicas y su relación con el ejercicio:.....	18
2.1.10. Medición de las variables fisiológicas:.....	21
2.1.11. Hematología y bioquímica sérica:.....	22

2.1.12. Análisis Bioquímico Sérico de Enzimas Musculares en Equinos:	27
2.1.13. Cambios en la serología plasmática o enzimática. relacionado con el ejercicio:.....	33
2.2. Antecedentes de la investigación:	34
CAPÍTULO III	38
3. MATERIALES Y MÉTODOS:	39
3.1. Localización y Materiales:.....	39
3.1.1. Localización de trabajo:.....	39
3.1.2. Materiales biológicos:.....	39
3.1.3. Materiales de laboratorio:	39
3.1.4. Materiales de campo:.....	40
3.1.5. Materiales de escritorio:.....	40
3.1.6. Equipos:	40
3.1.7. Otros materiales:	40
3.2. Métodos:	40
3.2.1. Muestreo:	40
3.2.2. Métodos de evaluación:	41
3.3. Variables de respuesta:	44
3.3.1. Variables independientes	44
3.3.2. Variables dependientes:	44
3.3.3. Cuadro de observaciones a registrar	45
3.4. Evaluación estadística:	45
3.4.1. Diseño experimental:	45
CAPÍTULO IV	47
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Resultados:	48
4.2. Discusión:	57
CAPÍTULO V	61
4. CONCLUSIONES:.....	62
CAPÍTULO VI.....	63
5. RECOMENDACIONES:	64
CAPÍTULO VII.....	65
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA:	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ubicación principal y función de la familia de transportadores facilitadores de glucosa	31
Tabla 2	Características generales de la población equina de estudio.....	48
Tabla 3	Resultados referentes a las contantes fisiológicas de caballos sometidos a la prueba de salto ecuestre antes y después del ejercicio.	48
Tabla 4	Resultados referentes a los parámetros hematológicos de caballos sometidos a la prueba de salto ecuestre antes y después del ejercicio.	51
Tabla 5	Resultados referentes a biomarcadores séricos de caballos sometidos a la prueba de salto ecuestre antes y después del ejercicio.	54



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Comparación entre el parámetro de FC: Momento 0 y Momento 1	49
Figura 2	Comparación entre el parámetro de FR: Momento 0 y Momento 1	49
Figura 3	Comparación entre la T°C: Momento 0 y Momento 1	50
Figura 4	Comparación entre el parámetro recuento eritrocitario: Momento 0 y Momento 1	51
Figura 5	Comparación entre los valores de hemoglobina: Momento 0 y Momento 1	52
Figura 6	Comparación entre los valores de hematocrito: Momento 0 y Momento 1	52
Figura 7	Comparación entre los valores de VCM: Momento 0 y Momento 1	53
Figura 8	Comparación entre los valores de CHCM: Momento 0 y Momento 1	53
Figura 9	Comparación entre el biomarcador metabólico (glucosa): Momento 0 y Momento 1	55
Figura 10	Comparación entre el biomarcador (AST): Momento 0 y Momento 1	55
Figura 11	Comparación entre el biomarcador (FAS): Momento 0 y Momento 1	56
Figura 12	Comparación entre el biomarcador muscular (CK): Momento 0 y Momento 1	56

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia	74
Anexo 2 Resultados obtenidos durante el periodo de evaluación.....	76
Anexo 3 Constancia de laboratorio	85
Anexo 4 Secuencia fotográfica	86



INTRODUCCIÓN

El salto ecuestre es una disciplina que exige al equino esfuerzos máximos, en tiempos cortos e intensos, lo cual provoca una demanda fisiológica aguda e integrada sobre sus sistemas cardiovascular, respiratorio y muscular. Sin embargo, en el contexto local, existe poca evidencia en los perfiles de referencia objetivos que describan esta respuesta específica. Esta brecha de conocimiento limita la capacidad para diferenciar entre una adaptación fisiológica normal al ejercicio y un estado de estrés que pudiera preceder a la fatiga extrema, sobreentrenamiento o lesiones subclínicas, comprometiendo tanto el bienestar del animal como su rendimiento

Frente a esta problemática, se propuso determinar la respuesta fisiológica inducida por el salto ecuestre a través de análisis comparativos de los parámetros fisiológicos, hematológicos y bioquímicos sanguíneos, en dos momentos el primero en un estado de reposo y el segundo después de la prueba de salto. Para ello, se evaluaron 14 caballos pertenecientes al Club Hípico Militar Chilina bajo un diseño de mediciones pareadas.

El estudio se justifica por su relevancia multifacética. En el ámbito académico, se genera evidencia original que cubre un vacío de conocimiento específico para esta disciplina. De manera práctica, nos proporciona una herramienta objetiva para optimizar los protocolos de manejo, entrenamiento y recuperación, basando la práctica en parámetros medibles. Desde la perspectiva social y ética, este enfoque contribuye directamente al bienestar animal a través de un manejo científico y preventivo. Finalmente, desde una perspectiva económica, al orientarse a la prevención de lesiones y la prolongación de la vida útil deportiva, promueve la sostenibilidad en este deporte.

Por lo tanto, esta investigación parte de la premisa de que es posible caracterizar de manera objetiva la respuesta fisiológica aguda al salto ecuestre a través un perfil integrado de parámetros. La determinación de este perfil busca establecer una base de referencia que permita optimizar el manejo clínico-deportivo del caballo, priorizando su bienestar y rendimiento sostenible.



CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. Enunciado del problema:

¿Cuáles son las alteraciones que se producen en el perfil fisiológico, hematológico y bioquímico sanguíneo en equinos sometidos a la disciplina de salto ecuestre y como estas se relacionan con las demandas fisiológicas del ejercicio de alta intensidad?

1.2. Descripción del problema:

El deporte de salto ecuestre es una disciplina dentro de la equitación que demanda a los caballos exigencias fisiológicas extremas y se distingue por su intensidad elevada y corta duración. Es esencial entender en profundidad cómo responden estos caballos deportistas a la actividad física para mejorar el desempeño y asegurar su bienestar. Parámetros como la frecuencia cardíaca y respiratoria y temperatura rectal, así como biomarcadores sanguíneos específicos como creatina quinasa (CK), aspartato aminotransferasa (AST), fosfatasa alcalina (FAS), glucosa y los perfiles hematológicos son indicadores objetivos del estrés metabólico, la función cardiovascular y la posible fatiga o daño muscular.

Si bien la fisiología del ejercicio equino es un campo de estudio consolidado, existe una falta de evidencia específica que caracterice de forma exhaustiva e inmediata las alteraciones de estos parámetros en caballos de salto ecuestre en el contexto local. Esto genera una falta de datos tanto para veterinarios y entrenadores. Sin un punto de partida definido, resulta complicado diferenciar entre una respuesta fisiológica adaptativa esperada y una anomalía que podría señalar fatiga extrema, sobre entrenamiento o una condición subclínica.

En este sentido, si no se pueden monitorear e interpretar con exactitud estas reacciones bioquímicas y fisiológicas, esto puede resultar en un manejo deficiente de la salud del caballo, lo que incrementa las posibilidades de lesiones, pone en peligro la recuperación y, al final, tiene un impacto negativo en la salud y la longevidad atlética de los caballos. Por ende, es esencial crear evidencia científica local que examine y caracterice el perfil bioquímico, hematológico y fisiológico de estos animales en reacción a esta disciplina. Por lo tanto, es necesario fijar criterios objetivos que permitan optimizar los métodos de entrenamiento, evitar lesiones patológicas y fomentar el bienestar animal.

1.3. Justificación del problema:

1.3.1. Aspecto general:

Esta investigación se justifica fundamentalmente por la necesidad de cubrir una brecha en la ciencia aplicada al deporte ecuestre en el contexto local. Si bien la fisiología del ejercicio equino es un campo consolidado a nivel mundial, existe una marcada falta de datos específicos que caractericen las respuestas fisiológicas, hematológicas y bioquímicas agudas de los caballos de salto en la región de Arequipa. Este estudio aborda esta brecha generando datos originales y locales que van más allá del conocimiento genérico, proporcionando una base científica para comprender las demandas fisiológicas únicas que enfrentan los equinos en esta disciplina. Los hallazgos contribuirán directamente en brindar información en el conocimiento y contribución tanto a la medicina veterinaria en relación al deporte ecuestre como del bienestar de los caballos.

1.3.2. Aspecto tecnológico:

La aplicación de equipos de análisis para la evaluación del perfil hematológico y bioquímico sanguíneo garantiza la obtención de datos precisos y detallados, proporcionando información detallada sobre la adaptación del tejido muscular al ejercicio, permitiendo un análisis más profundo de las respuestas musculares.

1.3.3. Aspecto social:

La comprensión de la fisiología del ejercicio ecuestre en equinos contribuye directamente a la mejora del bienestar animal, el cuidado y rendimiento de los caballos puede tener un impacto directo en la industria ecuestre local.

1.3.4. Aspecto económico:

Las lesiones en esta disciplina pueden afectar la consistencia en el rendimiento del equino y aún peor acortar el tiempo de carrera deportiva, por ende, las evidencias derivadas en la presente investigación pueden reducir los costos asociados con la atención veterinaria y disminuir las incidencias de sobre entrenamiento y lesiones del sistema musculoesquelético mediante la detección temprana de indicadores de estrés fisiológico. De esta manera se puede mejorar la estabilidad del rendimiento, prolongar la carrera deportiva de los caballos de competición, al tiempo que se protege la considerable inversión económica realizada en estos animales

1.3.5. Importancia:

La importancia radica en la contribución directa a la optimización de la tríada de salud, bienestar y rendimiento atlético equino. Proporciona una herramienta objetiva para monitorear, evaluar y prevenir el sobre entrenamiento y maximizar el potencial competitivo. Los datos generados servirán como referencia las prácticas clínicas en la región, estableciendo un nuevo estándar para el manejo en esta disciplina. Por lo tanto, este trabajo busca fomentar un entorno ecuestre más sostenible y exitoso en el deporte ecuestre en la localidad.

1.4. Objetivos:

1.4.1. Objetivos generales:

Determinar la respuesta fisiológica aguda inducida por el salto ecuestre mediante análisis y comparación de los parámetros fisiológicos, hematológicos y bioquímicos sanguíneos en caballos de deporte antes y después de una prueba de salto de competición.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Analizar y contrastar índices fundamentales del perfil hematológico, como el recuento eritrocitario, volumen corpuscular medio (VCM), la concentración de hemoglobina y el hematocrito, para poder determinar las fluctuaciones provocadas por el ejercicio en dicho perfil.
- Analizar la respuesta muscular y metabólica al ejercicio expuesto, a través de la medición y comparación de los niveles séricos de biomarcadores específicos, como las enzimas musculares: creatina quinasa (CK), aspartato aminotransferasa (AST), la fosfatasa alcalina (FA) y glucosa.
- Determinar y comparar los cambios en los parámetros fisiológicos (FR, FC, Y T° C) entre el estado en pre – ejercicio y post – ejercicio.

1.5. Hipótesis:

Teniendo en cuenta que hay una relación significativa entre la intensidad del ejercicio en la disciplina de salto ecuestre, variaciones en el perfil hematológico como también en los biomarcadores bioquímicos sanguíneos y respuestas fisiológicas en caballos, sugieren que en esta disciplina influye directamente en la fisiología equina y en la fatiga muscular.



CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Análisis bibliográfico:

2.1.1. Domesticación del caballo

La evidencia histórica sugiere que el proceso de domesticación del caballo, así como su utilización como animal de monta, se inició hace aproximadamente cinco o seis milenios en las estepas al norte del Mar Negro. A raíz de este hecho, el ser humano pronto comprendió la importancia de este animal., aprovechándolo de manera crucial para el transporte, la cacería y, de forma decisiva, en conflictos bélicos. Los ejemplares de esa era poseían una estatura reducida y, a juzgar por los registros arqueológicos disponibles, su morfología era comparable a la del actual caballo salvaje de Mongolia (1).

Respecto a los orígenes de la equitación, una hipótesis plausible postula que fueron pastores jóvenes quienes, buscando una forma más eficiente de gestionar sus rebaños lecheros (que incluían yeguas de lomo ancho, baja estatura y temperamento dócil), comenzaron a montarlas. Esta práctica pudo haberse desarrollado sin la necesidad de arreos complejos, ya que la tendencia natural de las yeguas a seguir a la manada facilitaba el control, permitiendo a los pastores evitar largas travesías a pie por terrenos agrestes. Se considera que estas comunidades esteparias fueron los pioneros no solo en la domesticación y monta, sino también en la implementación del caballo para el tiro de carretas y carros. Para el año 2000 a. C., el carro de guerra halado por caballos ya se había difundido extensamente, llegando a regiones como China, India, Mesopotamia, Persia, Egipto, Grecia y gran parte de Europa (1).

2.1.2. Historia del deporte ecuestre:

La transición del caballo de ser un instrumento de trabajo y transporte a convertirse en un atleta de competición es un fenómeno característico de la era moderna. Con las innovaciones tecnológicas, el caballo poco a poco fue menos necesario para el transporte, carga y tiro, principalmente en los países desarrollados, por la introducción del automóvil, camión de carga y el tractor para trabajar la tierra. Sin embargo, en comunidades con un fuerte vínculo cultural ecuestre, su rol no desapareció, sino que se reconvirtió hacia la práctica deportiva. De este modo, numerosas disciplinas hípcas contemporáneas son, en esencia, adaptaciones y refinamientos de las tareas funcionales que los caballos realizaban antiguamente (1).

Muchos deportes actuales se originaron o aún reflejan tareas involucradas en la ganadería y la vida rural de épocas pasadas. El polo comenzó como una forma para que los soldados en Pakistán mantuvieran sus habilidades para actividades esenciales. La caza a caballo estuvo históricamente limitada a la nobleza. Deportes como las justas disminuyeron con los avances en la tecnología armamentista. Hoy en día existen eventos muy sofisticados como doma, salto y eventos de tres días que requieren caballos excepcionalmente talentosos. Las tradiciones regionales populares perduran, como la charreada en México que utiliza razas locales criollas o cuarto de milla. Las carreras mantienen fuertes incentivos financieros (1).

En su conjunto, el deporte ecuestre moderno se erige como una de las actividades competitivas más populares a nivel global, donde cada especialidad conserva un rico patrimonio cultural y una profunda carga tradicional. Al analizar su evolución histórica, es posible identificar una línea de continuidad directa entre las prácticas ecuestres de siglos pasados y las reglamentaciones deportivas vigentes en la actualidad (2).

2.1.3. Diferenciación entre razas equinas en la disciplina de salto:

Las razas más comunes en la disciplina de salto ecuestre a nivel internacional son las llamadas "Razas de Sangre Caliente" (Warmbloods), las cuales han sido objeto de una minuciosa selección genética para optimizar su rendimiento en este deporte. Entre las más destacadas se encuentran las razas Holsteiner, Hannoveriano, Selle Français y el Pura Sangre Inglés, cada una con características morfológicas y aptitudes que las hacen idóneas para la alta competición.

▪ Raza Holsteiner:

Originaria de la región de Schleswig-Holstein en Alemania, el Holsteiner es considerada potencialmente la raza de sangre caliente más antigua, con una genealogía que data del siglo XIII. A pesar de contar con uno de los libros genealógicos más reducidos de Europa, su presencia en la élite del deporte ecuestre es constante, siendo especialmente reconocido por su habilidad en el salto de obstáculos (3).

El ejemplar ideal presenta una conformación poderosa y moderna, con una alzada entre 16 a 17 mano a la cruz (o 162 a 172 cm), una complexión mediana y unas patas traseras potentes que, unidas a un lomo fuerte y un cuello arqueado, le permiten una técnica de salto depurada y un galope claro y potente. Aunque tradicionalmente predominaban los ejemplares de pelajes oscuros, hoy son comunes los colores negro, bayo y gris, considerándose inaceptable el patrón pinto (3).

- **Raza Hannoveriano:**

Otra de las razas de sangre caliente más influyentes es el Hannoveriano, procedente de Baja Sajonia, Alemania. Su transformación, desde un caballo de tiro y uso militar hasta una montura de élite para el deporte, es resultado de un riguroso proceso de selección. Esta versatilidad le ha permitido destacar en las tres disciplinas olímpicas, consagrándose como una de las razas deportivas más exitosas del mundo (4).

Con una altura promedio de 16.2 manos (o 165 cm), el Hannoveriano posee el tipo ideal de caballo deportivo orientado al rendimiento como: líneas largas, contornos limpios y musculatura bien desarrollada. Su cabeza es noble y bien proporcionada, con ojos expresivos, y su cuello se inserta en ángulo recto sobre unos hombros inclinados. El trote presenta cadencia, impulsión, amplitud de movimiento, elasticidad, equilibrio, actividad en los posteriores y libertad de movimientos en los hombros. El galope es redondo, con un marcado impulso ascendente y buena conexión con los posteriores. El paso es claro y de gran amplitud (4).

- **Raza Selle Français:**

La raza Selle Français tiene sus orígenes en el siglo XIX, cuando los criadores franceses comenzaron a cruzar yeguas autóctonas con sementales Pura Sangre Inglés y Norfolk Trotter. Conocida principalmente por su talento en el salto, sus características la convierten en un excelente caballo deportivo para esta disciplina.

Su alzada es variable, entre entre 15.1 hasta 17.3 manos (o 153 a 172 cm), y el ejemplar ideal es alto y de gran alcance, con una constitución equilibrada y armoniosa. Presenta una frente ancha, perfil recto, y un cuello largo y musculoso que se une sólidamente a la cruz. Su lomo es recto, posee cuartos traseros potentes y un pecho profundo, apoyado sobre unas patas correctas y musculosas con articulaciones bien definidas (5).

- **Pura sangre inglés:**

El pura sangre inglés es un caballo noble de musculatura media con una conformación correcta y equilibrada. La capacidad de rendimiento, la constitución, la salud, el carácter y el temperamento de esta raza se evalúan mediante una prueba de rendimiento específica: las carreras de llano. La raza se utiliza principalmente en competiciones de obstáculos y concurso completo. Si bien en el pasado tuvo un papel protagónico en las competiciones internacionales

de salto, hoy es menos común en este nivel debido a la alta especialización de las razas de sangre caliente. No obstante, su legado genético sigue siendo fundamental como "mejorador" en la cría de caballos deportivos (6).

Físicamente, son caballos altos y elegantes midiendo aproximadamente Suelen medir entre 15.2 y 17 manos a la cruz (o 152 a 172 cm), de complejión esbelta, con un cuello largo, pecho profundo, hombros inclinados y unas patras largas y musculosas. Su piel fina permite apreciar el sistema vascular durante el ejercicio, y sus pelajes más comunes son el bayo, castaño, negro y gris (7).

▪ **Caballo Militar en el deporte ecuestre peruano:**

El siglo XX marcó el declive de las caballerías militares a nivel global, un fenómeno paralelo a la mecanización del transporte y el trabajo agrícola. Sin embargo, el entrenamiento ecuestre militar es el origen directo de las disciplinas olímpicas modernas, como el salto de obstáculos, la doma y el concurso completo, así como del enduro ecuestre (8).

Este vínculo se institucionalizó en el Perú con la creación de la Escuela de Equitación y Adiestramiento del Ejército en 1945, con el objetivo de formar jinetes e instructores para representar al ejército en competiciones hípcas tanto nacionales como internacionales (8).

En este sentido también es importante abordar el cruce del caballo del Ejército, que viene del Caballo de Silla Argentino y el Caballo Pura Sangre de Carrera Peruano. Se hace este cruce debido a que el caballo de Silla Argentino se caracteriza por su pesado trote y el Caballo Pura Sangre se caracteriza por su rapidez y velocidad. Esto trae como consecuencia un producto con mucha movilidad y muy versátil en sus movimientos. Dando como resultado actualmente un animal de gran movilidad y versatilidad, ideal para las exigencias de las diferentes disciplinas del deporte ecuestres que heredó de su pasado castrense (9).

2.1.4. Fisiología del ejercicio equino:

Las extraordinarias capacidades fisiológicas de los caballos se deben a sus varias adaptaciones fisiológicas y a su gran capacidad atlética. En algunos casos, estas adaptaciones no se ven afectadas por el entrenamiento, como el tamaño de los pulmones, mientras que en otros cambian en respuesta al entrenamiento, como el volumen sanguíneo. La capacidad atlética superior de los caballos se atribuye a su alta capacidad aeróbica máxima, grandes reservas intramusculares de sustratos de energía y, en particular, glucógeno, un alto volumen de mitocondrias en los

músculos, la capacidad de aumentar la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre al inicio del ejercicio mediante la contracción del bazo, eficiencia del paso y termorregulación eficiente.

En este sentido, el ejercicio desencadena un aumento coordinado en la producción de energía, necesaria para la contracción muscular. Este proceso consume adenosín trifosfato (ATP) y requiere que la tasa metabólica se eleve para reponerlo de manera continua. Los aumentos en la tasa metabólica dependen de un suministro adecuado de sustrato y, en última instancia, de oxígeno. La producción de energía se puede lograr durante breves períodos de tiempo mediante el metabolismo anaeróbico, pero en última instancia, toda la producción de energía está vinculada a la oxidación de sustratos y a un suministro adecuado de oxígeno. La producción de ATP durante el ejercicio depende principalmente de los suministros de sustrato para la oxidación y de oxígeno.

El suministro de sustratos para producir ATP que alimenta la contracción muscular se realiza a través de lípidos y carbohidratos. Los carbohidratos se obtienen del glucógeno muscular mediante la fosforilasa o de la glucosa en la sangre. Las hormonas de control importantes son el glucagón, la insulina y las catecolaminas, además del control ejercido por factores fisicoquímicos locales. El sustrato lipídico se obtiene tanto de los tejidos intramusculares como de los adiposos, siendo los primeros más importantes durante el ejercicio. En última instancia, las moléculas de carbono son transportadas a las mitocondrias, donde se oxidan para producir dióxido de carbono, calor y trabajo. El suministro de oxígeno a las mitocondrias depende de una cadena de eventos que va desde el aire atmosférico hasta las mitocondrias. La contracción muscular se asocia con la producción de trabajo, dióxido de carbono, calor y lactato (en condiciones de metabolismo anaeróbico). ADP, difosfato de adenosina; ATP, trifosfato de adenosina; CAT, catecolaminas; CO, gasto cardíaco; CoA, coenzima A; CO₂, dióxido de carbono; G-6-P, glucosa-6-fosfato; GL, glucagón; [Hb], concentración de hemoglobina; HCO₃, bicarbonato; HSL, lipasa sensible a hormonas; IN, insulina; LPL, lipoproteína lipasa; NEFA, ácido graso no esterificado; P_cO₂, tensión de oxígeno capilar; P_mO₂, tensión de oxígeno mitocondrial; S_aO₂, saturación arterial de oxígeno; S_vO₂, saturación venosa de oxígeno; TG, triglicérido; V. A, ventilación alveolar (10).

- **Respuesta fisiológica del sistema respiratorio durante el ejercicio:**

La principal función del pulmón es garantizar el intercambio gaseoso, es decir, el transporte de oxígeno (O₂) del aire ambiente a la sangre y de dióxido de carbono (CO₂) en sentido inverso.

De forma secundaria, las vías respiratorias también desempeñan un papel en la defensa inmunitaria, así como en la limpieza, el calentamiento y la humidificación del aire inspirado.

Durante el ejercicio máximo, el consumo de O₂ y la producción de CO₂ de los caballos pueden aumentar hasta más de 30 veces los valores en reposo. En consecuencia, los sistemas fisiológicos y bioquímicos implicados en la cadena de consumo de oxígeno se ven sometidos a ajustes drásticos para satisfacer estos requisitos metabólicos. Todo esto sucede por una combinación de información procedente del centro respiratorio del cerebro, el estado químico de la sangre cuando se comunica con el cerebro y los niveles plasmáticos de oxígeno, dióxido de carbono y ácido.

En la mayoría de las especies, el sistema respiratorio sano es capaz de garantizar una ventilación adecuada, como demuestran los valores de la presión parcial de oxígeno (PaO₂) y la presión parcial de dióxido de carbono (PaCO₂) que difieren mínimamente de los de reposo, durante el ejercicio de cualquier intensidad. Esta no es la situación de los caballos, que desarrollan hipoxemia a intensidades de ejercicio relativamente bajas (alrededor, 60% de VO₂máx) e hipercapnia a intensidades de ejercicio elevadas.

La capacidad de ventilación del caballo es extraordinaria, ya que la ventilación por minuto en reposo es del orden de 80 L/min durante el ejercicio, esto puede aumentar 10 veces, hasta la asombrosa cifra de 1.800 L/min. Durante la marcha y el trote, no parece existir una relación regular entre la marcha y la frecuencia respiratoria. Sin embargo, durante el galope y el galope, la frecuencia de la respiración y la frecuencia de la zancada están estrechamente relacionadas. Probablemente esto se deba, en los caballos, a una combinación del abdomen y su contenido que actúan como un pistón, y a la flexión de la espalda y el tórax por parte de las extremidades. Así, durante la fase de carga de peso, la caja torácica se comprime, facilitando la exhalación (11).

2.1.5. Metabolismo energético:

La oxidación de los carbohidratos (CHO) y la grasa, con posiblemente una contribución menor de proteínas (aminoácidos), proporciona la energía química para la contracción muscular. La glucosa se almacena como glucógeno en el hígado y el músculo esquelético, con más del 90% de las reservas totales de carbohidratos en el músculo. La grasa se almacena en el tejido adiposo y en el músculo, con la mayoría del 85% en el tejido adiposo. La reserva de grasa es considerablemente mayor en comparación con la reserva de carbohidratos como 50-60 veces

más energía como grasa. Como tal, las reservas de carbohidratos son relativamente limitadas en comparación con la grasa. Dentro del músculo, la grasa se almacena en sitios intracelulares y extracelulares. Existe un almacenamiento diferencial de glucógeno y triglicéridos intramiocelulares (IMTG) en los diferentes tipos de fibras musculares esqueléticas.

Las contribuciones relativas de los carbohidratos (CHO) y la grasa al uso de energía dependen de varios factores, incluida la intensidad del ejercicio, el estado de entrenamiento, la composición muscular, la dieta y el estado de alimentación, y la duración del ejercicio. A medida que aumenta la intensidad del ejercicio, hay un aumento en la contribución energética de la oxidación de CHO (principalmente el glucógeno muscular) y una disminución en la contribución de la oxidación de la grasa. Este cambio en el metabolismo de sustratos con el aumento de la intensidad del ejercicio ha sido denominado el concepto de crossover.

Específicamente, la duración del ejercicio de alta intensidad que demanda una alta tasa de oxidación de CHO está limitada por la disponibilidad de CHO en el músculo esquelético. Por el contrario, un ejercicio de intensidad que permite una sustancial contribución energética de la oxidación de grasa puede mantenerse durante un período más prolongado (10).

2.1.6. Enzimas musculares:

El ejercicio induce cambios reversibles en la estructura del músculo esquelético de los caballos, como el aumento de la permeabilidad del sarcolema y de las proteínas musculares, como la mioglobina, la creatina quinasa (CK) y aspartato aminotransferasa (AST), que se liberan a la circulación sanguínea, los ligeros aumentos de estas enzimas después del ejercicio no se asocian con una lesión de las células musculares, sino con un aumento de la permeabilidad de la membrana. Sin embargo, si hay daño a nivel ultraestructural durante el ejercicio, se producirá un marcado aumento en la concentración de estas proteínas, por lo que la evaluación de la magnitud y el curso temporal de estos cambios ayuda a identificar el tipo de lesión muscular. En los caballos, estas lesiones tienen varios factores predisponentes, como un calentamiento insuficiente del animal antes de la actividad física, cojera, ejercicio extremo y entrenamiento inadecuado.

Las enzimas utilizadas habitualmente para indicar el daño muscular son la AST, la CK y lactato deshidrogenasa (LDH). La cinética de elevación y eliminación sérica de cada una de estas enzimas es diferente (debe tenerse en cuenta a la hora de interpretar los resultados). La mayoría de los caballos tienen valores normales de enzimas musculares en el momento de la lesión y,

por lo tanto, pueden interpretarse como animales falsamente negativos para daños musculares. La concentración sérica máxima de CK se produce de 4 a 6 horas después de la lesión, y los valores pueden volver a la normalidad en 24 a 96 horas. La concentración sérica de AST presenta su pico después de 24 horas y puede permanecer alta durante 5 días o incluso algunas semanas.

Anderson observó que el aumento de las enzimas musculares séricas en los caballos después del ejercicio era el resultado de un cambio en la permeabilidad de la membrana celular y no de la necrosis de las células musculares. Volfinger calculó la magnitud del daño muscular en caballos, basándose en la CK liberada del músculo esquelético, y concluyó que sólo valores superiores a 10.000 UI/L de actividad plasmática de CK reflejarían una lesión significativa.

Según Van Der Muelen, Kupers y Drukker, un aumento de la actividad sérica de las enzimas musculares sobrestima el posible daño muscular. Sin embargo, en estudios en humanos, el aumento de la actividad sérica de las enzimas musculares después del ejercicio se ha asociado con dolor y disminución de la función muscular, y esta evidencia puede influir en el rendimiento deportivo. Por tanto, determinar la actividad de dichas enzimas puede resultar útil para controlar la respuesta del sistema muscular del caballo durante el ejercicio (12).

- **Fosfatasa alcalina**

La fosfatasa alcalina (ALP) representa un grupo de enzimas que eliminan grupos fosfato de moléculas como nucleótidos y proteínas, y funcionan más eficazmente en un ambiente alcalino con un pH de 9 a 10. Las concentraciones más altas de ALP se encuentran en el hígado y los huesos, y concentraciones más bajas de ALP están presentes en los túbulos renales, el epitelio intestinal, los pulmones y la placenta. El crecimiento óseo en animales jóvenes produce niveles elevados de ALP. La concentración de FA varía según la especie, pero en general aumenta con la digestión, la colestasis o la lesión del epitelio intestinal o biliar. Los niveles de FA pueden disminuir con el ayuno, el hipotiroidismo o la anemia perniciosa (13).

- **Creatina Kinasa**

La creatina quinasa (CK) también se conoce como creatina fosfoquinasa (CPK) y es una enzima que cataliza la fosforilación de la creatina. Este es un dímero que existe como isoenzimas con mayor actividad en el músculo, el corazón y el cerebro, además de estas formas se ha identificado una isoforma particular localizada en las mitocondrias (14).

Los músculos emplean únicamente ATP como fuente de energía para la contracción. Se reconoció esta molécula como el fosfato de creatina, también llamado fosfocreatina. En las fibras musculares, la enzima creatinfosfoquinasa transfiere un fosfato de alta energía del fosfato de creatina al ADP, regenerando rápidamente el ATP para mantener constante su concentración (15).

La distribución de las isoenzimas de CK varía entre tejidos y especies. La creatina quinasa se encuentra en suero, plasma y orina y se eleva por necrosis o enfermedad muscular.

- **Lactato deshidrogenasa**

El lactato deshidrogenasa (LDH) es una enzima clasificada como oxidorreductasa, ya que facilita una reacción Redox en la que se reduce el piruvato a lactato por oxidación de NADH a NAD⁺. Interviene en el metabolismo energético anaeróbico, convirtiendo el piruvato (derivado de la glucólisis) para regenerar el NAD⁺, que en presencia de glucosa actúa como el sustrato limitante de la vía glucolítica (16).

La LDH existe como cinco isoenzimas, LDH-1 a LDH-5, cada una compuesta por cuatro subunidades. Los niveles diferenciales de isoenzimas LDH se utilizan con fines diagnósticos. La isozima LDH-1 (4H) tiene cuatro subunidades cardíacas y es la isozima principal del corazón. La isozima LDH-2 (3H1M) tiene tres subunidades cardíacas y una muscular y es la isozima principal en el sistema macrófago-monocito y en el suero. La isoenzima LDH-3 (2H2M) tiene dos subunidades cardíacas y dos musculares y es la isoenzima principal en los pulmones. La isozima LDH-4 (1H3M) tiene una subunidad cardíaca y tres musculares y es la isozima primaria en los riñones. La isoenzima LDH-5 (4M) tiene cuatro subunidades musculares y es la isoenzima principal en el hígado y el músculo esquelético. La concentración de LDH en suero se eleva como resultado de un infarto de órganos y una muerte celular significativa que resulta en la pérdida de citoplasma. Por ejemplo, las elevaciones de LDH son el resultado de afecciones como hepatitis, shock, hipoxia, hipotermia extrema y meningitis, entre otras (13).

- **Aspartato aminotransferasa**

El aspartato aminotransferasa (AST) es una enzima transaminasa que cataliza la conversión de aspartato y alfa-cetoglutarato en oxaloacetato y glutamato. La enzima AST se conocía anteriormente como glutamato oxalato transaminasa sérica (SGOT) y está presente en todos los

tejidos excepto en los huesos, con niveles más altos en el hígado y el músculo esquelético. La concentración de AST aumenta después de hematomas, traumatismos, necrosis, infecciones o neoplasias de hígado o músculo (17).

La AST se mide mediante el método de oxidación de NADH.

- **Alanina aminotransferasa**

La alanina aminotransferasa (ALT) es una enzima transaminasa que antes se conocía como glutamato piruvato transaminasa sérica (SGPT). La alanina aminotransferasa cataliza la transferencia de un grupo amino de alanina a alfa-cetoglutarato en el ciclo de la alanina para formar piruvato y glutamato. La enzima ALT se encuentra en el suero y los tejidos de los órganos, especialmente en el hígado, aunque también se encuentran concentraciones significativas en los riñones, el músculo esquelético y el miocardio (13).

Por lo tanto, la evaluación de la actividad sérica de estas enzimas es la mejor forma de evaluar bioquímicamente la función del músculo esquelético en los caballos. Teniendo en cuenta que la raza del animal y el tipo de entrenamiento físico influyen en la concentración sérica de estas enzimas y que la disciplina de salto de la hípico, al mezclar salto y carrera, genera la necesidad de un seguimiento cuidadoso del acondicionamiento físico de los caballos (13).

2.1.7. Respuesta enzimática del músculo al ejercicio:

La alta cantidad de fibras musculares de contracción rápida dedicadas al metabolismo anaerobio en los caballos de carreras refleja su gran capacidad anaeróbica. Debido a la alta actividad de lactato deshidrogenasa (LDH) presente en el músculo, estos pueden obtener rápidamente ATP a través de la ruta anaeróbica.

Un aumento moderado en las enzimas musculares se ve reflejado en plasma sanguíneo, la magnitud de esta liberación depende del tipo e intensidad del esfuerzo. En ejercicio de alta intensidad hay un incremento en la actividad de la CK, AST y LDH, generalmente al final del ejercicio en caballos de salto. Este incremento se debe más al aumento en la permeabilidad de la membrana de la mitocondria que a un daño muscular, mientras que el ejercicio prolongado genera elevaciones más sostenidas. Esto nos indica que no siempre un aumento en las enzimas musculares evidencia un daño muscular, ni ninguna patología de este tipo (18).

2.1.8. Ácido láctico:

Uno de los desechos generados por el consumo energético muscular prolongado es el ácido láctico, que causa una disminución del pH en los músculos y como consecuencia la fatiga. La medición del lactato en la sangre como respuesta al ejercicio es otra manera de medir la tolerancia al esfuerzo; esta evaluación puede llevarse a cabo junto con la prueba de frecuencia cardíaca, para obtener más información sobre la capacidad de adaptación del caballo. En ejercicios de baja a moderada intensidad (menos de 450 m/minuto) se produce una escasa acumulación de lactato en la mayoría de los equinos (19).

A altas velocidades, todos los caballos deben recurrir más a las vías de energía anaeróbica para satisfacer las demandas energéticas del ejercicio, y se produzca un metabolismo anaeróbico acelerado de glucógeno (glucosa almacenada en las células musculares). A velocidades de ejercicio superiores a aquellas que generan tasas metabólicas de aproximadamente 65-85% del consumo máximo de oxígeno, los niveles de ácido láctico aumentan rápidamente.

Durante el ejercicio a altas velocidades, la cantidad de ácido láctico aumenta en el músculo que trabaja, y posteriormente se dispersa en la sangre. Esta respuesta es atribuible a la limitación en el uso de oxígeno por las células musculares en ejercicio. De igual manera ocurre en ejercicios de alta intensidad donde las células pueden únicamente sostener la tasa necesaria de suministro de ATP a las células musculares mediante el uso anaeróbico de la glucosa. La glicólisis anaeróbica resulta en la acumulación de ácido láctico en las células musculares. La concentración de lactato sanguíneo en un caballo en descanso es de aproximadamente 0,5 mmol/L. Pequeños incrementos en esta concentración ocurren a medida que la velocidad del ejercicio aumenta, y luego a velocidades más altas, la concentración de lactato sanguíneo incrementa exponencialmente.

Es fundamental reconocer que la generación de lactato en las células musculares y su acumulación en la sangre es una respuesta típica a la producción de energía a ritmos de moderados a altos o a intensidades de ejercicio. La velocidad a la que el lactato empieza a acumularse en las células musculares y en la sangre dependerá del ritmo, raza, caballo, alimentación y nivel de entrenamiento (acondicionamiento). En los caballos en reposo, los niveles altos de lactato en la sangre señalan un problema en el flujo sanguíneo hacia los tejidos y órganos del cuerpo, y en ocasiones se relacionan con cólicos. En los caballos con un consumo máximo de oxígeno, se puede anticipar que se ejercitarán a velocidades superiores antes de que

se observe evidencia de acumulación de lactato, ya sea en las células musculares o en la sangre. Una evaluación de la reacción al lactato en una prueba de ejercicio estandarizada puede, por lo tanto, ofrecer información muy significativa respecto a la magnitud del suministro anaeróbico de ATP durante la actividad física (20).

2.1.9. Variables fisiológicas y su relación con el ejercicio:

Los caballos están sometidos a esfuerzos prolongados y una buena preparación física es fundamental a la hora de practicar este tipo de deporte como lo es el salto ecuestre, siendo uno de los sistemas que sufre directamente este esfuerzo es el tejido muscular.

El deporte ecuestre se caracteriza por llevar al animal a una considerable deshidratación debido a la duración prolongada del ejercicio. Esta deshidratación se produce por la necesidad de disipar el calor, que se realiza a través del sudor, en el proceso de enfriamiento evaporativo, provocando una concomitante pérdida de volumen plasmático y hemoconcentración. Muchos parámetros hematológicos y metabólicos varían durante el esfuerzo prolongado y algunas de estas variaciones pueden alterar el rendimiento deportivo. El ejercicio entonces, tiene varios efectos sobre el recuento sanguíneo dependiendo de la intensidad del esfuerzo, resultando generalmente en la movilización esplénica de eritrocitos y aumentando la capacidad de transporte de oxígeno. Esta movilización esplénica se produce bajo la influencia de catecolaminas y tanto la intensidad como la duración del esfuerzo son importantes para determinar la magnitud de esta respuesta.

Existe un debate en la literatura sobre qué componente de la sangre esplénica es más importante para el desarrollo del volumen máximo de oxígeno consumido ($VO_{2\text{máx}}$) más alto en el caballo. Alguna evidencia sugiere que el aumento en el volumen de sangre circulante es importante para determinar el retorno venoso, lo que resulta en un aumento en el rendimiento aeróbico de los caballos. También hay evidencia que sugiere que un aumento en los eritrocitos y el hematocrito circulantes, independientemente del volumen, son más importantes para el $VO_{2\text{máx}}$. El hematocrito, o más precisamente las moléculas de hemoglobina de los glóbulos rojos, son los principales determinantes de la capacidad de transporte y difusión de oxígeno. Una difusión máxima de oxígeno está estrechamente relacionado con valores altos de $VO_{2\text{máx}}$ (21).

Si bien la mayor parte del aumento del hematocrito durante la intensidad del ejercicio se produce debido a la contracción esplénica, el intercambio de líquidos inducido por el ejercicio

también juega un papel importante. El alcance de estos intercambios aparentemente está relacionado con la duración y la intensidad del esfuerzo. Dadas las importantes pérdidas de fluidos que ocurren durante el esfuerzo prolongado, es común que las reducciones en el volumen plasmático estén involucradas en los cambios en el hematocrito durante este ejercicio. Asociado al aumento del hematocrito, hay aumentos en el recuento de eritrocitos y en la concentración de hemoglobina, lo que lleva a un aumento en la capacidad de transporte de oxígeno, que es un factor importante en la capacidad aeróbica del caballo (22).

Durante y después del esfuerzo del ejercicio, reponer el agua y los electrolitos perdidos con el sudor es importante para prevenir los problemas clínicos que pueden ocurrir como resultado de la deshidratación. Sin embargo, la pérdida de agua y electrolitos en el sudor conduce a la condición llamada "deshidratación voluntaria" en la que se produce una reposición incompleta de los fluidos corporales perdidos debido a la ausencia de sed. El estímulo principal para la sed es un aumento de la osmolalidad plasmática o, más específicamente, un aumento del sodio plasmático (Na^+). Debido a que la sudoración produce la pérdida de agua corporal y electrolitos, el aumento de la concentración plasmática de Na^+ durante el ejercicio se observa con menos frecuencia de lo que se esperaría. Mitigar estos aumentos parece ser un factor importante para limitar la sed y perpetuar la deshidratación (23).

La capacidad del caballo atleta para mantener el rendimiento físico se debe directamente al mantenimiento de la homeostasis, que incluye la disponibilidad de sustratos, el transporte de metabolitos y oxígeno a los músculos esqueléticos en contracción y la eliminación de productos de desecho, especialmente la transferencia de calor del músculo al ambiente circundante. Todas estas funciones requieren un flujo sanguíneo adecuado, que a su vez depende de la hidratación y el mantenimiento del volumen circulante (24).

Aunque la importancia de evaluar muestras de biopsia muscular sea reconocida para la evaluación del daño muscular, los diagnósticos de campo se basan exclusivamente en los signos clínicos y las actividades de las enzimas plasmáticas, ya que el aumento de las actividades enzimáticas refleja el daño muscular. En este contexto, las enzimas más comúnmente investigadas son la creatina quinasa (CK), lactato deshidrogenasa (LDH) y aspartato aminotransferasa (AST). Varios factores pueden influir en la actividad plasmática de estas enzimas, como el sexo, la edad y las características de los programas de ejercicio y entrenamiento. La liberación de enzimas citoplasmáticas, incluidas CK, AST y LDH, fue considerado un parámetro de evaluación del daño muscular durante el ejercicio. Entre estos, se

considera que la actividad de CK es el indicador más específico y sensible para detectar y monitorear el daño muscular en caballos (25).

El mayor problema a la hora de evaluar los valores de las enzimas musculares es la definición del aumento normal de la actividad enzimática en respuesta a un régimen de ejercicio específico. El ejercicio representa un poderoso estímulo fisiológico para el eje hipotálamo-pituitario-suprarrenal, este eje juega un papel principal en la adaptación al esfuerzo y la concentración plasmática de cortisol está influenciada por la duración del ejercicio. Sin embargo, la concentración plasmática inducida por el ejercicio puede reflejar las demandas fisiológicas de cualquier tipo de esfuerzo (26).

Varios estudios han determinado elevaciones en las concentraciones plasmáticas de cortisol asociadas con el ejercicio en caballos compararon las concentraciones de cortisol en caballos inmediatamente después de pruebas de salto, competición completa de equitación (CCE), trote, carreras y pruebas de resistencia y revelaron que las concentraciones plasmáticas de cortisol eran similares, excepto en resistencia, donde eran un 30 % más altas que en cualquier otra actividad ecuestre también demostraron que en algunos caballos la anticipación del ejercicio activaba el eje suprarrenal (25).

Los cambios en las concentraciones de insulina durante el ejercicio se atribuyen principalmente al aumento de las catecolaminas circulantes responsables de inhibir la acción de la insulina. Los cambios en las concentraciones de glucosa plasmática representan un estímulo para la glucogénesis hepática. Los factores que influyen en la glucosa en sangre son bastante complejos y dependen de las tasas de glucogenólisis y gluconeogénesis. Las concentraciones de glucosa en plasma generalmente aumentan después del ejercicio máximo y submáximo de corta distancia y no cambian después del esfuerzo físico (27).

El ejercicio prolongado aumenta la producción de radicales libres y fuentes reactivas de oxígeno (ROS) y pueden suprimir las defensas antioxidantes, lo que provoca estrés oxidativo. Si los sistemas antioxidantes se agotan durante una sesión de ejercicio, aumenta la susceptibilidad de las células y tejidos al daño de las ROS. Dicho daño a las membranas celulares contribuye a la lesión muscular, la fatiga o el desarrollo de diversas condiciones patológicas. Los radicales libres de oxígeno conducen a una pérdida de la integridad de la membrana y de las funciones celulares a través de la peroxidación lipídica, seguida de una inactivación de enzimas y un

aumento del calcio ionizado, que, a su vez, puede activar varios procesos degradativos en la célula muscular durante el trabajo (25).

Los oxidantes son capaces de dañar el ADN, los lípidos y las proteínas; sin embargo, existe un complejo sistema de antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos para proteger al organismo contra el daño oxidativo. Los principales antioxidantes no enzimáticos son la vitamina C (ácido ascórbico), la vitamina E (α -tocoferol), el glutati3n y el ácido úrico. Las enzimas superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y glutati3n peroxidasa (GPx) ya que proporcionan la defensa primaria contra las ROS generadas durante el ejercicio, y la actividad de estas enzimas aumenta en respuesta al ejercicio tanto en animales como en el hombre. Aunque la CAT está ampliamente distribuida en la célula, se encuentran altas concentraciones de esta enzima tanto en los peroxisomas como en las mitocondrias y también elimina el peróxido de hidrógeno. CAT requiere hierro como cofactor y, al igual que otras enzimas antioxidantes primarias, es mayor en fibras musculares con alta capacidad oxidativa y menor en fibras musculares con baja actividad oxidativa (25).

2.1.10. Medici3n de las variables fisiológicas:

Los signos vitales son medidas de una variedad de estadísticas fisiológicas. Los signos vitales a evaluar en el presente trabajo son la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y la frecuencia respiratoria. Los parámetros normales son aquellos rangos que indican que caballo está sano.

- **Temperatura:**

La temperatura rectal es una de las medidas más sencillas para determinar la temperatura corporal en muchas especies animales y el uso de un termómetro rectal es el método más utilizado para obtener la temperatura corporal en caballos. Se ha demostrado que la temperatura rectal está altamente correlacionada con la temperatura corporal central profunda en algunos estudios con caballos. Siendo el rango de temperatura corporal normal de un caballo sano está entre 37,5 y 38,5 °C, cuando se encuentran en su zona termoneutral (5 a 25 °C) (28).

- **Frecuencia respiratoria**

La respiraci3n se refiere a la inhalaci3n de oxígeno y la exhalaci3n de dióxido de carbono y vapor de agua de los pulmones. La frecuencia respiratoria normal de un caballo en reposo es de aproximadamente 8 a 14 respiraciones por minuto, más o menos una o dos respiraciones.

La medición de la frecuencia respiratoria se realizará mediante la observación, mirando hacia el área de la caja torácica. Observando pasivamente el ascenso y descenso de las costillas o la zona de los flancos, alternativamente, se puede colocar la mano a unos centímetros de la fosa nasal del caballo, teniendo en cuenta que algunos caballos se distraen con la mano en la nariz, lo que hace que sea más difícil obtener un conteo preciso en comparación con el método anteriormente descrito (29).

- **Frecuencia cardíaca:**

El aumento de la frecuencia cardíaca y diversos parámetros cardíacos desempeñan un papel importante en la evaluación de la condición física de los caballos deportivos. La condición física de un caballo, la rutina de competencia de ese caballo en particular y el menor estrés resultante afectan varios parámetros cardíacos (30).

La frecuencia cardíaca (pulso) es más rápida en los caballos jóvenes que en los caballos mayores. Los caballos adultos normales tienen una frecuencia cardíaca de 28 a 40 latidos por minuto. La frecuencia cardíaca de los potros recién nacidos varía de 80 a 120, los potros más grandes de 60 a 80, y los potros de un año de 40 a 60 latidos por minuto (31).

La medición de la frecuencia cardíaca se realizará mediante el uso de un estetoscopio para escuchar el corazón en el lado izquierdo del caballo, justo detrás del codo. Si no se dispone de estetoscopio, se puede tomar el pulso en la arteria lingual, que se encuentra en la parte inferior de la mandíbula. Toma el pulso presionando con 2 dedos (nunca con el pulgar) durante 15 segundos y luego multiplica el número de pulsaciones por cuatro para determinar la frecuencia cardíaca en ppm (pulsaciones por minuto) (32).

2.1.11. Hematología y bioquímica sérica:

La hematología y la bioquímica sérica de los caballos se utilizan como indicadores de alteraciones metabólicas en los tejidos para evaluar daños tisulares, problemas nutricionales, fisiológicos y del rendimiento deportivo (33).

La concentración sanguínea de un metabolito es indicativo del volumen de reservas de disponibilidad inmediata. Esta concentración se produce dentro de los límites de las variaciones fisiológicas, considerados como los valores de referencia. Los animales con concentraciones fuera de los valores de referencia pueden estar sufriendo un desequilibrio nutricional o una disminución de la capacidad de biotransformación los nutrientes (34).

Por lo tanto, la correcta interpretación de los perfiles bioquímicos es compleja debido a los mecanismos que controlan los niveles sanguíneos de los metabolitos. Existen diversos factores que pueden influir en los parámetros sanguíneos de los caballos, entre los que se incluyen factores intrínsecos como la raza, la edad, el sexo, la resistencia, la adaptación, la rusticidad al medio, entre otros. Y los factores extrínsecos que interfieren en los componentes sanguíneos que están relacionados con el clima, la salud, el entorno y la gestión en que se crían, así como la intensidad del entrenamiento y las competiciones, que pueden influir en los componentes sanguíneos (35).

En general, el equino es sensible a los cambios ambientales, lo que puede reflejarse en respuestas fisiológicas y sanguíneas. El estrés por calor puede provocar un aumento del recuento de leucocitos y eritrocitos, del contenido de hemoglobina y del hematocrito. Al aumentar la temperatura, los caballos pierden líquido a través de la sudoración y el sistema respiratorio, lo que puede reducir el volumen de plasma sanguíneo, provocando hemoconcentración (36).

La actividad sérica de las enzimas se ve afectado por el ritmo, la duración, la intensidad y la frecuencia del entrenamiento. Ejercicios repetitivos inducen la adaptación fisiológica de los caballos y la respuesta adaptativa reduce el estrés fisiológico asociado al ejercicio. Incluso en casos de lesiones musculares mínimas, puede producirse una extravasación de componentes intracelulares como enzimas y mioglobina (37).

Con un entrenamiento y acondicionamiento físico adecuado, las membranas celulares se vuelven menos sensibles a las interacciones del ejercicio o reducen las alteraciones extracelulares perjudiciales para los miocitos. La actividad enzimática relacionada con la función muscular indica la intensidad de las lesiones en los animales expuestos a una actividad física intensa. De esta forma, se reflejan en las vías metabólicas y en el desarrollo funcional del caballo (37).

Por lo tanto, los conocimientos sobre la bioquímica sérica son utilizados para garantizar el rendimiento deportivo al cual están expuestos los caballos de igual forma que su salud. A través de la composición del plasma sanguíneo es posible evaluar cambios nutricionales, metabólicos y fisiológicos, así como trastornos tisulares (38).

Valores hematológicos a evaluar:

- **Eritrocitos:**

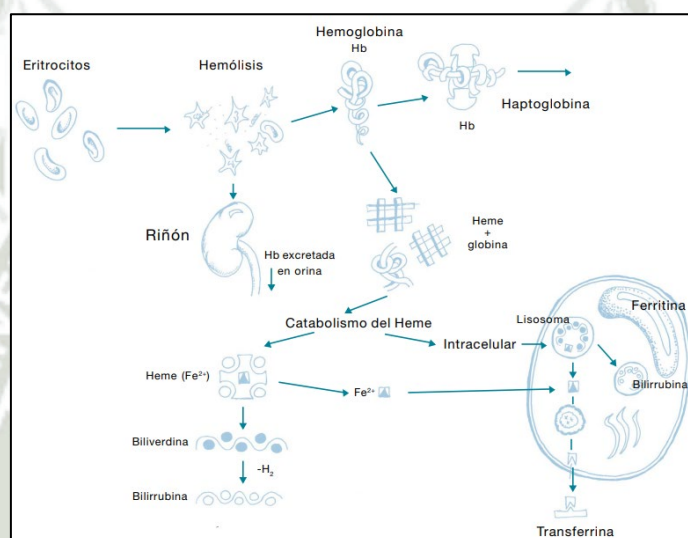
Los eritrocitos equinos son de tamaño similar a los eritrocitos felinos y también carecen de palidez central. Por lo tanto, la identificación del cambio de forma de los esferocitos es muy difícil de discernir en estas especies. La sangre de caballos sanos a menudo muestra una formación de rouleaux prominente. Ocasionalmente se observan cuerpos de Howell-Jolly en frotis de sangre de caballos sanos. Los policromatófilos no se observan en la sangre de caballos sanos y rara vez se observan en la sangre de caballos anémicos. Por lo tanto, el grado de regeneración eritroide en respuesta a una anemia no puede evaluarse mediante la cuantificación de reticulocitos en caballos. La vida útil de los eritrocitos en los caballos varía de 140 a 150 días (39).

- **Hemoglobina:**

La hemoglobina es una molécula compleja que se encuentra en los eritrocitos y cuya función principal es transportar oxígeno a los tejidos; está formada por una proteína llamada globina y un grupo “heme”, que a su vez está constituido por una protoporfirina (responsable del color rojo de los eritrocitos), que es un átomo de nitrógeno rodeado por cuatro anillos pirrólicos, este nitrógeno tiene capacidad para unirse al hierro, dando lugar así a una ferroprotoporfirina, que es lo que se conoce como grupo “heme”. Se considera que, aproximadamente 70% del hierro del cuerpo, está contenido en la hemoglobina. La relevancia del hierro radica en que se une a las moléculas de oxígeno para generar la oxihemoglobina, que presenta un color rojo intenso; no obstante, la hemoglobina muestra mayor afinidad por el monóxido de carbono, formando carboxihemoglobina, que tiene un tono rojo cereza. Cuando el hierro se oxida, cambia de ferroso a férrico, creando metahemoglobina, que tiene un color rojo oscuro o rojo chocolate; esta se presenta en casos de intoxicación por nitritos o por compuestos clorados (40).

En los mamíferos, la duración de la hemoglobina varía entre 46 y 160 días. Al morir un eritrocito, los compuestos mencionados anteriormente se dividen en heme y globina; a su vez, el heme se descompone; el hierro se separa de la protoporfirina y se almacena en el citoplasma de los macrófagos. La causa por la que no debe existir hierro “libre” es que se convierte en un excelente sustrato para muchas bacterias, por lo que, si estuviera accesible para ellas, los animales tendrían una elevada susceptibilidad a infecciones bacterianas. Los cuatro anillos pirrólicos que integraban la porfirina se convierten en un compuesto denominado biliverdina

(verde), un proceso que ocurre en el sistema reticuloendotelial (macrófagos esplénicos); posteriormente, la biliverdina entra en la circulación sanguínea como bilirrubina (amarilla) libre o indirecta, y al llegar al hígado, en los hepatocitos se combina con dos moléculas de ácido glucurónico, generando bilirrubina conjugada o directa, la cual se excreta en la bilis, y al llegar al intestino, se transforma en urobilinógeno y estercobilina, colorando las heces y orina; esto se explicará con mayor profundidad en la sección relacionada con los pigmentos biliares (40).

Figura 1**Destino de la hemoglobina cuando se separa del eritrocito**

Nota. Trigo, 2004 (40).

Este es un análisis de la proteína que transporta el oxígeno en el interior de la célula. A mayor hemoglobina, mayor habilidad para transportar oxígeno. Sin embargo, si hay un exceso, se restringe el flujo sanguíneo por su mayor densidad. Si un caballo en competencia o carreras presenta un nivel de hemoglobina inferior a 12,5 o superior a 16, su desempeño se verá afectado. Un resultado de análisis bajo indica un estado de anemia o posiblemente un problema crónico relacionado con parásitos (41).

El nivel de hemoglobina no se vincula directamente con el estado físico que tiene el caballo, aunque sí se puede obtener información sobre si la preparación ha sido recibida adecuadamente por el caballo o si han aparecido problemas durante el aumento de carga de trabajo (41).

- **Hematocrito:**

Es la proporción de glóbulos rojos en la sangre. Usualmente, la cantidad de glóbulos rojos oscila entre 6 y 8 millones por ml, mientras que los glóbulos blancos se encuentran en un rango de 6 a 8 miles por ml. El hematocrito se emplea para analizar situaciones de deshidratación y anemia. Los niveles ideales se sitúan alrededor del 40%. Si los niveles son inferiores al 35% o superiores al 45%, señala que existe algún inconveniente. Un caballo puede presentar anemia si el nivel del hematocrito supera lo normal y no crece de manera proporcional la cantidad de hematíes (glóbulos rojos) debido a la contracción del bazo. Este análisis se ve influenciado si el caballo se encuentra nervioso al momento de extraer la muestra de sangre y también aumenta si el caballo está mejorando físicamente. Un valor superior al 40% necesita ser respaldado por un esfuerzo considerable. De no ser así, el caballo estaba agitado al momento de recoger la muestra. Esto puede dificultar la interpretación del análisis, dado que la deshidratación también es frecuente en caballos que realizan trabajo intenso para mejorar su estado físico (41).

- **Volumen corpuscular medio:**

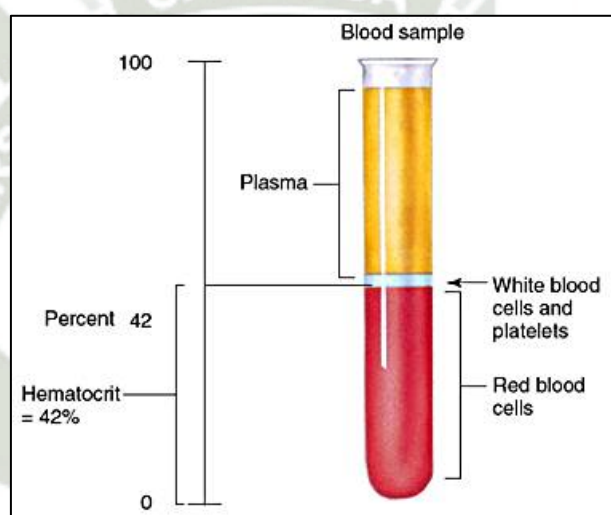
El volumen corpuscular medio (VCM) indica el tamaño del glóbulo rojo. Este análisis ayuda a descifrar posibles causas de anemia. La anemia no sólo se produce ante deficiencias relacionadas con la dieta del caballo. La anemia puede surgir por problemas crónicos de parásitos o inflamación pues en estos casos el hierro que se le proporciona al caballo en su dieta, es utilizado en el proceso de mantener su sistema inmunológico (41).

El VCM nos brinda información acerca de la efectividad de la médula ósea en la generación de glóbulos rojos. Un caballo en óptimas condiciones físicas presenta un VCM elevado y genera glóbulos rojos grandes y de calidad superior. El caballo que está sobreentrenado no genera nuevos glóbulos rojos y presenta un VCM relativamente bajo. En términos generales, un rango de VCM considerado aceptable oscilaría entre 43 y 50. El valor de 50 indica un caballo en las etapas iniciales de su entrenamiento que responde favorablemente (no implica que el caballo esté en su mejor estado físico), mientras que 48 es adecuado para un caballo que se está preparando para competir. Un valor de 46 correspondería a un caballo que se encuentra muy próximo a su estado físico máximo y que requiere disminuir la carga de trabajo para no excederse. Cuando alcance los 45, el caballo comenzará a mostrar signos de agotamiento por el entrenamiento y será necesario tener precaución (41).

- **Concentración de hemoglobina corpuscular media**

Se emplea para calcular la cantidad de hemoglobina en cada glóbulo rojo. Usualmente el análisis debería estar entre 35 y 39%. El análisis no puede superar el 40%, por lo que cualquier resultado que alcance o supere ese porcentaje será erróneo. Las fluctuaciones en este análisis suelen indicar problemas en otros análisis, dado que la mayoría de los laboratorios obtienen el CHCM dividiendo el resultado de Hemoglobina entre el Hematocrito y multiplicando por 100 (41).

Figura 2
Volumen normal de los componentes de la sangre



Nota. Fox, 2024 (42)

Por medio del hemograma es posible verificar alteraciones sanguíneas, mejorar la relación entre los entrenamientos y el desempeño atlético, corrigiendo también déficits nutricionales o incluso fatigas recurrentes por el esfuerzo físico a la que están expuestos los equinos.

2.1.12. Análisis Bioquímico Sérico de Enzimas Musculares en Equinos:

Los equinos experimentan esfuerzos prolongados al participar en la disciplina del deporte ecuestre, y es esencial que cuenten con un sistema adecuadamente entrenado para hacer frente a este tipo de actividad física. Uno de los sistemas que sufre directamente con este esfuerzo es el aparato muscular. La carga de trabajo permanente conduce a este sistema a daños constantes a los que se puede acceder mediante determinaciones de laboratorio de algunos constituyentes del plasma (43).

Las actividades de las enzimas suelen ser bajas en suero o plasma porque normalmente se encuentran dentro de células sanas. También pueden ocurrir elevaciones de la actividad enzimática en el suero en asociación con una mayor permeabilidad celular (44).

La liberación de enzimas citoplasmáticas, incluidas la creatina quinasa (CK), el aspartato transaminasa (AST) y la L-lactato deshidrogenasa (LDH), se considera un parámetro adecuado para la evaluación de la lesión muscular durante el ejercicio. La CK se encuentra entre las enzimas específicas del músculo más importantes y está presente en los tejidos como una isoenzima específica. La determinación de esa isoenzima se utiliza clínicamente como herramienta de diagnóstico en enfermedades musculoesqueléticas. Sin embargo, se ha observado un aumento en las actividades séricas totales de CK y LDH en caballos sanos después de un ejercicio extenuante. Tales eventos se han relacionado con un aumento de la fuga de la membrana del músculo esquelético (45). La CK se libera rápidamente del músculo después de una lesión, con una actividad máxima entre 4 y 12 horas después de una lesión muscular y se elimina de la sangre dentro de las 2 horas ($T_{1/2}$). En el músculo, esta enzima funciona haciendo que el ATP esté disponible para la contracción mediante la fosforilación del ADP a partir del fosfato de creatina (44). Por el contrario, la AST y la LDH se encuentran en la mayoría de los tejidos blandos, con concentraciones máximas después de 24 horas y una vida media mucho más larga de siete días (46). Por lo tanto, el ejercicio de larga duración conduce a grandes elevaciones de estas enzimas en plasma.

La actividad enzimática en plasma se utiliza como indicador de fuga muscular durante el ejercicio. Las enzimas más útiles para evaluar la fuga muscular incluyen CK y AST. Sus valores pueden variar por diversas razones, incluida la alteración de la permeabilidad de la membrana, la necrosis celular, la alteración del aclaramiento de enzimas y el aumento de la síntesis de enzimas (47). Las actividades plasmáticas de CK y AST pueden aumentar durante el ejercicio sin observación de signos clínicos o detección histológica de cambios en la estructura de las células musculares (48).

- **Glucosa:**

La glucosa tiene una composición de 6 carbonos con la fórmula química $C_6H_{12}O_6$. Es una fuente omnipresente de energía para todos los seres vivos del planeta y es vital para sustentar la respiración celular tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas. La glucosa frecuentemente entra al organismo en formas isométricas, como galactosa y fructosa

(monosacáridos), lactosa y sacarosa (disacáridos) o almidón (polisacárido). El exceso de glucosa en el organismo se almacena en forma de glucógeno (un polímero de glucosa), que se libera en momentos de ayuno. La glucosa también se deriva de productos de degradación de grasas y proteínas mediante el proceso de gluconeogénesis (49).

Es una de las fuentes de energía más abundantes y esenciales tanto para plantas como para animales, y existe en diversas formas polimerizadas, como celulosa y glucógeno. La absorción de glucosa desde el torrente sanguíneo hacia la célula es el paso limitante en la utilización de la glucosa, principalmente en los tejidos sensibles a la insulina en todas las especies. El músculo estriado (es decir, cardíaco y esquelético) es el tejido principal que utiliza la glucosa como sustrato energético, seguido por el tejido adiposo. Por ejemplo, el músculo esquelético, que representa aproximadamente el 40% de la masa corporal en especies de mamíferos, es el tejido principal responsable de la eliminación periférica de glucosa, especialmente durante el ejercicio. Además, las demandas energéticas en el corazón son extremas y, como resultado, el corazón tiene la tasa más alta de consumo de oxígeno por gramo de cualquier tejido del cuerpo. Para sostener esta alta demanda de energía, la tasa de utilización de glucosa en el corazón es mayor que en el músculo esquelético, el tejido adiposo y los pulmones, a pesar de la capacidad del miocardio para utilizar otros sustratos (es decir, ácidos grasos, lactato, cuerpos cetónicos) y aminoácidos). Por lo tanto, el transporte y la utilización de glucosa por parte de los miocitos son fundamentales para el mantenimiento de la función muscular. Además, la glucosa absorbida en el intestino estimula la liberación de insulina de las células β pancreáticas, lo que suprime la gluconeogénesis hepática y promueve la absorción de glucosa por los músculos y el tejido adiposo. Finalmente, la glucosa puede regular la transcripción genética, los procesos epigenéticos y la actividad enzimática, así como las neuronas sensibles a la glucosa en el cerebro (49).

- **Absorción de glucosa:**

En todas las células de los mamíferos, la glucosa en sangre se mantiene dentro de un rango estrecho mediante mecanismos homeostáticos. Dado que las bicapas lipídicas de las membranas celulares son impermeables a la glucosa, la mayoría de las células absorben glucosa mediante un proceso de transporte facilitador pasivo, que está mediado por una familia de proteínas integrales de membrana conocidas colectivamente como transportadores de glucosa (GLUT). Se cree que sólo el borde en cepillo de las células epiteliales del intestino delgado y los túbulos contorneados proximales del riñón absorben glucosa mediante un mecanismo activo que utiliza

cotransportadores de Na^+ /glucosa para transportar glucosa contra su gradiente electroquímico. El cotransportador intestinal de Na^+ /glucosa equina, SGLT1, tiene una homología del 85 al 89% a nivel de nucleótidos y del 84 al 87% a nivel de aminoácidos con SGLT1 de otras especies. De manera similar a otras especies herbívoras y omnívoras, hay una mejora en la expresión del cotransportador intestinal de Na^+ /glucosa, SGLT1, y la capacidad de absorber monosacáridos en respuesta al aumento de los niveles de carbohidratos en la dieta de los caballos (49).

- **Función y distribución de los transportadores facilitadores de glucosa:**

Existen varios tipos de transportadores de glucosa con expresión diferencial que varía según el tipo de tejido. Estos transportadores se diferencian en dos categorías principales: transportadores dependientes de sodio (SGLT) y transportadores independientes de sodio (GLUT). Los transportadores de sodio dependen del transporte activo de sodio a través de la membrana celular, que luego se difunde a favor de su gradiente de concentración junto con una molécula de glucosa (transporte secundario activo). Los transportadores de sodio independientes no requieren sodio y transportan glucosa a través de difusión facilitada. De los transportadores independientes de sodio, sólo la expresión de GLUT4 se ve afectada por la insulina y el glucagón (49).

A continuación, se muestra la ubicación principal y función de la familia de transportadores facilitadores de glucosa:

Tabla 1

Ubicación principal y función de la familia de transportadores facilitadores de glucosa

Proteína	Principales sitios de expresión	Función propuesta/sustrato principal	Principales especies estudiadas
GLUT1	Muchos tipos de células (p. ej., eritrocitos, cerebro); tejidos fetales	Captación de glucosa basal; transporte a través de las barreras hemato-tejidas	Roedores, humanos, caballos, vacas, perros, cerdos.
GLUT2	Riñón, intestino delgado, hígado, islotes pancreáticos, cerebro	Transportador de glucosa y fructosa facilitado de alta capacidad y baja afinidad	Roedores, humanos, caballos, vacas.
GLUT3	Cerebro (neuronas) y testículos.	Transportador de glucosa facilitado de alta afinidad; transporte neuronal	Roedores, humanos, vacas, perros, cerdos.
GLUT4	Músculo estriado, grasa, corazón.	Transportador de glucosa facilitado de alta afinidad; transporte regulado por insulina; vinculado a RI/diabetes	Roedores, humanos, caballos, vacas, perros, cerdos.
GLUT5	Intestino delgado, riñón, músculo estriado, grasa, testículos.	Transportador de fructosa facilitado	Roedores, humanos, caballos, vacas, perros, cerdos.
GLUT6	Leucocitos, cerebro, bazo.	Transportador de glucosa facilitado	
GLUT7	Intestino delgado, colon, testículo	Transporte de glucosa y fructosa.	
GLUT8	Testículos, cerebro, blastocisto, músculo estriado, grasa, hígado, bazo, pulmón.	Transportador de glucosa facilitado ampliamente expresado; transporte neuronal; Transporte sensible a la insulina en blastocisto.	Roedores, humanos, vacas, caballos.
GLUT9	Hígado, riñón, intestino delgado.	Transportador facilitado de urato (glucosa)	roedores, humanos
GLUT10	Músculo estriado, pulmón, hígado, páncreas.		
GLUT11	Músculo estriado	Músculo específico; transportador facilitado de glucosa/fructosa	roedores, humanos
GLUT12	Músculo estriado, grasa, próstata, glándula mamaria.	¿Un segundo GLUT facilitado que responde a la insulina?	Roedores, humanos, vacas, caballos.
HMIT	cerebro, grasa	Cotransportador de H ⁺ /mioinositol	
GLUT14	Testículo	Transportador huérfano	

Nota. Lacombe, 2024 (49).

La función y distribución de dos miembros de la clase I, GLUT-1 y -4, se han estudiado ampliamente. GLUT1 se localiza principalmente en la superficie celular y, por tanto, es un

transportador basal que no requiere estimulación de insulina para su activación. Por lo tanto, se considera que GLUT1 es el principal transportador responsable de la captación de glucosa basal en muchos tipos de células. GLUT1 tiene una alta expresión en el cerebro y los eritrocitos y, como consecuencia, 1/3 de la glucosa en sangre se transporta dentro del citoplasma de los glóbulos rojos. Curiosamente, GLUT1 también es muy abundante en las laminillas digitales, lo que indica que esta estructura dermoepidérmica única que soporta peso dentro de la pezuña del caballo es un tejido altamente metabólico. De manera similar, los condrocitos articulares, que expresan GLUT-1 y -3, dependen de la glucosa como principal sustrato energético y como principal precursor para la síntesis de glucosaminoglicanos de la matriz extracelular en el cartílago. El intestino delgado equino es el principal sitio de absorción de glucosa, siendo el transporte de glucosa mayor en el duodeno, seguido del yeyuno y el íleon. La glucosa se transporta a través de la membrana del borde en cepillo de los enterocitos intestinales mediante SGLT1 y luego sale de la célula a través de la membrana basolateral mediante el GLUT2 facilitado, un transportador de glucosa y fructosa de baja afinidad. El intestino delgado equino también expresa GLUT5, un transportador de fructosa, en los enterocitos de las vellosidades, con los niveles más altos en el duodeno y los niveles más bajos en el íleon (49).

- **Contribución del transporte de glucosa a la síntesis de glucógeno muscular:**

Al igual que los humanos, los caballos dependen del metabolismo de los carbohidratos durante el ejercicio de intensidad alta y baja a moderada, donde el glucógeno y la glucosa son los sustratos obligados para mantener la producción anaeróbica de ATP.

Por lo tanto, durante el ejercicio, las fibras musculares utilizan la mayor parte de la glucosa circulante para mantener la contracción. En reposo, la mayor parte de la glucosa que ingresa a la célula se convierte en triglicéridos en el tejido adiposo y en glucógeno en las fibras musculares y el hígado. Por lo tanto, la capacidad de maximizar la reposición de glucógeno muscular después del ejercicio es un factor importante para optimizar el rendimiento posterior en los caballos (49).

Después del ejercicio, la alimentación con una dieta rica en carbohidratos solubles (como cereales y piensos dulces) acelera la síntesis de glucógeno al aumentar la disponibilidad de glucosa y la liberación de insulina. Al igual que en otras especies, la liberación de insulina activa la proteína fosfatasa, que convierte la glucógeno sintasa de su forma inactiva a su forma activa e inhibe las enzimas glucogenolíticas como la fosforilasa. Dado que la glucosa es el sustrato necesario para la síntesis de glucógeno, la liberación de insulina también activa la

translocación de GLUT4 a la membrana plasmática para mejorar la absorción de glucosa. Sin embargo, a diferencia de otras especies, en las que la síntesis completa de la reserva de glucógeno muscular tarda 24 h, en los caballos se necesitan entre 48 y 72 h después del ejercicio exhaustivo, incluso después de alimentarlos con una dieta alta en carbohidratos solubles (49).

- **Gama Glutamil Transferasa:**

La gamma-glutamyltransferasa (GGT) es una enzima unida a la membrana que cataliza la transferencia de grupos gamma-glutamyl a partir de péptidos gamma-glutamyl. Es importante en el metabolismo del glutatión, la absorción de aminoácidos y la protección contra el daño oxidativo. La enzima se encuentra en el tracto biliar y es un marcador de trastornos hepatobiliares y coleostasis en caballos. Hay evidencia de aumentos en la actividad sérica de GGT en caballos de carreras y se han asociado con una carga de ejercicio acumulativa y una posible mala adaptación al entrenamiento (50).

2.1.13. Cambios en la serología plasmática o enzimática, relacionado con el ejercicio:

Un incremento en la actividad plasmática de CK, ASAT y LDH se ve reflejada como respuesta al ejercicio. Se considera que este incremento es resultado de algún daño o alteración en la membrana de la fibra muscular, lo que eleva su permeabilidad. Fisiológicamente, un aumento se observa incluso sin que ocurra ningún tipo de daño en el tejido. La cantidad de incremento en estas enzimas varía según el tipo de ejercicio realizado. Está comprobado que realizar la recolección de muestras 24 horas tras el ejercicio ayuda a distinguir entre los animales que presentan una respuesta fisiológica al ejercicio y aquellos que tienen una respuesta patológica (20).

2.2. Antecedentes de la investigación:

- **Título: Venous Blood Acid-Base Status in Show Jumper Horses Subjected to Different Physical Exercises.**

Autor: Arfuso, F., Giannetto, C., Giudice, F., Fazio, F., Panzera, F., Piccione, G.

Año de publicación: 2020

El propósito de esta investigación fue determinar si el perfil ácido-base presenta variaciones en caballos de salto que son entrenados de manera regular y que se enfrentan a cargas de ejercicio incrementales. Seis yeguas italianas de silla fueron sometidas a tres pruebas de ejercicio físico distintas con carga de trabajo progresiva, clasificadas como tres fases de ejercicio (EP). En la EPI, los caballos realizaron una prueba de ejercicio estandarizada de 15 minutos en una cinta rodante; durante la EPII, participaron en una prueba de salto (altura, 0,9-1,1 m; longitud del recorrido, 300 m); y en la EPIII, los caballos efectuaron dos sesiones de salto en días consecutivos. Se obtuvieron muestras de sangre en reposo (TPRE), tras el ejercicio (TPOST) y 30 minutos después de finalizar el ejercicio (TPOST30). Se evaluaron los niveles de pH, presión parcial de dióxido de carbono (P_{CO_2}), presión parcial de oxígeno (P_{O_2}), concentración de bicarbonato (HCO_3^-), hemoglobina (Hb) y hematocrito (Hct). Se notó un efecto relevante de la carga de trabajo y el tiempo de ejercicio ($P < 0,001$) en los valores de P_{O_2} , P_{CO_2} , HCO_3^- , Hb y Hct. La variación en los parámetros analizados fue, en su mayor parte, reversible en el TPOST30 en caballos expuestos a EPI y EPII, mientras que la P_{O_2} , la Hb y el Hct se mantuvieron más elevados en el TPOST30 que en el TPRE en caballos del segundo día de la sección de saltos (EPIII), sugiriendo una falta de recuperación. Los hallazgos indican que las sesiones de saltos efectuadas en días consecutivos suponen una carga adicional para los caballos, lo cual debe ser considerado por el veterinario para evitar desequilibrios ácido-base y asegurar la salud y el rendimiento de los atletas equinos (51).

- **Título: Haematological and biochemical blood parameters in horses used for sport and recreation**

Autor: Burlikowska, K., Bogusławska-tryk, M., Szymeczko, R., Piotrowska, A.

Año de publicación: 2015

Esta investigación se llevó a cabo para establecer y contrastar los valores en reposo de los índices hematológicos y bioquímicos sanguíneos en caballos sanos desde el punto de vista

clínico que compiten en salto y se emplean en actividades recreativas. El experimento consistió en veinte caballos adultos de razas híbridas polacas y Wielkopolska, expuestos a un régimen de entrenamiento diario habitual para su propósito de uso. Se recogieron muestras de sangre en reposo antes de la nutrición por la vena yugular externa. Los caballos de salto mostraron un mayor número de glóbulos rojos, un valor de hematocrito y una concentración de hemoglobina ($P < 0,05$), además de un nivel sérico de proteína total, albúmina, $\alpha 2$ - y γ -globulinas, HDL y hierro. Los caballos empleados para propósitos recreativos presentaron niveles de β -globulina, magnesio y actividad de la creatina quinasa significativamente más altos. No se encontraron diferencias en los valores de los parámetros hematológicos (VCM, HCM, CHCM), el conteo de leucocitos y su porcentaje, plaquetas, niveles de urea, creatinina, glucosa, triglicéridos, colesterol total, LDL, actividad de AST, ALT y LDH, ni en los contenidos de Na, K, Cl, P y Ca entre los grupos analizados. Los hallazgos de este estudio muestran que la clase de entrenamiento afecta ciertos índices hematológicos y bioquímicos en reposo de los caballos adultos. Los caballos destinados a saltos de obstáculos muestran una mayor capacidad aeróbica y un perfil lipídico más favorable en comparación con los caballos empleados en actividades recreativas (52).

- **Título:** Exercise physiology an essential tool in the evaluation of equine athletes.

Autor: Mylena Dedemo de Figueiredo, Guilherme Barbosa da Costa, Valeska Rodrigues, Daniel Paulino Junior

Año de publicación: 2021

En este estudio se evaluaron las respuestas bioquímicas y fisiológicas del caballo atleta, antes, durante y después del ejercicio, se analizan en la fisiología del ejercicio; para que este comience y ocurra la contracción muscular, es esencial que el organismo genere energía mediante la producción de ATP, que se obtiene en tres procesos: aláctico o láctico. El proceso aláctico ocurre mediante el metabolismo de la fosfoquinasa de creatina (forma anaeróbica) y la glucosa a través del ciclo de Krebs (forma aeróbica), mientras que el proceso láctico se genera mediante el metabolismo del lactato. A lo largo del ejercicio, en un esfuerzo por reintegrar los parámetros equinos, ocurren alteraciones fisiológicas. La fisiología del ejercicio ha investigado, mediante pruebas de esfuerzo realizadas en una cinta ergométrica o al aire libre, maneras de obtener parámetros para valorar la especie. El propósito de este estudio fue analizar una herramienta fundamental que es la fisiología del ejercicio en el entrenamiento físico de los caballos atletas, mediante parámetros que evalúan el desempeño de estos animales. Para la metodología, se llevó

a cabo una revisión bibliográfica de publicaciones sobre la fisiología del ejercicio en caballos. Asimismo, se discutieron las herramientas requeridas para la valoración de los caballos atletas, abarcando las reacciones neurológicas, cardíacas, óseas y electrolíticas (53).

- **Título: Changes in haematological and biochemical parameters in blood serum of horses during exposition to workload stress**

Autor: Massányi, M., Halo, MJr., Massányi, P., Mlyneková, E., Greñ, A., Formicki, G., Halo, M.

Año de publicación: 2022

El propósito de este estudio fue analizar el impacto del entrenamiento equino en varios parámetros sanguíneos, tales como el perfil mineral, el perfil energético, el perfil hepático y la hematología. En el experimento, el grupo de caballos analizado participó en un régimen de entrenamiento que incluyó transporte, descanso, monta, salto, carreras, ejercicio en cinta y herrado. Se tomaron muestras de sangre y se analizaron al comienzo, a la mitad y al término del proceso, que tuvo una duración de un año. Nuestros hallazgos revelan varios cambios importantes en los parámetros sanguíneos, abarcando alteraciones en diferentes minerales como Ca, K y Na, además de variaciones significativas en las proteínas totales, la urea y ciertos elementos del perfil hepático. Los resultados hematológicos también mostraron alteraciones en muestras individuales. Según los resultados de nuestra investigación, podemos concluir que se detectaron alteraciones en el entorno interno del caballo, aunque no se notaron variaciones visibles en la salud de los animales durante el experimento (54).

- **Título: Evaluation of the physiological, hematological and biochemical profile related to the physiology of the exercise of horse submitted the lace modality**

Autor: Rayssa Ludmila Menegatti, Alexsander Toniazco de Matos, Jorge Alfonso Morales-Donoso, Cristiane Maria Fernandes de Melo

Año de publicación: 2022

En este estudio se comprobaron los parámetros fisiológicos, hematológicos y bioquímicos de equinos que fueron sometidos a la modalidad de encaje en el Estado de Mato Grosso do Sul. Se analizaron seis machos y dos hembras en dos instantes, antes y después del ejercicio, denominados M0 y M1. Respecto a los parámetros fisiológicos, en relación a la temperatura rectal, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria en el M0 fueron $(37,23 \pm 0,25, 42,75 \pm 6,22$

y $29,75 \pm 8,77$), respectivamente, mientras que en el M1 ($37,97 \pm 0,34$, $64,35 \pm 13,34$, $60,87 \pm 11,28$), evidenciando un incremento tras la prueba de asa. En el eritrograma, se notó únicamente una variación en el resultado de VCM tras el ejercicio, porque esto ocurre debido al incremento de los glóbulos rojos y la liberación de eritrocitos inmaduros desde la médula ósea. Respecto a los parámetros bioquímicos, únicamente se registró un incremento de M1 en la valoración de aspartato aminotransferasa (AST) y una disminución de la glucemia. Los hallazgos evidenciaron alteraciones fisiológicas, hematológicas y bioquímicas después de las pruebas en caballos, a causa de las demandas fisiológicas del ejercicio equino. Los cambios más significativos se notaron en los resultados fisiológicos, así como en el VCM, AST, LDH, CK y la glucosa de los caballos que realizaron la prueba de equilibrio en este estudio (55).





CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS:

3.1. Localización y Materiales:

3.1.1. Localización de trabajo:

3.1.1.1. Espacial:

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Club hípico militar Chilina, ubicado en el Valle de Chilina S/N, en el distrito de Alto Selva Alegre 051 Arequipilla, de la provincia de Arequipa, con una altitud de 2500 m.s.n.m. localizada en las siguientes coordenadas 16°21'58.0" de latitud sur y 71°32'07.4" de longitud oeste.

3.1.1.2. Temporal:

El presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de setiembre a febrero del 2025.

3.1.2. Materiales biológicos:

Animales:

- Caballos de salto ecuestre Parámetros fisiológicos:
- Latidos cardiacos, frecuencia respiratoria y temperatura rectal

Bioquímicos sanguíneos:

- Muestra de sangre

3.1.3. Materiales de laboratorio:

- Gradillas
- Tubos de vacío con rosca para extracción de sangre con anticoagulante (EDTAk2)
- Adaptadores para extracción de sangre en vacío
- Aguja para extracción de sangre en vacío
- Microtubos tipo "Eppendorf"
- Algodón
- Alcohol
- Jeringas de 5ml Aguja 21G X 1 ½

3.1.4. Materiales de campo:

- Guantes de látex.
- Ambo y botas de jebe
- Estetoscopio
- Termómetro

3.1.5. Materiales de escritorio:

- Laptop
- Cuaderno de apuntes

3.1.6. Equipos:

- Espectrofotómetro

3.1.7. Otros materiales:

- Computadora
- Fichas para el registro del animal registrado.
- Cronograma de muestreo.

3.2. Métodos:

3.2.1. Muestreo:

3.2.1.1. Universo:

La población objetivo para este estudio fue de 14 caballos participantes en el deporte de salto ecuestre. Estos caballos fueron seleccionados de diversas competencias y entrenamientos en el Club hípico militar de Chilina.

3.2.1.2. Tamaño de muestra:

La muestra quedó conformada por 14 caballos, correspondientes al total de la población accesible que cumplía con todos los criterios de inclusión dentro del regimiento del Club Hípico Militar de Chilina durante el período del estudio. Esta cifra representa un censo de la subpoblación institucional disponible, a diferencia de los ejemplares de propiedad particular que no fueron considerados debido a limitaciones logísticas y de protocolo. Este enfoque

permitió conformar un grupo de estudio homogéneo en cuanto a manejo, régimen de entrenamiento y condiciones ambientales, factores esenciales para minimizar variables confusoras en la evaluación de la respuesta fisiológica al ejercicio.

3.2.1.3. Procedimiento de muestro:

Para la conformación del grupo de estudio, se establecieron tres criterios de inclusión: pertenencia al regimiento militar, participación activa en competiciones de salto, y estado de salud óptimo. Los 14 caballos que cumplían estas condiciones conformaron la muestra, la cual presentó la ventaja metodológica de homogeneidad en manejo, alimentación y entrenamiento.

Caracterización de la muestra entre machos y hembras siendo la cantidad correspondiente de:

- 12 machos
- 2 hembras

Siendo el rango de edad de (5-20 años) conformaron la muestra definitiva. Es importante precisar que, dado el diseño de mediciones pareadas (cada caballo como su propio control en M0 y M1), ambos grupos fueron evaluados bajo el mismo protocolo de ejercicio.

3.2.2. Métodos de evaluación:

3.2.2.1. Metodología de la experimentación:

Este modelo de metodología de experimentación se centró en la evaluación integral de parámetros fisiológicos, hematológicos y bioquímicos séricos en dos momentos clave: el Momento 0 (M0), cuando los caballos se encontraban en reposo, y el Momento 1 (M1), posterior a la realización de la prueba de deporte ecuestre.

Las muestras se recogieron durante la mañana para garantizar uniformidad en las condiciones de muestreo. Durante 6 meses en dos grupos, para ambos grupos se mantuvo el intervalo de 15 días entre mediciones, cada grupo completó los 6 puntos de evaluación partiendo del día 0, 15, 30, 45, 60 y 75 del entrenamiento. Considerando los 14 caballos, los dos momentos de medición (M0 y M1), y los seis puntos de evaluación por grupo, el estudio generó, 28 observaciones por sesión, 168 por grupo, siendo el total de muestras a analizar durante todo el ensayo de 336. Los animales fueron sometidos a la prueba de deporte ecuestre durante un periodo de 7 minutos con descansos \pm 20 minutos.

Se midieron:**Parámetros Fisiológicos:**

- Medición de la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y temperatura rectal.
- Registro continuo de estos parámetros durante el ejercicio y el periodo de reposo.

Hemograma:

- Hematocrito y Hemoglobina: Estos análisis midieron la proporción de células sanguíneas y la concentración de hemoglobina en la sangre, respectivamente.
- Índices hematológicos: Incluyeron el VCM (volumen corpuscular medio), el HCM (hemoglobina corpuscular media) y el CHCM (concentración de hemoglobina corpuscular media), que proporcionaron información adicional sobre las características de los glóbulos rojos
- Obtención de 5 ml de sangre mediante punción en la vena yugular.
- Almacenamiento de las muestras en tubos de ácido acetil etilendiamino tetra-acético dipotásico (K2 EDTA) para el análisis comparativo de valores hematológicos.

Análisis Bioquímicos Sanguíneos:

- Perfil metabólico: Incluyó la medición de diferentes parámetros como glucosa y enzimas hepáticas como AST.
- Perfil de enzimas musculares: Se incluyó la creatina quinasa (CK), que fue útil para evaluar el estado de los músculos.
- Colecta de sangre en tubos con activador de coágulo, recopilando 4 ml de muestra para análisis bioquímicos, con la finalidad de cuantificar las concentraciones de actividad de las enzimas aspartato aminotransferasa (AST), creatina quinasa (CK).

Métodos referenciales que se realizaron para los análisis correspondientes:

Bioquímica Sanguínea para el análisis del perfil bioquímico sanguíneo, se empleó la técnica analítica basada en la espectrofotometría. Este enfoque permitió medir con precisión diversas sustancias químicas en la sangre, como glucosa y enzimas específicas, que fueron cruciales para evaluar la condición metabólica y el estado de salud general de los caballos. La espectrofotometría cuantificó la absorción de luz en diferentes longitudes de onda por las moléculas presentes en la muestra sanguínea y proporcionó datos cuantitativos fiables y

reproducibles. Esta técnica fue esencial para monitorear cómo el ejercicio afectó los parámetros bioquímicos y, por ende, la salud y rendimiento de los caballos en el deporte de salto ecuestre.

Hematología

En el ámbito hematológico, los análisis se realizaron utilizando métodos referenciales basados en la impedancia, así como otras técnicas específicas. La impedancia se empleó para contar y clasificar las células sanguíneas, proporcionando un perfil detallado del recuento de glóbulos rojos. Este método midió los cambios en la resistencia eléctrica a medida que las células pasan por un pequeño orificio, lo que facilitó la evaluación de la salud celular de los caballos. Además, se determinó el hematocrito mediante microcentrífuga, que separó los componentes de la sangre a través de la centrifugación, lo que permitió medir el volumen de glóbulos rojos en relación al volumen total de sangre.

La concentración de hemoglobina se midió mediante espectrofotometría, utilizando la absorción de luz para cuantificar la hemoglobina presente en la sangre. Estos métodos combinados proporcionaron una evaluación exhaustiva y precisa del estado hematológico de los caballos, lo que es fundamental para entender cómo el ejercicio de salto ecuestre afectó estos parámetros. Al correlacionar estos datos con la fisiología del ejercicio, se pudo obtener información valiosa sobre el impacto del deporte en la salud y el rendimiento de los caballos, contribuyendo a optimizar sus cuidados y entrenamientos.

3.2.2.2. Recopilación de la información:

a) En el campo:

- Medición en tiempo real de los parámetros fisiológicos, como la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y temperatura rectal
- Muestras de sangre

b) En el laboratorio

Resultados de los valores hematológicos como:

- Eritrocitos
- Hemoglobina
- Hematocrito

- Volumen corpuscular medio (VCM)
- Hemoglobina corpuscular media (HCM)

Resultados de la bioquímica sérica como:

- Glucosa
- Aspartato Aminotransferasa (AST)
- Creatina quinasa (CK)
- Fosfatasa alcalina (FA)

c) En la biblioteca:

- Artículos y libros relacionados al tema de investigación, al igual que investigaciones y trabajos de tesis para la realización del marco teórico.

d) En otros ambientes generadores de la información científica:

- Sitios web relacionados al tema de investigación

3.3. Variables de respuesta:

3.3.1. Variables independientes

- Edad del caballo
- Sexo del caballo
- Toma de muestra

3.3.2. Variables dependientes:

- Parámetros fisiológicos
- Parámetros hematológicos
- Parámetros bioquímicos sanguíneos

3.3.3. Cuadro de observaciones a registrar

	Variables	Indicadores
Independiente	Edad del animal	– Entre los 5 – 20 años
	Sexo del animal	– Machos y hembras
	Toma de muestras	– M0 y M1
Dependiente	Parámetros fisiológicos	– Frecuencia cardíaca – Frecuencia respiratoria – Temperatura rectal
	Parámetros hematológicos	– Eritrocitos – Hemoglobina – Hematocrito – Volumen corpuscular medio (VCM) – Concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM)
	Parámetros bioquímicos sanguíneos	– Glucosa – Aspartato Aminotransferasa (AST) – Creatina quinasa (CK) – Fosfatasa alcalina (FA)

3.4. Evaluación estadística:

3.4.1. Diseño experimental:

3.4.1.1. Unidades experimentales:

Caballos participantes en la disciplina del deporte ecuestre (equitación) en el Club Hípico militar de Chilina, Arequipa

Diseño de tratamientos:

- M0: Toma de muestras cuando los caballos están en reposo
- M1: Toma de muestras después de la realización de la prueba del deporte de equitación

3.4.1.2. Análisis estadísticos:

Para este caso se aplicó la prueba t de Student, que nos permitió examinar de manera más precisa las variaciones en las medias de nuestras variables de interés en los momentos M0 y M1, proporcionando una evaluación detallada de las respuestas fisiológicas y sanguíneas de los caballos. Esta aproximación más enfocada resultó coherente con la naturaleza de nuestra investigación y nos brindó la capacidad de detectar diferencias significativas en momentos clave del ejercicio ecuestre.

Test t de muestras pareadas, nos permitió comparar las medias de dos mediciones tomadas del mismo grupo de sujetos (antes y después del ejercicio como es el caso del presente proyecto).

Procedimiento:

Formulación de la hipótesis:

- Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa entre las medias de las dos mediciones (antes y después del ejercicio).
- Hipótesis alternativa (H1): Hay una diferencia significativa entre las medias de las dos mediciones.

3.4.1.3. Análisis de significancia:

Cálculo del test t:

- Se calculó la diferencia entre cada par de observaciones (después - antes).
- Se calculó la media y la desviación estándar de las diferencias.
- Se utilizó la fórmula del test t para muestras pareadas:

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d/\sqrt{n}}$$

- \bar{d} es la media de las diferencias.
- S_d es la desviación estándar de las diferencias.
- n es el número de pares de observaciones.

En este contexto, se estableció un umbral de significancia de 0,05 (5%). Si el valor p obtenido en el análisis es menor que este umbral ($p < 0,05$), se considera que hay evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y afirmar que hay diferencias significativas entre las medias.



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1 Descripción de los equinos evaluados

Tabla 2

Características generales de la población equina de estudio

Características	Valores
Número de animales	▪ 14
Sexo (Macho/Hembra)	▪ 12/2
Nombre:	Años:
▪ Aldaz	▪ 14 años
▪ Auqui	▪ 5 años
▪ Belladona	▪ 12 años
▪ Boris	▪ 12 años
▪ Corsario	▪ 11 años
▪ Gran Yslam	▪ 7 años
▪ Hierro azul	▪ 19 años
▪ Ibrahin	▪ 5 años
▪ Isis	▪ 5 años
▪ Perla	▪ 20 años
▪ Rodrigo	▪ 19 años
▪ San Nicolas	▪ 12 años
▪ Theodore	▪ 7 años
▪ Yurimagua	▪ 19 años

4.1.2 Parámetros fisiológicos:

En este estudio fueron evaluados 14 equinos sometidos al deporte de salto ecuestre en el Club Hípico Militar Chilina. Los datos sobre los parámetros fisiológicos, antes y después de la actividad física, se muestran en la tabla 3.

Tabla 3

Resultados referentes a las constantes fisiológicas de caballos sometidos a la prueba de salto ecuestre antes y después del ejercicio.

Constantes evaluadas	Momento 0	Momento 1	Valor de p
FC (lpm)	39.62±2.53 lpm	127.74±10.65 lpm	< 0.0001
FR (rpm)	17.76±1.97 rpm	47.46±3.67 rpm	< 0.0001
TR (°C)	37.92±0.31 °C	39.15±0.30 °C	< 0.0001

FC (frecuencia cardíaca), FR (frecuencia respiratoria), TR (temperatura rectal), lpm (latidos por minuto), rpm (respiraciones por minuto), °C (grads Celsius), $p < 0.05$

Figura 3

Comparación entre el parámetro de FC: Momento 0 y Momento 1

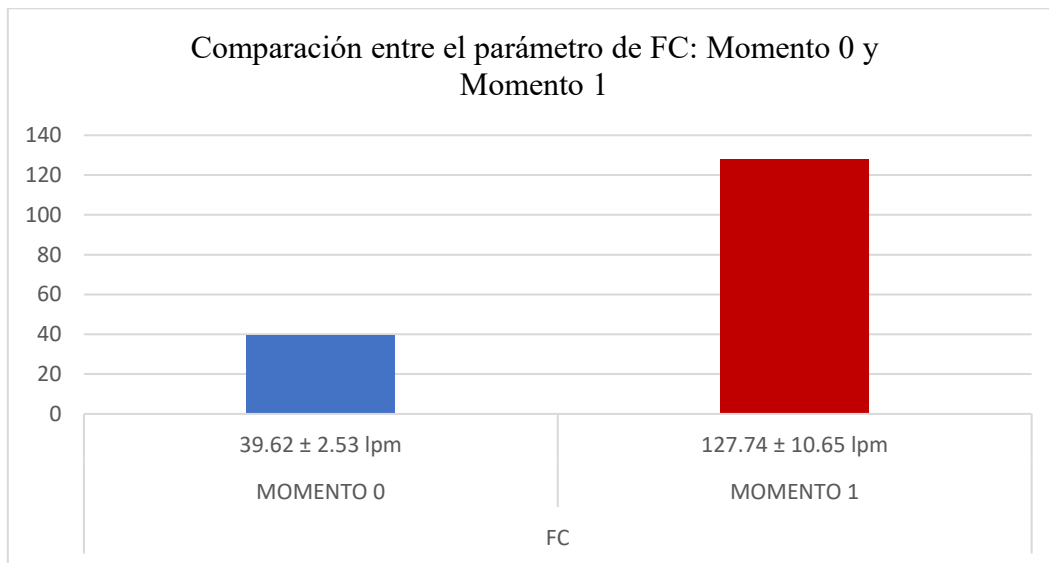


Figura 4

Comparación entre el parámetro de FR: Momento 0 y Momento 1

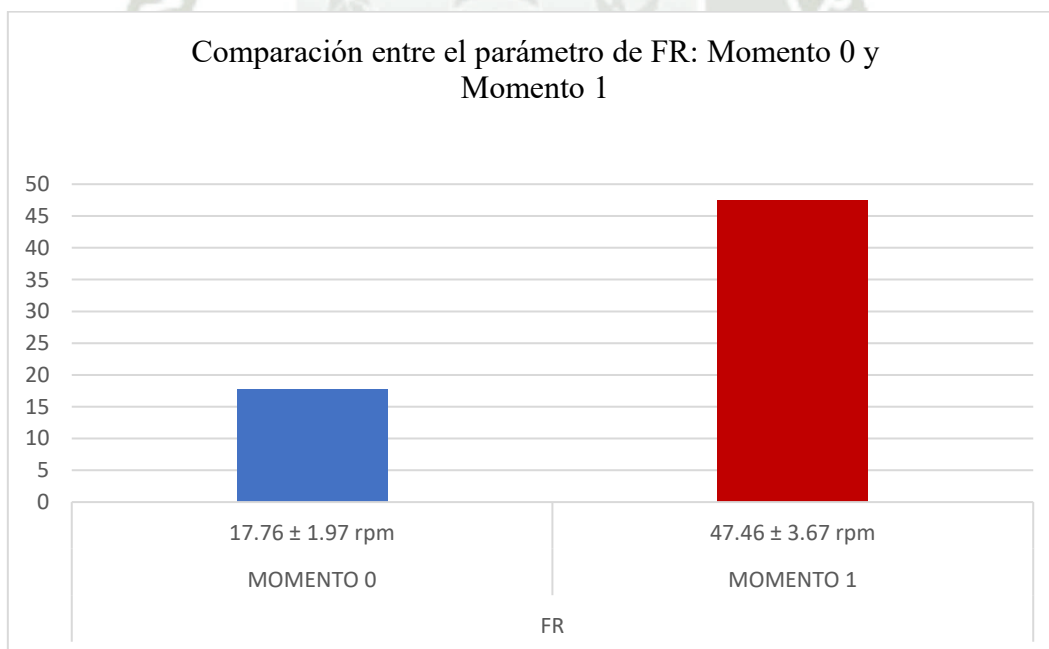
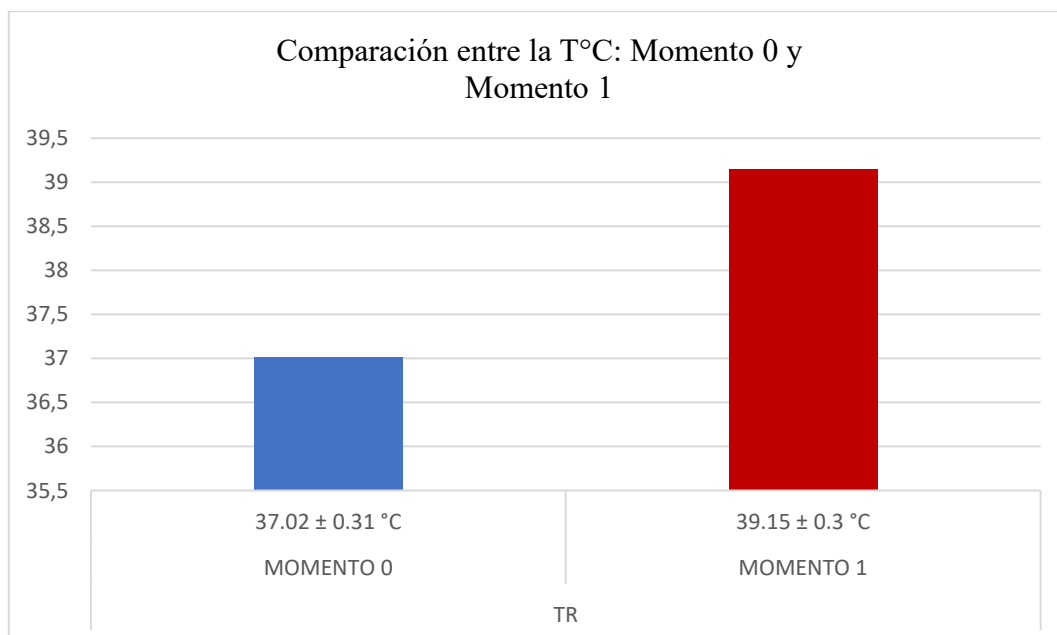


Figura 5
Comparación entre la T°C: Momento 0 y Momento 1



La respuesta fisiológica de los caballos sometidos a la prueba de salto se evaluó cuantitativamente midiendo parámetros antes (Momento 0) e inmediatamente después (Momento 1) del esfuerzo físico. Los datos registrados, incluyendo media estadística, desviación estándar y significancia estadística, se presentan en la tabla 2.

La frecuencia cardíaca (FC) mostró un incremento pronunciado, pasando de 39.62 ± 2.53 lpm en reposo (Momento 0) a 127.74 ± 10.65 lpm inmediatamente después del ejercicio (Momento 1). Este aumento, con un valor de $p < 0.0001$, evidencia una respuesta cardiovascular marcada ante la exigencia física de la prueba realizada por los caballos como se hace referencia en la figura 1.

De igual forma, la frecuencia respiratoria (FR) se elevó considerablemente desde 17.76 ± 1.97 rpm en el Momento 0 hasta 47.46 ± 3.67 rpm en el Momento 1. La extrema significancia estadística de este cambio ($p < 0.0001$) refleja la demanda metabólica y la necesidad de un intercambio gaseoso eficiente durante la recuperación tras el esfuerzo realizado como se referencia en la figura 2.

Asimismo, en la temperatura corporal (TR) también hubo un ascenso significativo ($p < 0.0001$), de 37.92 ± 0.31 °C en condiciones basales hasta 39.15 ± 0.30 °C post-ejercicio. Este incremento es consistente con la producción de calor metabólico asociada a la intensa actividad muscular, como se referencia en la figura 3.

4.1.3 Parámetros hematológicos:

En este estudio fue evaluada sangre de 14 equinos sometidos al deporte de salto ecuestre en el Club Hípico Militar Chilina. Los valores referentes a los parámetros fisiológicos, antes y después de la actividad física, se presentan en la tabla 4.

Los resultados de las medias y la desviación estándar de los biomarcadores séricos antes y después de la prueba deportiva de salto se muestran en la tabla 4.

Tabla 4

Resultados referentes a los parámetros hematológicos de caballos sometidos a la prueba de salto ecuestre antes y después del ejercicio.

Parámetros evaluados	Momento 0	Momento 1	Valor de p
Eritrocitos ($10^6/\text{mm}^3$)	7.25 ± 0.84	8.21 ± 0.97	< 0.0001
Hemoglobina (g/dl)	12.37 ± 1.78	14.82 ± 2.37	< 0.0001
Hematocrito (%)	36.34 ± 4.88	43.42 ± 6.82	< 0.0001
VCM (fl)	50.43 ± 5.86	53.26 ± 8.14	0.011
CHCM (g/dl)	33.76 ± 2.32	34.12 ± 1.03	0.193

VCM (Volumen Corpuscular Medio), HCM (Hemoglobina Corpuscular Media), CHCM (Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media), $p < 0,05$

Figura 6

Comparación entre el parámetro recuento eritrocitario: Momento 0 y Momento 1

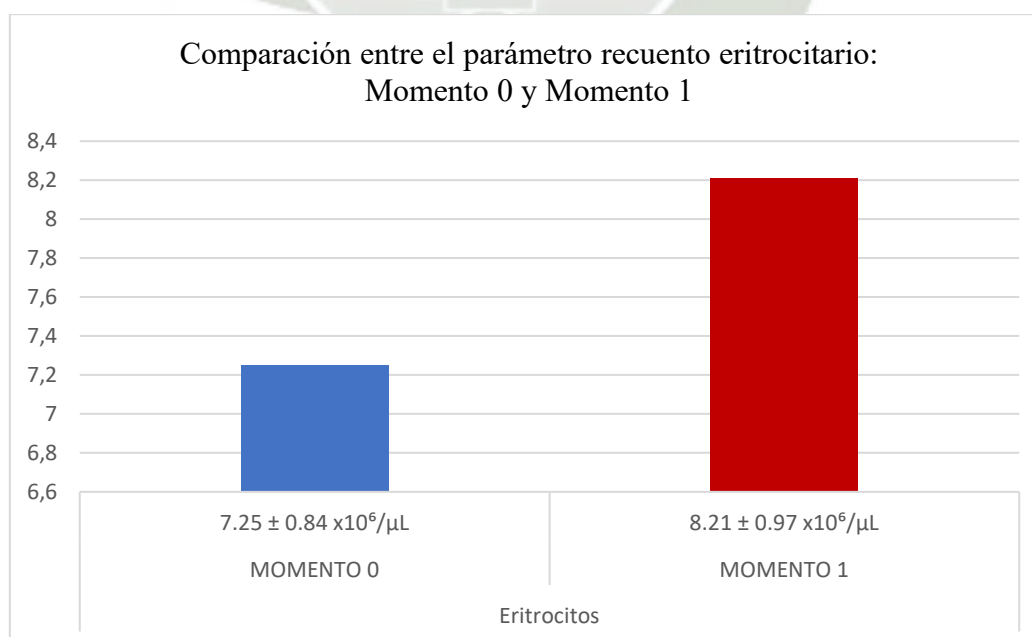


Figura 7

Comparación entre los valores de hemoglobina: Momento 0 y Momento 1

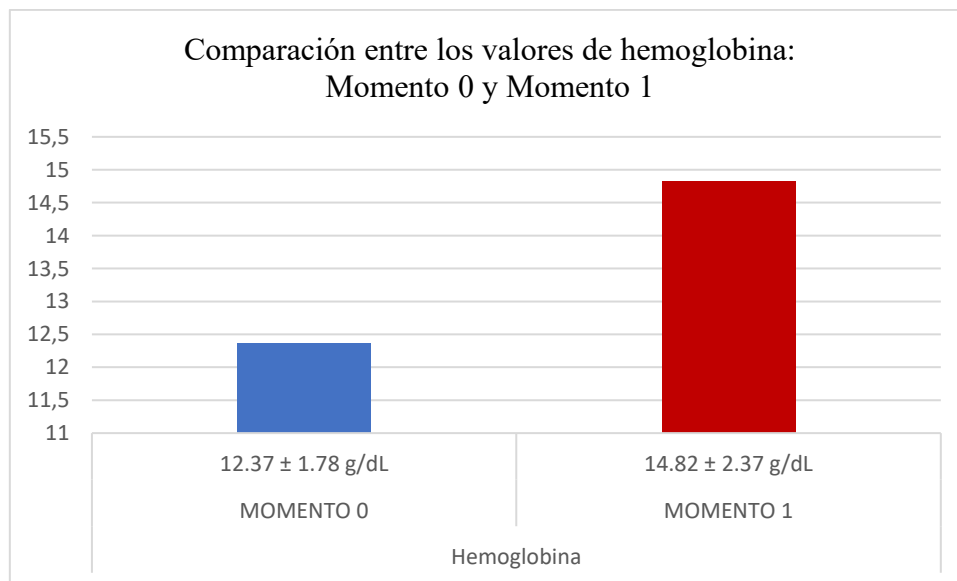


Figura 8

Comparación entre los valores de hematocrito: Momento 0 y Momento 1

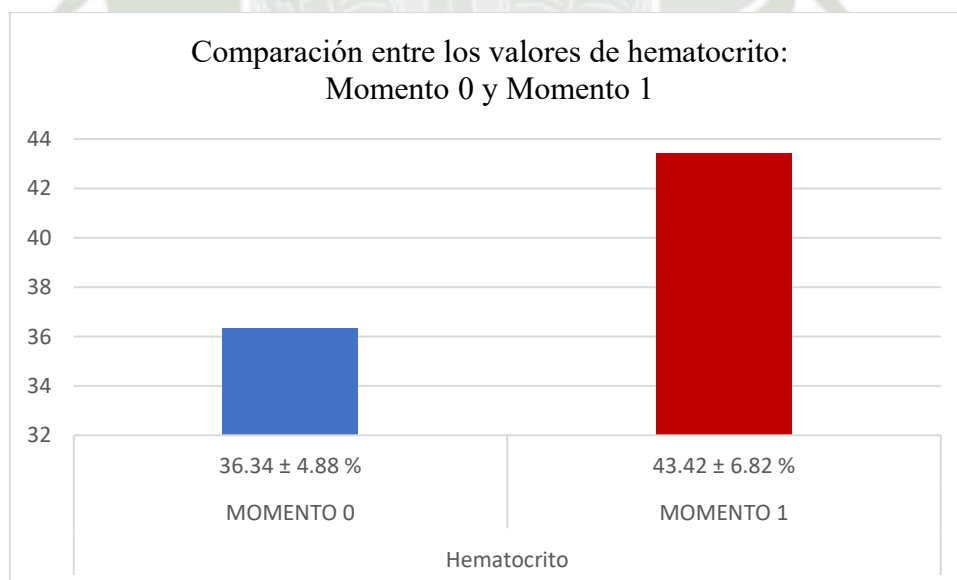


Figura 9

Comparación entre los valores de VCM: Momento 0 y Momento 1

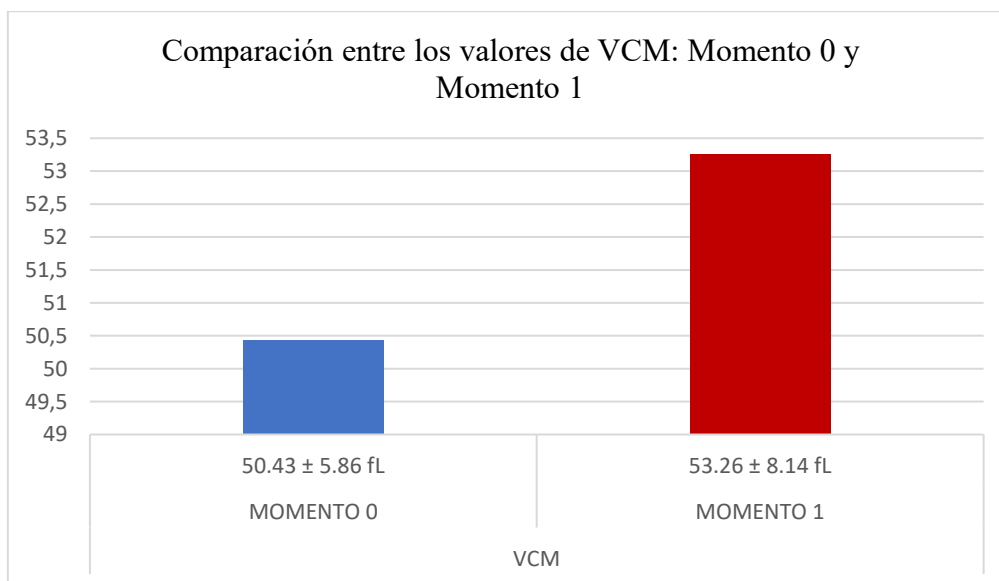
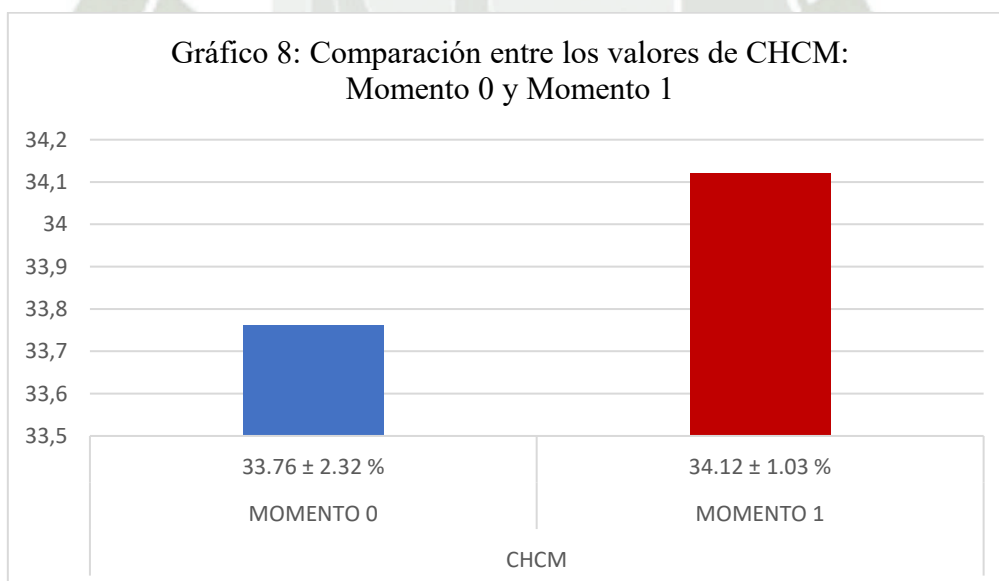


Figura 10

Comparación entre los valores de CHCM: Momento 0 y Momento 1



De acuerdo con los resultados hematológicos expuestos en la tabla 3, el ejercicio de salto ecuestre indujo alteraciones significativas en los resultados de los parámetros de los caballos evaluados.

Se registraron incrementos estadísticamente significativos ($p < 0.0001$) en los tres principales parámetros eritrocitarios. La cuenta de eritrocitos aumentó de $7.25 \pm 0.84 \times 10^6/\mu\text{L}$ a $8.21 \pm 0.97 \times 10^6/\mu\text{L}$ esto asociado a un aumento relativo del número de glóbulos rojos (GR) debido a una pérdida de volumen plasmático, la concentración de hemoglobina se elevó de 12.37 ± 1.78 g/dL a 14.82 ± 2.37 g/dL, y de igual manera el hematocrito pasó de $36.34 \pm 4.88 \%$ a $43.42 \pm 6.82 \%$ tras la prueba, como se referencia en las figuras 4-8.

Este patrón sugiere un aumento rápido pero temporal en la concentración de las células y solutos sanguíneos, atribuible principalmente a pérdidas de plasma hacia los espacios intersticiales y por sudoración, en respuesta a las demandas del flujo sanguíneo y termorreguladoras del esfuerzo intenso.

4.1.4 Parámetros bioquímicos:

Los resultados de las medias y la desviación estándar de los biomarcadores séricos antes y después de la prueba deportiva de salto se muestran en la tabla 5.

Tabla 5

Resultados referentes a biomarcadores séricos de caballos sometidos a la prueba de salto ecuestre antes y después del ejercicio.

Parámetros evaluados	Momento 0	Momento 1	Valor de p
Glucosa	92.66±8.96	79.22±9.91	0.003
AST (U/L)	262.08±41.75	283.36±49.19	<0.001
FAS	399.84±109.11	445.73±99.62	0.005
CK	186.65±56.54	222.19±57.82	<0.001

AST (Aspartato Aminotransferasa), FAS (Fosfatasa alcalina), Creatina quinasa (CK), $p < 0,05$

Figura 11

Comparación entre el biomarcador metabólico (glucosa): Momento 0 y Momento 1

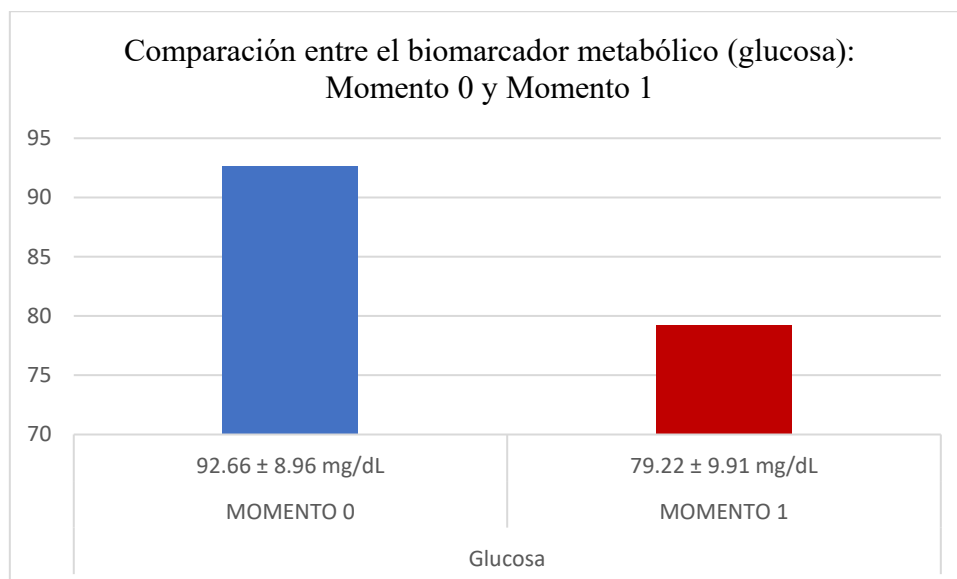


Figura 12

Comparación entre el biomarcador (AST): Momento 0 y Momento 1

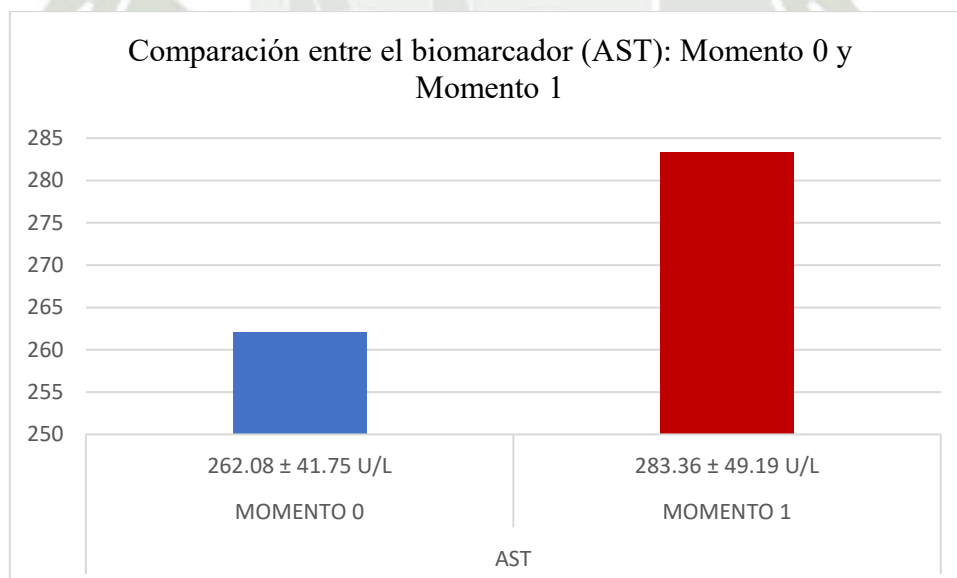


Figura 13

Comparación entre el biomarcador (FAS): Momento 0 y Momento 1

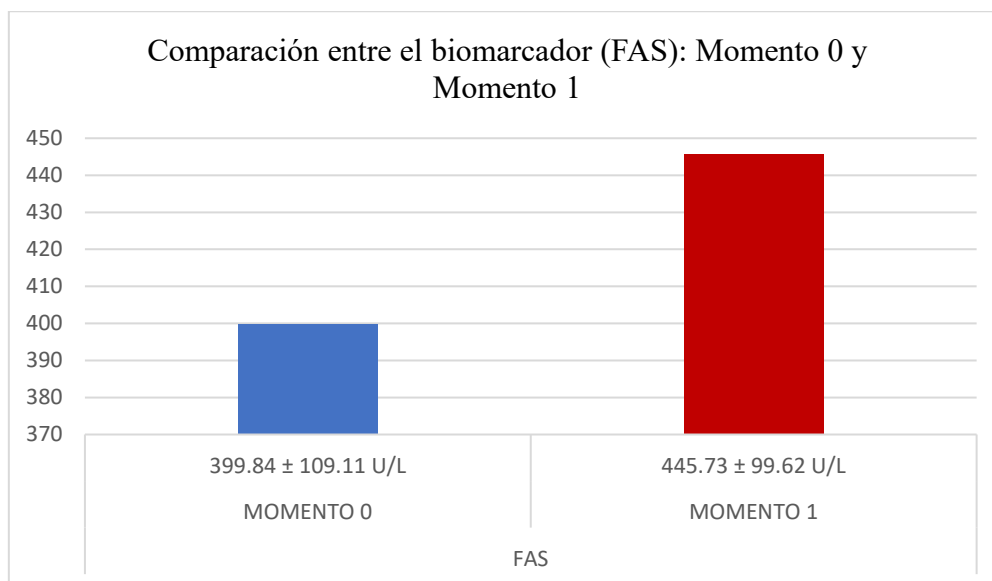
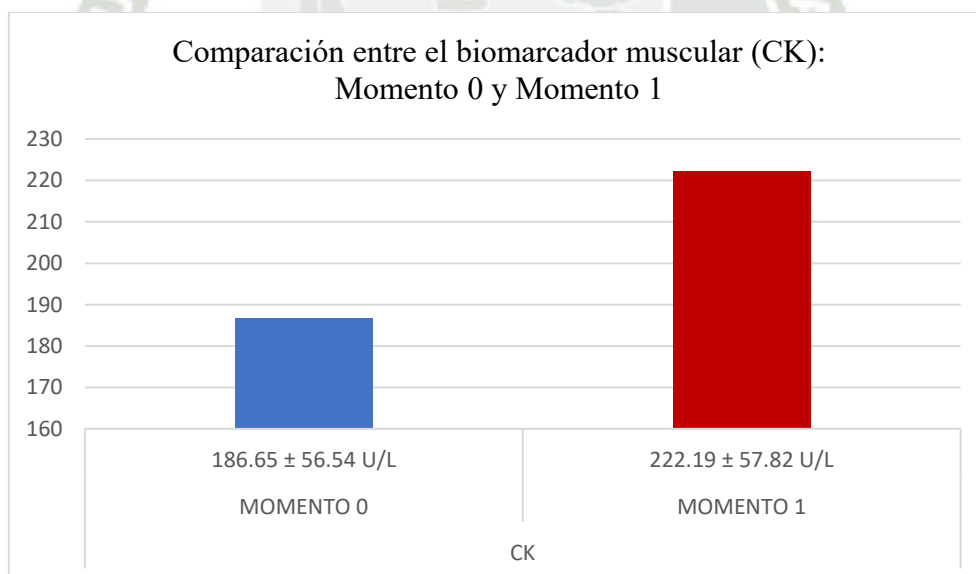


Figura 14

Comparación entre el biomarcador muscular (CK): Momento 0 y Momento 1



El análisis de los parámetros bioquímicos séricos reveló alteraciones metabólicas y musculares significativas inducidas por el ejercicio de salto ecuestre, según se detalla en la tabla 4. Se observó una disminución estadísticamente significativa ($p = 0.003$) en las concentraciones de glucosa, que pasaron de 92.66 ± 8.96 mg/dL en el Momento 0 a 79.22 ± 9.91 mg/dL en el Momento 1. Esta reducción es consistente con un incremento en la utilización periférica de glucosa como sustrato energético principal durante el esfuerzo intenso que los caballos

realizaron, como se muestra en la figura 9. Respecto a los marcadores de estrés muscular, los niveles de Aspartato Aminotransferasa (AST) mostraron un aumento significativo ($p < 0.001$) desde 262.08 ± 41.75 U/L en condiciones basales hasta 283.36 ± 49.19 U/L post-ejercicio, como se referencia en la figura 10.

La Fosfatasa Alcalina (FAS) también presentó un ascenso significativo ($p = 0.005$), desde 399.84 ± 109.11 U/L a 445.73 ± 99.62 U/L. Si bien este marcador tiene múltiples orígenes tisulares, su incremento puede estar relacionado con una mayor actividad osteoblástica o hepática en respuesta al estrés fisiológico integral, como se muestra en la figura 11.

De igual forma, la actividad de la Creatina Quinasa (CK) se incrementó de 186.65 ± 56.54 U/L a 222.19 ± 57.82 U/L ($p < 0.001$). Estas elevaciones indican una afectación a nivel del tejido muscular, sugiriendo un grado de permeabilidad de la membrana celular o daño miocelular asociado a la exigencia mecánica del salto, como se referencia en la figura 12.

4.2. Discusión

Los resultados que se han obtenido en este estudio verifican que el deporte de salto ecuestre constituye un requerimiento fisiológico marcado para el caballo atleta, generando respuestas estadísticamente significativas en los parámetros fisiológicos, hematológicos y bioquímicos evaluados, esto tiene mucha relación ya que este deporte no es un ejercicio de intensidad constante como una carrera de fondo, sino es un deporte de alta intensidad y corta duración, intermitente y anaeróbico.

En el caso de la evaluación de los parámetros fisiológicos, el aumento marcado en la frecuencia cardíaca (FC) de 39.62 lpm en reposo a 127.74 lpm post-ejercicio y respiratoria (FR) de 17.76 rpm a 47.46 rpm después del ejercicio realizado era un resultado esperado, porque el sistema circulatorio incrementa la FC, con la finalidad de abastecer la entrega de oxígeno y energía a los músculos y así suplir la demanda de oxígeno de los músculos activos y eliminar el dióxido de carbono resultante del metabolismo, cumpliendo un papel importante en la disipación del calor, ocurriendo también aumento en la FR, considerando que durante el ejercicio intenso, los caballos desarrollan hipoxemia arterial e hipercapnia debido a una combinación de tiempo de tránsito capilar pulmonar reducido, hipoventilación y desajuste entre la ventilación y la perfusión en el pulmón, como lo señala Boffi (15). Es importante destacar que la magnitud de

la respuesta cardiovascular registrada fue notablemente superior a la reportada por Menegatti (55) en caballos de la modalidad del deporte de lazo (FC de 42.75 a 64.35 lpm). De igual manera, la temperatura corporal (TR) mostró un incremento ($p < 0.0001$), de 37.92 ± 0.31 °C en reposo a 39.15 ± 0.30 °C post-ejercicio. La revisión de Costa (53) señala que este aumento es un resultado directo de la eficacia termorreguladora del caballo frente al calor metabólico producido durante el ejercicio intenso. Estos autores subrayan que un indicador clave para monitorear la carga térmica del equino es el incremento de la temperatura corporal, que se encuentra correlacionado directamente con el nivel de esfuerzo, como se muestran en los resultados. Esta discrepancia subraya las demandas fisiológicas únicas y potencialmente mayores del gesto explosivo y del impacto repetitivo del salto, en comparación con otras disciplinas de alta intensidad.

En el caso de los análisis hematológicos nos ofrece una perspectiva adicional que también es importante. Los incrementos significativos ($p < 0.0001$) en el recuento de eritrocitos, la concentración de hemoglobina y hematocrito son un hallazgo clásico, atribuible principalmente a la pérdida de plasma hacia el espacio intersticial y por sudoración, concentrando así los elementos formes de la sangre como nos lo señala Arfuso (51). La estabilidad de la Concentración de Hemoglobina Corpuscular Media (CHCM) refuerza esta interpretación, indicando que se trata de un cambio concentrativo y no de una producción aguda de eritrocitos. Un hallazgo de particular interés fue el ligero pero significativo aumento del Volumen Corpuscular Medio (VCM). Este resultado encuentra un fuerte respaldo en los hallazgos de Menegatti (55), quienes también documentaron un cambio similar en el VCM post-ejercicio en sus caballos de "lazo". Mientras que en nuestro estudio se postula una posible liberación de una población eritrocitaria desde el bazo, el estudio de Menegatti (55) propone que podría reflejar la liberación de eritrocitos jóvenes por la médula ósea. Ambas interpretaciones, no mutuamente excluyentes, destacan la naturaleza dinámica de este parámetro como indicador de una respuesta eritropoyética o de movilización de reservorios ante el estrés agudo.

Respecto a la bioquímica sérica, los resultados detallan un panorama metabólico más detallado. La disminución significativa de los niveles de glucosa ($p = 0.003$) evidencia su utilización intensiva como sustrato energético primordial para el metabolismo anaeróbico que sustenta las contracciones musculares de alta potencia como se constata en lo mencionado por Kenneth (10). Este patrón de depleción glucolítica es notablemente consistente con lo observado por Menegatti (55) y Burlikowska (52). También se alinea con lo expuesto por Costa (53), quienes

coinciden que en ejercicios de gran intensidad y corta duración, como el salto ecuestre, los hidratos de carbono son el sustrato energético esencial, ya que se movilizan rápidamente desde las reservas de glucógeno y la glucosa en la sangre para sostener la producción de ATP vía glucólisis anaeróbica, confirmando que es una respuesta metabólica característica de ejercicios de alta intensidad.

Respecto a los marcadores de actividad muscular, el aumento significativo de las enzimas Creatina Quinasa (CK) y Aspartato Aminotransferasa (AST) ($p < 0.001$) indica un incremento en la permeabilidad de la membrana del miocito asociado al estrés mecánico de las contracciones intensas y excéntricas propias de la disciplina de salto. Es crucial contextualizar la magnitud de este aumento. Los valores de CK post-ejercicio (222.19 U/L) se sitúan muy por debajo del umbral de daño muscular significativo establecido por Volfinger y Lang (14), que es de 10,000 UI/L, lo que respalda la noción de que se trata de una respuesta fisiológica y adaptativa, y no de una rabdomiolisis patológica. Este perfil de estrés muscular transitorio ha sido igualmente documentado por Massányi (54) en caballos sometidos a programas de entrenamiento que incluían el deporte de salto. Cabe resaltar que, si bien Menegatti (55) reportaron un aumento en AST, en nuestro estudio se observó un aumento más marcado y consistente de la CK, lo que podría sugerir que el gesto del salto impone un estrés mecánico más específico y agudo sobre la fibra muscular en comparación con la disciplina de lazo.

El aumento de la Fosfatasa Alcalina (FAS), si bien puede tener un origen multifuncional, en el contexto de este deporte es plausible asociarlo a un incremento en la actividad metabólica del tejido óseo y la relación con la edad de los animales evaluados. Las fuerzas de impacto y tensión repetitivas durante el salto pueden estimular un recambio óseo transitorio, lo que se reflejaría en un aumento de esta enzima de origen osteoblástico.

Finalmente, el aumento de la Fosfatasa Alcalina (FAS) ($p = 0.005$) presenta un caso de interpretación multifactorial. La variación individual observada, con animales jóvenes como 'Ibrahim' (5 años) mostrando los niveles basales más altos, sugiere fuertemente una contribución de la actividad osteoblástica asociada al crecimiento y al impacto del salto. En contraste, en ejemplares mayores como 'Perla' (20 años), donde el crecimiento óseo es mínimo, la elevación podría estar más relacionada con una respuesta hepática al estrés metabólico. Esta dualidad en la interpretación de la FAS según la edad del ejemplar es un aspecto crítico que debe ser considerado en la evaluación clínica de caballos de salto y que merece mayor investigación.

Estos resultados obtenidos forman un perfil fisiológico consistente. El sistema circulatorio y respiratorio se adaptan para suplir las demandas oxígeno hacia el organismo, el volumen sanguíneo se redistribuye concentrando los glóbulos rojos (GR) para mejorar la eficiencia en el transporte de oxígeno, movilizándose y consumiendo las reservas energéticas. Al mismo tiempo, los tejidos que están sometidos a la mayor carga de esfuerzo, como el músculo esquelético, muestran alteraciones en los parámetros bioquímicos, esto relacionado con la demanda metabólica y muscular. Esta respuesta multisistémica no solo confirma la intensidad de la prueba, sino que también establece un perfil de referencia objetivo de la respuesta aguda del caballo atleta al deporte de salto, lo cual es fundamental para la evaluación del entrenamiento y el manejo del equino.

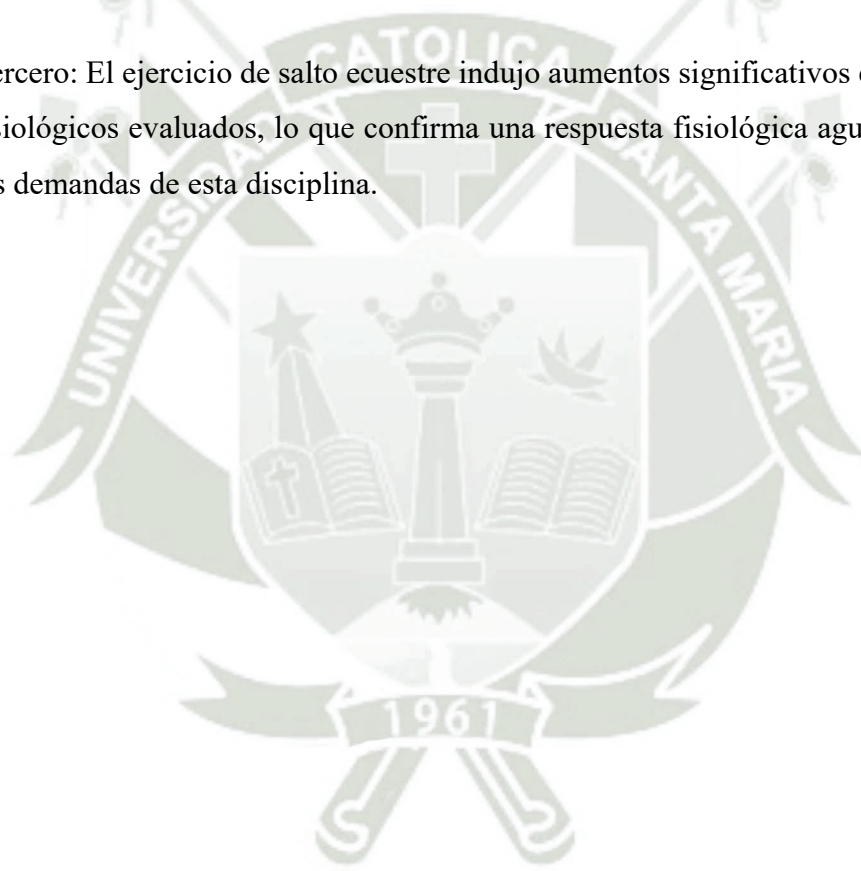
La comparación sistemática de la literatura científica, no solo valida la intensidad de la prueba de salto ecuestre, sino que también establece un perfil de respuesta aguda de referencia. La consistencia de los hallazgos a través de los diferentes sistemas evaluados refleja una representación clara de la fisiología del caballo durante un esfuerzo máximo, proporcionando una base científica para optimizar el manejo tanto clínico como deportivo, mejorar los protocolos de entrenamiento y así mismo el bienestar del equino. Estableciendo como base para futuras investigaciones que podrían explorar, por ejemplo, cómo varían estas respuestas en diferentes condiciones de entrenamiento o en distintas razas.



CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

- Primero: El deporte de salto ecuestre indujo una hemoconcentración significativa, con incrementos en los principales parámetros hematológicos evaluados, confirmando las alteraciones adaptativas inducidas por la intensidad del ejercicio.
- Segundo: Se corroboró una respuesta de estrés metabólico-muscular transitorio, caracterizada por la disminución de glucosa y la elevación de enzimas musculares (CK y AST), causada por la intensidad del ejercicio, sin evidencia de daño patológico.
- Tercero: El ejercicio de salto ecuestre indujo aumentos significativos en los parámetros fisiológicos evaluados, lo que confirma una respuesta fisiológica aguda y adaptativa a las demandas de esta disciplina.





CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

▪ Protocolos de hidratación y recuperación post-ejercicio:

Dado el notable aumento de la concentración de células sanguíneas observada en los parámetros hematológicos, resulta importante implementar estrategias de rehidratación tras la competencia. Se sugiere establecer un período de recuperación de al menos 45-60 minutos con acceso libre a agua fresca y electrolitos, monitoreando el retorno a los valores basales. La reposición hídrica debe ser gradual para evitar alteraciones, considerando que la pérdida plasmática puede alcanzar volúmenes importantes durante ejercicios de alta intensidad.

▪ Monitoreo individualizado del estrés muscular

Los incrementos registrados en las enzimas CK y AST indican la necesidad de establecer evaluaciones periódicas del perfil enzimático muscular, especialmente durante períodos de entrenamiento intensivo. Se recomienda realizar determinaciones basales al inicio de la temporada y controles regulares cada 30-45 días, prestando especial atención a aquellos caballos que presenten valores elevados persistentes por encima del 30% de sus valores iniciales. Esto permitiría detectar a tiempo signos de sobreentrenamiento o fatiga muscular acumulativa.

▪ Consideración de la edad en los programas de entrenamiento

Dado el diferente comportamiento de parámetros como la FAS según la edad de los animales, se sugiere establecer programas de ejercicio diferenciados para equinos jóvenes y geriátricos. En ejemplares mayores de 15 años, sería prudente incrementar los períodos de recuperación entre sesiones intensas y realizar un seguimiento más estricto de parámetros hepáticos y óseos, adaptando la intensidad del ejercicio a su capacidad de respuesta fisiológica.



CAPÍTULO VII

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Deraga D. El caballo y el deporte. Estudios del hombre. 2007;(23): p. 193-209.
2. Equestrian Direct Surfaces. Equestrian Direct. [Online] Acceso 05 de Enero de 2024. Disponible en: <https://www.equestriansurfaces.co.uk/news/history-of-horse-sport/>.
3. Cochran C. Mad Barn Equine. [Online]; 2023. Acceso 10 de Noviembre de 2025. Disponible en: https://madbarn.com/holsteiner-horse-breed-profile/?srsltid=AfmBOoqCou5O14YoYn-NpPiEmu4ZlmsJj_YVLwhBPfQoajIMolZF7Edq.
4. Cochran C. Mad Barn Equine. [Online]; 2023. Acceso 10 de Noviembre de 2025. Disponible en: <https://madbarn.com/hanoverian-horse-breed-profile/?srsltid=AfmBOopaYJob03Yau2seFJu9ZsFn1-b1qUit3iePyIxfAuT84xR7rrq3>.
5. Cochran C. Mad Barn Equine. [Online]; 2024. Acceso 10 de Noviembre de 2025. Disponible en: <https://madbarn.com/selle-francais-breed-profile/?srsltid=AfmBOoqhVocw-CcAhpIbt0ITVD2Zwz4lNAhiLvdX1yyYjGUfJv935HQ0>.
6. Sobotková E, Mikule V, Kuřitková D, Jiskrová I, Sládek L. Science Direct. [Online]; 2022. Acceso 10 de Noviembre de 2025. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1558787821001416>.
7. Horse Breeds. Horse Breeds. [Online]; 2024. Acceso 10 de Noviembre de 2025. Disponible en: <https://horse-breeds.co.uk/breeds-of-horses/english-thoroughbred/>.
8. Pisconti R AMA. Repositorio, Escuela Militar de Chorrillos. [Online]; 2018. Acceso 10 de Noviembre de 2025. Disponible en: <https://repositorio.esuelamilitar.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1957c0b5-0422-41ed-80e7-9b8b7e7a90ea/content>.
9. Chavez L. Repositorio UCSM. [Online]; 2022. Acceso 10 de Noviembre de 2025. Disponible en:

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/25d6bd45-9432-4c0f-b4fb-be022bc9f96f/content>.

10. William K, Kaneps A, Raymond G. Equine Exercise Physiology. En Equine Exercise Physiology.: Elsevier Limited; 2008. p. 3-7.
11. Mazán M. National Library of medicine. [Online]; 2022. Acceso 20 de Marzode 2024. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9197307/>.
12. Thomassian A, Watanabe M, Alvez A, Hussni C. Usp.br. [Online]; 2007. Acceso 20 de Marzode 2024. Disponible en:
<https://www.revistas.usp.br/bjvras/article/view/26637/28420>.
13. Washington I, Van Hoosier G. Clinical biochemistry and hematology. En The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents. San Diego, CA, Estados Unidos de América: Elsevier; 2012. p. 57–116.
14. Lang H. Creatine kinase isoenzymes: Pathophysiology and clinical application: Springer Science & Business Media; 2012.
15. Boffi F. Fisiología del ejercicio en equinos. En Fisiología del ejercicio en equinos.: Intermedica; 2006. p. 322.
16. Markert C, Shaklee J, GS. W. Evolution of a Gene: Multiple genes for LDH isozymes provide a model of the evolution of gene structure, function and regulation. [Online]; 1975;189(4197):102–14. Acceso 5 de Enerode 2024. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1138367>.
17. Eugster A, Albert P, Kalter S. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. [Online]; 1966;123(2):327–31. Acceso 7 de Enerode 2024. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3181/00379727-123-31479>.
18. R. Hodgson D, Harrington , M. Mcgowan. The Athletic Horse. En The Athletic Horse.: Saunders; 2013. p. 408.

19. Edward R, A. Sprayberry K. *Terapéutica Actual En Medicina Equina*. En *Terapéutica Actual En Medicina Equina*.: Intermedica; 2012. p. 1182.
20. Guerrero P. Determinación de lactato deshidrogenasa, creatin kinasa y ácido láctico en equinos de salto en la sabana de bogotá. [Online]; 2008. Acceso 10 de Enero de 2024. Disponible en:
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1123&context=medicina_veterinaria.
21. Persson S, Bergsten G. Circulatory effects of splenectomy in the horse. En *Circulatory effects of splenectomy in the horse*.: Zentralbl. Veterinarmed. V. 20; 1973. p. 456-467.
22. L. Evans D, J. Rose. Cardiovascular and respiratory responses in Thoroughbred horses during treadmill exercise. En *Cardiovascular and respiratory responses in Thoroughbred horses during treadmill exercise*.: Journal of Experimental Biology; 1988. p. 397-408.
23. G. Anderson. The influence of exercise on serum enzyme levels in the horse. En *The influence of exercise on serum enzyme levels in the horse*.: Equine veterinary journal; 1975. p. 160-165.
24. W. Hinchcliff, J. Kaneps A, J. Geor, Van Erck-Westergren. ScienceDirect. [Online]; 2024. Acceso 20 de Marzo de 2024. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/chapter/edited-volume/abs/pii/B9780702083709000424>.
25. Neto A. Repositorio UNESP. [Online]; 2006. Acceso 20 de Marzo de 2024. Disponible en: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/1b807478-e1a2-4064-a927-0f551dee668f/content>.
26. Desmecht D, Linden A, Amory H, Art T, Lekeux P. Relationship of plasma lactate production to cortisol release following completion of different types of sporting events in horses. En *Relationship of plasma lactate production to cortisol release following completion of different types of sporting events in horses*.: International Journal of Sports Medicine; 1996. p. 371-379.

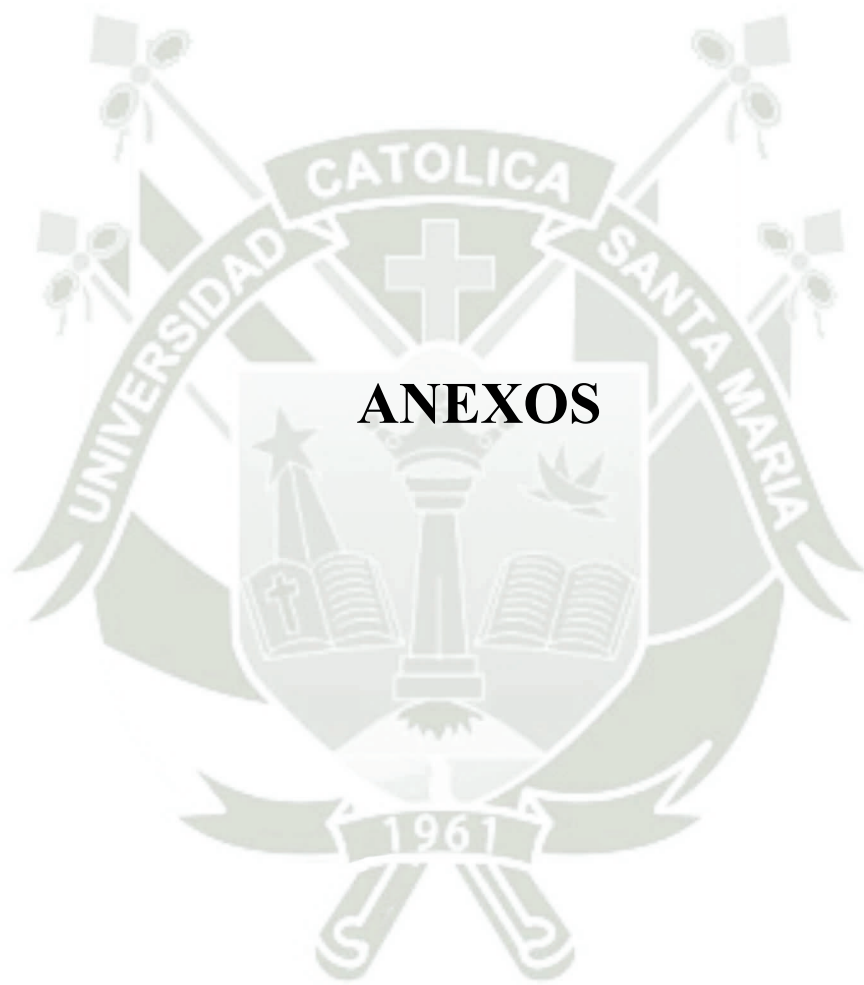
27. J. Rose , R. Hodgson , Sampson D, Chan W. National Library of Medicine. [Online]; 1983. Acceso 20 de Marzode 2024. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6870711/>.
28. Kang H, Zsoldos R, A. SG, Narayan E, Cawdell J, Gaughan J. PubMed. [Online]; 2023. Acceso 06 de Enerode 2024. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00484-023-02467-7>.
29. Liburt N, Malinowski K, Williams C. New Jersey Agriculture Experiment Station. [Online]; 2016. Acceso 06 de Enerode 2024. Disponible en: <https://njaes.rutgers.edu/fs1262/>.
30. Szabó C, Vizesi Z, Vincze A. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. [Online]; 2021. Acceso 06 de Enerode 2024. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/3/693>.
31. Brett D, Martin M. Texas A&M Agrilife Extension Service. [Online] Acceso 06 de Enerode 2024. Disponible en: <https://texashelp.tamu.edu/wp-content/uploads/2016/02/understanding-vital-life-signs-in-horses.pdf>.
32. Cano E. Equisens. [Online]; 2019. Acceso 06 de Enerode 2024. Disponible en: <https://www.equisens.es/biologia/las-constantas-vitales-de-un-caballo-sano-y-como-medirlas/>.
33. Diaz F, De los Santos J. En Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. Avaliação metabólico-nutricional de vacas leiteiras por meio de fluidos corporais.: Congresso Brasileiro de Medicina Veterinaria; 2002. p. 5-17.
34. Wittwer F. Empleo de los perfiles metabólicos em el diagnostico de desbalances metabólicos nutricionales em el ganado. En Empleo de los perfiles metabólicos em el diagnostico de desbalances metabólicos nutricionales em el ganado.: Buiatria, v. 2; 1995. p. 16-20.
35. Assenza A, Tosto F, Casella S, Fazio F, Giannetto C, Piccione G. ScienceDirect. [Online]; 2013. Acceso 20 de Marzode 2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034528813002300>.

36. Mota JS, Araujo KV, Leite GG, Mascarenhas AG. Concentrações plasmáticas de cortisol e parâmetros sanguíneos, bioquímicos e fisiológicos em equinos sob dieta com diferentes níveis de fibra. En.: Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguaiana; 2008. p. 107-125.
37. Franciscato C, Lopez S, Veiga A, Martins D, Emanuelli M, Oliveira L. Scielo. [Online]; 2006. Acceso 20 de Marzode 2024. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/pab/a/5KnLPNtFJP6S5yj4fxRRKzn/?lang=pt&format=pdf>.
38. Mattosinho R, Sampaio A, Balarin M, Fiorato C, Vasques G, Silva A, et al. EDUEM. [Online]; 2017. Acceso 20 de Marzode 2024. Disponible en: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevCiVet/article/view/35706>.
39. Erythrocytes N. eClinpath. [Online]; 2013. Acceso 11 de Enerode 2024. Disponible en: <https://eclinpath.com/hematology/morphologic-features/red-blood-cells/normal-erythrocytes/>.
40. Trigo F, Valero G. Patología general veterinaria. 4th ed. Ciudad de Mexico: UNAM, Secretaría de Desarrollo Institucional; 2004.
41. Bolger C. Horse1. [Online]; 2010. Acceso 10 de Enerode 2024. Disponible en: <https://www.horse1.es/es/40-publicaciones/enfermedades/137-analisis-de-sangre-ii>.
42. Fox Run equine center. Facebook. [Online]; 2019. Acceso 10 de Enerode 2024. Disponible en: <https://www.facebook.com/FoxRunEquineCenter/posts/hematocritthe-hematocrit-also-known-as-packed-cell-volume-pcv-is-the-volume-perc/2010415625661680/>.
43. Overgaard K, Fredsted A, Hyldal A, Hansen T. ResearchGate. [Online]: The American College of Sports Medicine; 2004. Acceso 20 de Marzode 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/8578316_Effects_of_Running_Distance_and_Training_on_Ca2_Content_and_Damage_in_Human_Muscle.

44. Kaneko J, Harvey J, Bruss M. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. En Clinical Biochemistry of Domestic Animals.: Academic Press, 5 edición; 1997. p. 932.
45. Siciliano PD, Lawrence LM, Danielsen K. Effect of conditioning and exercise type on serum creatine kinase and aspartate aminotransferase activity. En Marr CM, editor. Equine Veterinary Journal.: BEVA; 1995. p. 243-247.
46. Clarksoon PM, Ebbeling C. Investigation of serum creatine kinase variability after muscle-damaging exercise. En Clarksoon PM.: Clin Sci; 1998. p. 257-261.
47. Reed S., Bayly W., Sellon D. Equine Internal Medicine. En Reed SM. Enfermedad musculoesquelética.: Saunders ; 2009. p. 375-397.
48. Valber S, Jonson L, Lindholm A. Equine veterinary Journal. En Marr M, editor. Muscle histopathology and plasma aspartate aminotransferase, creatine kinase and myoglobin changes with exercise in horses with recurrent exertional rhabdomyolysis.: BEVA; 1993. p. 11-16.
49. Lacombe V. National Library of Medicine-NCBI. [Online]; 2014. Acceso 10 de Enero de 2024. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4060548/>.
50. Peng S, Magdesian K, Dowd J, Blea J, Carpenter R HW, Finno C. Investigation of high gamma-glutamyltransferase syndrome in California Thoroughbred racehorses. J Vet Intern Med. [Online]; 2022. Acceso 10 de Enero de 2024. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/jvim.16582>.
51. Arfuso F, Giannetto C, Giudice E, Fazio F, Panzera F, Piccione G. ScienceDirect. [Online]; 2020. Acceso 07 de Enero de 2024. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0737080620303427>.
52. Burlikowska K, Bogusławska-Tryk M, Szymeczko R, Piotrowska A. ResearchGate. [Online]; 2015. Acceso 25 de Abril de 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287127582_Haematological_and_biochemical_blood_parameters_in_horses_used_for_sport_and_recreation.

53. Dedemo M, Barbosa Da Costa G, Rodrigues V. ResearchGate. [Online]; 2021.
Acceso 25 de Abrilde 2024. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/352253706_Exercise_physiology_an_essential_tool_in_the_evaluation_of_equine_athletes_Review.
54. Massanyi M. ScienceDirect. [Online]; 2022. Acceso 25 de Abrilde 2024.
Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022035290>.
55. Menegatti R, Toniazzo de Matos A, Morales-Donoso J, Fernandes de Melo C. Cienc Vet (Heredia). [Online]; 2022. Acceso 10 de Noviembre de 2025.
Disponible en:
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/veterinaria/article/view/17488>.





Anexo 1

Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología
Problema general ¿Cuáles son las alteraciones que se producen en el perfil fisiológico, hematológico y bioquímico sanguíneo en equinos sometidos a la disciplina de salto ecuestre y cómo estas se relacionan con las demandas fisiológicas del ejercicio de alta intensidad?	Objetivo general Determinar la respuesta fisiológica aguda inducida por el salto ecuestre mediante análisis y comparación de los parámetros fisiológicos, hematológicos y bioquímicos sanguíneos en caballos de deporte antes y después de una prueba de salto de competición.	Hipótesis general Teniendo en cuenta que hay una relación significativa entre la intensidad del ejercicio en la disciplina de salto ecuestre, variaciones en el perfil hematológico como también en los biomarcadores bioquímicos sanguíneos y respuestas fisiológicas en caballos, sugieren que en esta disciplina influye directamente en la fisiología equina y en la fatiga muscular.	Variables independientes <ul style="list-style-type: none"> • Disciplina de salto ecuestre • Prueba de ejercicio intenso • Momento de muestreo (M0, M1) 	Tipo de Investigación: Aplicada, experimental
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable dependiente	Diseño de Investigación: Pre-experimental con pre-test y post-test en un solo grupo
a. ¿En qué medida se alteran los parámetros fisiológicos (FC, FR, T° rectal) en caballos de salto ecuestre después del ejercicio intenso?	a) Determinar y comparar los cambios en los parámetros fisiológicos (FR, FC, y T°C) entre el estado pre-ejercicio y post-ejercicio.	H1: Existe un aumento significativo en la frecuencia cardíaca, respiratoria y temperatura corporal después del ejercicio de salto ecuestre.	Indicadores de la V.D: <ul style="list-style-type: none"> • Fisiológicos: FC (lpm), FR (rpm), T° rectal (°C) • Hematológicos: Eritrocitos, Hemoglobina, Hematocrito, VCM, CHCM 	GE: M0 → X → M1 Donde: GE: Grupo experimental (14 caballos) M0: Pre-test (reposo) X: Prueba de salto ecuestre M1: Post-test (post-ejercicio)
b. ¿Cómo varían los parámetros hematológicos (eritrocitos, hemoglobina, hematocrito, VCM, CHCM) en respuesta al ejercicio de salto ecuestre?	b) Analizar y contrastar índices fundamentales del perfil hematológico para determinar las fluctuaciones provocadas por el ejercicio.	H2: El ejercicio de salto ecuestre produce cambios significativos en los parámetros hematológicos debido a hemoconcentración por pérdida plasmática.	<ul style="list-style-type: none"> • Bioquímicos: Glucosa, AST, CK, FAS 	Población y Muestra: <ul style="list-style-type: none"> • Población: Caballos de salto ecuestre del Club Hípico Militar Chilina • Muestra: 14 caballos (10 machos, 4 hembras)
c. ¿Qué cambios presentan los parámetros bioquímicos (CK, AST, FAS, glucosa) tras el	c) Analizar la respuesta muscular y metabólica al ejercicio a través	H3: La actividad de enzimas musculares (CK, AST) y metabólicas (FAS,		Técnicas e Instrumentos: <ul style="list-style-type: none"> • Medición directa: Estetoscopio,

ejercicio realizado en la prueba de salto?	de la medición y comparación de los niveles séricos de biomarcadores específicos.	glucosa) muestra alteraciones significativas post-ejercicio indicando estrés metabólico y muscular transitorio.		termómetro • Laboratorio: Espectrofotometría, impedancia. • Análisis: Prueba t de Student ($\alpha = 0.05$)
--	---	---	--	---

Leyenda:

▪ FC: Frecuencia cardíaca	▪ CK: Creatina quinasa
▪ FR: Frecuencia respiratoria	▪ FAS: Fosfatasa alcalina
▪ VCM: Volumen corpuscular medio	▪ GE: Grupo experimental
▪ CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media	▪ M0: Momento 0 (pre-ejercicio)
▪ AST: Aspartato aminotransferasa	▪ M1: Momento 1 (post-ejercicio)



Anexo 2

Resultados obtenidos durante el periodo de evaluación

Evaluación de las constantes fisiológicas:

- Datos correspondientes a los seis momentos de muestreo (días 0, 15, 30, 45, 60, 75).

Tabla 6
Constantes fisiológicas (día 1)

N°	P.E	FC (lpm)		FR (rpm)		TR (°C)	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		42	127	20	51	37.2	38.8
Auqui		38	135	20	48	37.5	38.8
Belladona		39	130	16	50	37.7	39.0
Boris		39	128	14	52	37.9	39.3
Corsario		40	128	18	51	37.8	39.1
Gran Yslam		40	140	20	46	37.4	38.7
Hierro Azul		36	118	17	48	37.9	39.1
Ibrahim		39	145	20	44	37.3	38.6
Isis		39	144	21	42	37.6	38.9
Perla		37	115	18	50	38.0	39.2
Rodrigo		36	120	17	49	37.9	39.1
San Nicolás		39	131	15	49	37.7	39.0
Teodore		40	138	14	47	37.5	38.9
Yurimagua		39	119	17	48	37.9	39.1

Tabla 7
Constantes fisiológicas (día 15)

N°	P.E	FC (lpm)		FR (rpm)		TR (°C)	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		43	125	18	52	38.1	39.3
Auqui		33	118	23	46	37.6	38.9
Belladona		40	129	18	49	37.8	39.0
Boris		40	131	16	52	38.0	39.2
Corsario		43	128	19	50	37.9	39.1
Gran Yslam		38	142	18	44	37.6	38.8
Hierro Azul		38	116	16	47	38.0	39.2
Ibrahim		37	144	19	42	37.4	38.7
Isis		40	143	22	43	37.7	39.0
Perla		36	113	17	49	38.1	39.3
Rodrigo		38	118	16	48	38.0	39.2
San Nicolás		40	130	14	48	37.8	39.0
Teodore		41	139	13	45	37.6	38.9
Yurimagua		39	117	16	47	38.0	39.2

Tabla 8
Constantes fisiológicas (día 30)

N°	P.E	FC (lpm)		FR (rpm)		TR (°C)	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		44	122	18	53	38.2	39.4
Auqui		41	136	20	46	37.7	39
Belladona		41	128	19	48	37.9	39.1
Boris		43	130	17	53	38.1	39.3
Corsario		42	127	17	49	38	39.2
Gran Yslam		39	141	17	43	37.5	38.1
Hierro Azul		38	115	17	46	38.1	39.3
Ibrahim		40	143	20	41	37.5	38.8
Isis		39	148	22	42	37.2	38.5
Perla		36	112	18	48	38.2	39.4
Rodrigo		34	117	16	47	38.1	39.3
San Nicolás		41	129	15	47	37.9	39.1
Teodore		40	138	14	44	37.7	39
Yurimagua		39	116	17	46	38.1	39.3

Tabla 9
Constantes fisiológicas (día 45)

N°	P.E	FC (lpm)		FR (rpm)		TR (°C)	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		45	123	19	54	38.3	39.5
Auqui		41	134	19	48	37.8	39.1
Belladona		42	127	18	50	38	39.2
Boris		44	129	18	54	38.2	39.4
Corsario		42	126	17	51	38.1	39.3
Gran Yslam		40	139	18	45	37.5	39
Hierro Azul		36	114	18	45	38.2	39.4
Ibrahim		39	142	21	43	37.6	38.9
Isis		36	147	18	40	37.3	38.6
Perla		36	111	17	47	38.3	39.5
Rodrigo		36	116	18	46	38.2	39.4
San Nicolás		42	128	16	49	38	39.2
Teodore		40	137	15	46	37.8	39.1
Yurimagua		38	115	16	45	38.2	39.4

Tabla 10
Constantes fisiológicas (día 60)

N°	P.E	FC (lpm)		FR (rpm)		TR (°C)	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		40	128	20	52	37.8	39.2
Auqui		42	133	18	49	37.9	39.2
Belladona		43	126	17	51	38.1	39.3
Boris		42	128	19	55	38.3	39.5
Corsario		43	125	18	52	38.2	39.4
Gran Yslam		40	138	19	46	37.8	38.6
Hierro Azul		38	113	19	44	38.3	39.5
Ibrahim		40	141	20	44	37.7	39
Isis		40	146	18	39	37.4	38.7
Perla		36	110	16	46	38.4	39.6
Rodrigo		34	112	16	45	38.3	39.5
San Nicolás		43	127	17	50	38.1	39.3
Teodore		42	136	16	47	37.9	39.2
Yurimagua		37	114	17	44	38.3	39.5

Tabla 11
Constantes fisiológicas (día 75)

N°	P.E	FC (lpm)		FR (rpm)		TR (°C)	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		41	126	20	50	37.9	39.1
Auqui		40	132	20	52	38	39.3
Belladona		42	125	18	52	38.2	39.4
Boris		41	127	20	56	38.4	39.6
Corsario		42	124	19	53	38.3	39.5
Gran Yslam		41	137	19	47	37.9	39.2
Hierro Azul		38	112	18	43	38.4	39.6
Ibrahim		41	140	19	45	37.8	39.1
Ysis		40	145	20	41	37.5	38.8
Perla		38	109	16	45	38.5	39.7
Rodrigo		36	114	15	44	38.4	39.6
San Nicolás		44	126	18	51	38.2	39.4
Teodore		43	122	17	48	38	39.3
Yurimagua		38	113	16	43	38.4	39.6

Evaluación de los parámetros hematológicos:

- Datos correspondientes a los seis momentos de muestreo (días 0, 15, 30, 45, 60, 75)

Tabla 12
Parámetros hematológicos (día 1)

N.	P.E. Eritrocitos (x10 ⁶ /uL)		Hemoglobina (g/dL)		Hematocrito (%)		VCM (fL)		CHCM (%)	
	M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz	8.14	9.6	15.1	24	42	72	51.60	75.00	35.95	33.33
Auqui	7.68	8.71	14.6	15.8	44	45	57.29	55.66	33.18	35.11
Belladona	6.55	7.9	12	12.6	36	38	54.96	48.1	33.33	33.16
Boris	6.85	9.25	10.3	13.9	31	42	45.26	45.41	33.23	33.1
Corsario	7.51	8.3	12	13.2	36	38	47.94	45.78	33.33	34.5
Gran Yslam	7.77	8.58	12.3	15	36	45	46.33	52.45	34.17	33.33
Hierro Azul	6.94	8.2	10	13.8	30	39	43.23	47.56	33.33	35.38
Ibrahim	6.09	9.93	13.5	14.6	38	44	62.40	44.31	35.53	33.18
Isis	5.06	6.56	9.6	11.6	29	35	57.31	53.35	33.1	33.14
Perla	6.73	7.13	7.6	11.6	23	35	34.18	49.09	33.04	33.14
Rodrigo	7.52	9.84	11	16.2	33	47	43.88	47.76	33.33	34.47
San Nicolás	7.89	9.64	13.2	21.3	38	61	48.16	63.41	33.28	34.85
Teodore	7.76	9.46	13.6	16.6	41	50	52.84	52.85	33.17	33.2
Yurimagua	7.76	8.59	13.1	14.3	36	40	46.39	46.57	36.39	35.75

Tabla 13
Parámetros hematológicos (día 15)

N.	P.E. Eritrocitos (x10 ⁶ /uL)		Hemoglobina (g/dL)		Hematocrito (%)		VCM (fL)		CHCM (%)	
	M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz	4.19	8.03	8.3	15	25	45	59.67	56.04	33.20	33.33
Auqui	7.99	7.57	13.7	16.7	40	48	50.06	63.41	34.25	34.79
Belladona	7.52	8.66	13.6	14.3	41	40	54.52	46.19	33.17	35.75
Boris	6.77	9.1	10.5	14	30	41	44.31	45.05	35.00	34.15
Corsario	7.83	8.45	12.6	13.4	36	39	45.98	46.15	35.00	34.36
Gran Yslam	7.96	9.2	11	13.3	33	40	41.46	43.48	33.33	33.25
Hierro Azul	6.06	7.76	12.6	13.6	38	41	62.71	52.84	33.16	33.17
Ibrahim	7.78	9.89	11	14.9	33	42	42.42	42.47	33.33	35.48
Isis	6.68	7.85	11.3	13.4	34	40	50.9	50.96	33.24	33.50
Perla	6.36	7.06	10.8	13.6	30	41	47.17	58.07	36.00	33.17
Rodrigo	6.53	7.78	11	11.6	33	35	50.54	44.99	33.33	33.14
San Nicolas	6.58	8.54	10	16.5	30	46	45.59	53.89	33.33	35.87
Teodore	8.36	9.51	19	23	57	69	68.18	72.56	32.98	33.62
Yurimagua	8.9	9.45	14.8	15.6	44	45	49.44	47.62	33.64	34.67

Tabla 14
Parámetros hematológicos (día 30)

N.	P.E	Eritrocitos (x10 ⁶ /uL)		Hemoglobina (g/dL)		Hematocrito (%)		VCM (fL)		CHCM (%)	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		6.9	7.45	12	14	38	42	55.07	56.38	31.58	33.33
Auqui		7.81	8.21	12	16.3	36	49	46.09	59.68	33.33	33.27
Belladona		7.38	8.55	13.7	17	40	51	54.2	59.65	34.25	33.33
Boris		6.45	8.9	10	13.7	30	41	46.51	46.07	33.33	33.41
Corsario		8.53	9.16	13.7	14.6	40	43	46.89	46.94	34.25	33.95
Gran Yslam		6.9	7.53	12	14.3	36	43	52.17	57.1	33.33	33.26
Hierro Azul		6.94	8.46	11.6	12	35	36	50.43	42.55	33.14	33.33
Ibrahim		6.3	7.05	12	15.3	36	42	57.14	59.57	33.33	36.43
Isis		6.55	7.57	11.8	11.7	33	34	50.38	44.91	35.76	34.41
Perla		7.19	7.4	11.6	14.6	35	44	48.68	59.46	33.14	33.18
Rodrigo		8.05	7.24	13	15.4	36	44	44.72	60.77	36.11	35.00
San Nicolás		7.2	7.89	13.3	15	40	45	55.56	50.62	33.25	33.33
Teodore		8.62	8.97	13.3	17.9	40	50	46.4	55.74	33.25	35.80
Yurimagua		66.2	8.81	12.6	14.6	38	44	61.29	49.94	33.16	33.18

Tabla 15
Parámetros hematológicos (día 45)

N.	P.E	Eritrocitos (x10 ⁶ /uL)		Hemoglobina (g/dL)		Hematocrito (%)		VCM (fL)		CHCM (%)	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		7.97	8.08	12.6	15	38	45	47.68	55.69	33.16	33.33
Auqui		7.44	8.2	11.3	12	34	38	45.7	46.34	33.24	31.58
Belladona		7.5	8.59	14	15.8	42	44	56	51.22	33.33	35.91
Boris		7.02	6.56	10.7	18.6	32	56	45.58	85.37	33.44	33.21
Corsario		7.46	7.81	11.3	12	34	36	45.58	46.09	33.24	33.33
Gran Yslam		8.53	8.31	13.8	16.9	39	48	45.72	57.76	35.38	35.21
Hierro Azul		6.44	6.16	13	13.5	39	39	60.56	63.31	33.33	34.62
Ibrahim		6.45	6.81	12.8	13.3	35	40	54.26	58.74	36.57	33.25
Isis		6.68	8.02	12.5	15.1	35	42	52.4	52.37	35.71	36.19
Perla		6.68	6.19	11.4	12.3	32	37	47.9	59.77	35.63	33.24
Rodrigo		7.98	8.49	13.3	14	39	40	48.87	47.11	34.10	35.00
San Nicolás		7.27	7.33	14.6	16.6	41	50	56.4	68.21	35.61	33.20
Teodore		6.47	7.05	11.3	15.3	35	44	54.1	62.41	32.29	34.77
Yurimagua		7.5	7.05	12.3	13.3	36	40	48.00	56.74	34.17	33.25

Tabla 16
Parámetros hematológicos (día 60)

N.	P.E	Eritrocitos (x106/uL)		Hemoglobina (g/dL)		Hematocrito (%)		VCM (fL)		CHCM (%)	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		6.69	8.86	11.6	13.3	35	40	52.32	45.15	33.14	33.25
Auqui		7.68	8.5	14.6	16	44	47	57.29	55.29	33.18	34.04
Belladona		8.4	9.1	13.8	16.2	41	47	48.81	51.65	33.66	34.47
Boris		6.67	7.3	10	12.3	33	37	49.48	50.68	30.3	33.24
Corsario		7.74	8.3	12.1	14	35	41	45.22	49.4	34.57	34.15
Gran Yslam		8.4	9.1	13.2	16	38	46	45.24	50.55	34.74	34.78
Hierro Azul		6.55	7.25	11.8	13.5	34	38	51.91	52.41	34.71	35.53
Ibrahim		6.6	7.35	12.7	15	37	43	56.06	58.5	34.32	34.88
Isis		7.63	7.62	11.3	11.7	34	34	44.56	44.62	33.24	34.41
Perla		6.45	7.74	10.2	12.2	30	36	46.48	46.54	33.97	34.03
Rodrigo		8	8.9	12.8	15.3	37	44.4	46.25	49.89	34.59	34.64
San Nicolás		8.34	7.25	17.9	18.3	48	55	57.55	75.86	37.29	33.27
Teodore		7.08	8.64	12.2	14.9	35	42.7	49.44	49.42	34.86	34.89
Yurimagua		6.06	8.2	12.6	15	38	45	62.71	56.74	33.16	33.25

Tabla 17
Parámetros hematológicos (día 75)

N.	P.E	Eritrocitos (x106/uL)		Hemoglobina (g/dL)		Hematocrito (%)		VCM (fL)		CHCM (%)	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		8.14	9.45	15.1	19.8	42	58	51.6	61.38	35.95	34.12
Auqui		7.07	6.09	13.6	13.2	41	39	57.99	64.04	33.17	33.58
Belladona		8.2	9.35	13.5	15.6	40	46	48.78	49.2	33.75	33.91
Boris		6.95	7.65	10.8	12.6	32	37	46.04	48.37	33.75	34.05
Corsario		7.04	8.85	10.3	13.6	31	41	44.03	46.33	33.23	33.17
Gran Yslam		7.95	8.75	12.5	15.1	36	43	45.28	49.14	15.72	35.12
Hierro Azul		6.4	7.1	11	12.7	32	36	50	50.7	34.38	35.28
Ibrahim		6.25	7.1	11.9	14.2	34	40	54.4	56.34	35.00	35.50
Isis		7.7	8.59	12.1	12.3	35	37	45.45	43.07	34.57	33.24
Perla		6.9	8.28	11.1	13.3	33	39.6	47.80	47.86	33.61	33.67
Rodrigo		8.4	9.35	13.5	16.2	39	46.8	46.43	50.14	34.59	34.65
San Nicolás		7.27	8.87	14.6	18.3	41	50	56.4	56.36	35.61	36.6
Teodore		8.86	10.81	14.5	17.7	40	48.8	45.15	45.14	36.25	36.27
Yurimagua		7.5	7.1	12.3	13.1	36.5	39	54.8	57.3	32.85	33.15

Evaluación de parámetros bioquímicos:

- Datos correspondientes a los seis momentos de muestreo (días 0, 15, 30, 45, 60, 75):

Tabla 18
Resultados informe Bioquímico (día 1)

N.	P.E	AST/GOT		GLUCOSA		FAS		CK	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		282.85	335.46	79.48	74.82	376.50	398.32	221.80	372.54
Auqui		259.88	269.61	80.53	79.94	390.18	406.44	225.91	230.64
Belladona		266.88	284.73	93.42	77.96	362.17	398.55	183.54	252.61
Boris		275.69	318.42	85.81	82.15	350.84	438.67	174.10	389.25
Corsario		259.37	268.51	95.73	68.23	325.84	340.32	157.42	173.24
Gran Yslam		309.17	262.64	91.48	78.61	418.43	438.13	282.63	203.1
Hierro Azul		236.45	251.2	101.54	81.11	383.3	414.26	201.34	203.23
Ibrahim		285.01	293.75	104.13	97.38	750.35	742.59	268.45	279.79
Isis		196.09	203.16	99.45	84.23	473.61	479.85	123.83	141.79
Perla		250.27	252.87	104.04	99.88	632.07	651.71	226.86	260.89
Rodrigo		213.08	248.88	118.82	96.39	398.83	457.46	226.86	228.75
San Nicolas		311.97	338.52	90.22	78.64	395.43	452.18	207.9	248.36
Teodore		292.49	328.92	91.62	83.47	446.07	378.64	168.4	268.55
Yurimagua		281.86	291.27	106.32	82.87	429.99	413.44	281.68	283.57

Tabla 19
Resultados informe Bioquímico (día 15)

N.	P.E	AST/GOT		GLUCOSA		FAS		CK	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		228.7	264.35	89.8	83.64	281.38	325.42	120.90	238.78
Auqui		257.31	265.03	82.51	73.61	397.75	414.26	188.70	191.5
Belladona		309.8	313.2	115.48	104.02	421.55	422.95	293.02	294.91
Boris		222.31	289.63	95.58	89.74	329.43	412.55	163.8	352.18
Corsario		258.54	267.66	96.4	67.4	324.99	339.11	156.91	172.03
Gran Yslam		270.36	293.75	92.38	71.35	354.5	403.83	190.5	206
Hierro Azul		238.64	236.4	95.9	85.68	445.4	445.8	143.6	149.8
Ibrahim		251.54	267.46	100.13	61.51	641.55	687.46	215.9	213
Isis		183.83	221.45	94.28	84.15	436.15	508.92	115.3	287.34
Perla		412.32	451.24	121.8	81.5	581.58	624.52	257.4	278.4
Rodrigo		221.44	227.41	92.85	77.61	400.99	436.04	167.6	167.8
San Nicolas		272.25	289.65	91.17	74.58	352.79	363.12	182.3	182.8
Teodore		211.39	301.33	94.63	80.69	302.18	377.97	133.5	143.9
Yurimagua		305.01	298.4	90.24	70.16	422.31	424.24	198.7	206.8

Tabla 20
Resultados informe Bioquímico (día 30)

N.	P.E	AST/GOT		GLUCOSA		FAS		CK	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		241.79	278.45	69.85	58.72	314.40	367.83	151.40	289.65
Auqui		268.95	298.60	90.22	67.8	391.24	446.39	178.90	247.00
Belladona		269.33	299.75	97.12	90.36	406.44	488.41	168.4	217.5
Boris		275.69	298.47	85.81	78.36	350.84	418.92	174.1	324.85
Corsario		288.56	290.91	82.1	63.87	372.04	379.08	125.9	133.8
Gran Yslam		303.28	321.92	78.01	71.37	395.9	417.71	223.5	237.5
Hierro Azul		203.57	232.35	91.57	91.03	294.77	408.11	123.3	124
Ibrahim		263.37	282.88	90.4	51.88	629.01	672.97	227.4	248.9
Isis		187.67	193.54	84.43	80.92	423.77	437.76	126	133.9
Perla		440.38	458.74	92.62	73.26	643.87	676.74	220.9	269.7
Rodrigo		223.04	240.81	91.23	71.32	417.93	450.04	161.4	176.2
San Nicolas		259.23	265.49	81.39	70.27	339.68	369.63	175.9	177.4
Teodore		285.4	301.02	90.25	77.87	361.4	381.89	155	169.5
Yurimagua		311.85	313.36	96.08	66.95	398.48	417.72	180.6	198.8

Tabla 21
Resultados informe Bioquímico (día 45)

N.	P.E	AST/GOT		GLUCOSA		FAS		CK	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		224.19	237.26	92.20	87.62	299.50	332.63	114.50	162.50
Auqui		269.49	298.63	87.52	68.74	445.47	512.86	158.10	234.72
Belladona		276.48	290.23	80.51	71.49	359.73	377.71	221.60	308.00
Boris		211.57	216.17	103.46	99.41	307.21	307.9	130.9	134.9
Corsario		255.34	284.16	83.69	70.95	337.03	372.48	108.7	201.36
Gran Yslam		299.78	331.78	88.96	68.08	413.05	446.43	213.4	230.8
Hierro Azul		266.58	254.54	104.14	92.39	477.75	459.04	155.8	158.4
Ibrahim		240.6	263.36	76.44	73.16	625.66	638.38	218.5	238.1
Isis		196.26	235.71	72.75	68.4	457.68	532.14	189.8	318.65
Perla		322.49	338.21	90.15	77.9	580.29	650.72	197	213.3
Rodrigo		235.02	233.36	83.17	77.02	452.31	456.61	133.8	155
San Nicolas		280.54	299.57	91.05	69.8	371.14	406.86	235.7	273.2
Teodore		264.24	283.3	93.61	89.41	41.45	346.3	205.6	143.5
Yurimagua		268.3	286.6	88.94	87.67	386.69	416.81	268.1	279.1

Tabla 22
Resultados informe Bioquímico (día 60)

N.	P.E	AST/GOT		GLUCOSA		FAS		CK	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		236.78	252.71	87.48	84.52	349.62	413.38	137.20	167.70
Auqui		261.40	277.65	91.35	74.82	372.28	429.90	171.25	236.40
Belladona		278.5	292.34	98.24	82.7	368.42	402.19	189.65	247.88
Boris		222.31	235.48	95.98	83.23	329.43	374.06	163.8	168.17
Corsario		254.74	276.92	90.56	72.84	301.45	384.6	105.9	192.14
Gran Yslam		281.36	319.27	89.42	74.18	372.48	421.6	178.25	229.84
Hierro Azul		228.7	259.14	96.35	82.41	401.22	432.16	125.8	198.44
Ibrahim		258.43	276.88	95.27	72.64	668.92	689.47	242.16	258.49
Isis		206.15	210.34	84.4	84.17	419.79	439.76	134.8	233
Perla		252.87	412.32	99.88	92.34	210.15	632.07	185.6	260.89
Rodrigo		218.94	245.16	115.72	94.82	395.61	448.93	219.43	231.88
San Nicolas		253.66	274.62	91.71	90.34	374.97	399.11	169.3	166.3
Teodore		268.46	298.64	92.84	84.17	358.92	428.55	188.33	228
Yurimagua		288.7	251.08	93.06	86.03	397.5	373.02	413.8	249.04

Tabla 23
Resultados informe Bioquímico (día 75)

N.	P.E	AST/GOT		GLUCOSA		FAS		CK	
		M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1
Aldaz		282.85	244.27	95.48	68.49	376.50	324.87	221.80	174.00
Auqui		268.31	272.48	98.04	96.78	348.45	364.75	166.20	177.00
Belladona		271.42	289.77	88.93	72.85	354.75	389.74	176.3	268.42
Boris		198.34	236.79	92.47	71.83	245.82	318.64	145.19	228.46
Corsario		298.02	320.02	106.01	68.67	303.18	329.4	114.3	119.8
Gran Yslam		267.4	334.52	93.27	69.85	356.18	445.71	162.63	247.39
Hierro Azul		214.35	268.25	91.2	78.84	374.45	453.62	131.2	205.36
Ibrahim		263.37	263.36	90.4	76.13	629.01	638.38	227.4	238.1
Isis		240.39	247.41	91.51	86.58	432.88	432.74	115.4	106.5
Perla		322.49	458.74	92.62	87.16	215.8	643.87	190.45	269.7
Rodrigo		228.56	242.77	89.47	76.18	412.38	443.69	165.84	179.62
San Nicolas		261.33	295.61	93.18	85.92	382.45	448.77	172.8	241.33
Teodore		300.87	328.92	91.17	82.44	315.58	378.64	228.1	268.55
Yurimagua		288.72	252.35	93.78	86.47	397.55	373.25	412.35	249.45


Anexo 3
Constancia de laboratorio

CONSTANCIA

Por medio del presente hago constancia que se realizó en las instalaciones del laboratorio ANILAB, el procesamiento de 336 muestras clínicas, procedentes de 14 caballos, a las cuales se les midió los siguientes parámetros: hemograma completo, AST/GOT, FAS, glucosa y CK, muestras que fueron recolectadas por el señor Alder Alexander Cárdenas Achahui, identificado con DNI 74084340.

Constancia que se expide a petición del interesado en Arequipa a los 18 días del mes de noviembre del año 2025.

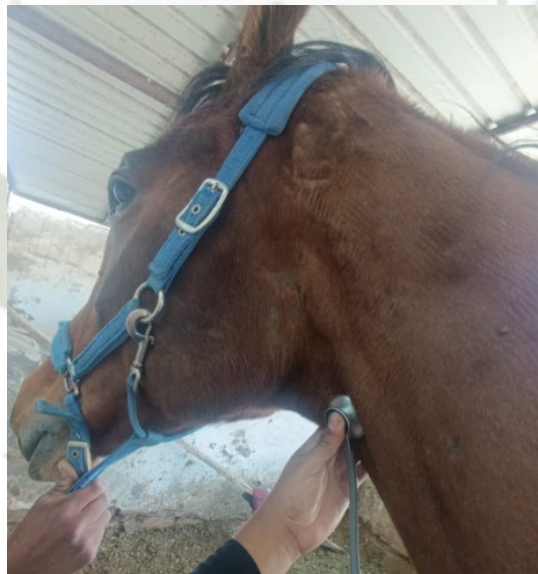
Atentamente


Andrea Del Rosario Rivera Pastor
GERENTE GENERAL

Andrea Rivera Pastor
DNI 46154907



Toma de frecuencia respiratoria (San Nicolas M0)



Toma de frecuencia respiratoria (Auqui M0)



Toma de la frecuencia respiratoria (Boris M0)



Toma de la frecuencia cardiaca (Auqui M0)



Toma de la frecuencia cardiaca (Boris M0)



Toma de la frecuencia cardiaca (Perla M0)



Toma de la temperatura corporal (Ibrahin M0)



Toma de la temperatura corporal (Yurimagua M0)



Toma de la temperatura corporal (Gran Yslam M0)



**Extracción de sangre para la evaluación los parámetros sanguíneos y bioquímicos
(Auqui M0)**



**Extracción de sangre para la evaluación los parámetros sanguíneos y bioquímicos
(Corsario M0)**



**Extracción de sangre para la evaluación los parámetros sanguíneos y bioquímicos
(Ibrahin M0)**



Torneo del equino (Boris) antes de la preparación para la prueba de salto



Torneo del equino (Belladona) antes de la preparación para la prueba de salto



Torneo del equino (Yurimagua) antes de la preparación para la prueba de salto



Ensillamiento del caballo (Isis)



Ensillamiento del caballo (Belladona)



Preparación y reconocimiento de la pista



Realización de la prueba de salto (Teodore)



Realización de la prueba de salto (Belladona)



Realización de la prueba de salto (Corsario)



**Tras la finalización de la prueba, llevar al caballo para las evaluaciones post-ejercicio
(Belladona)**



Sudoración del equino (Auqui) tras la realización del ejercicio



**Tras la finalización de la prueba, llevar al caballo para las evaluaciones post-ejercicio
(Teodore)**



Toma de la frecuencia cardiaca post-ejercicio (Gran Islam)



Toma de la frecuencia cardiaca post-ejercicio (Auqui)



Toma de la frecuencia cardiaca post-ejercicio (Yurimagua)



Toma de la temperatura corporal post-ejercicio (Perla)



Toma de la temperatura corporal post-ejercicio (Ibrahim)



Toma de la temperatura corporal post-ejercicio (Yurimagua)



Extracción de sangre para la evaluación de los parámetros sanguíneos y bioquímicos post-ejercicio (Yurimagua)



Extracción de sangre para la evaluación de los parámetros sanguíneos y bioquímicos post-ejercicio (Gran Islam)



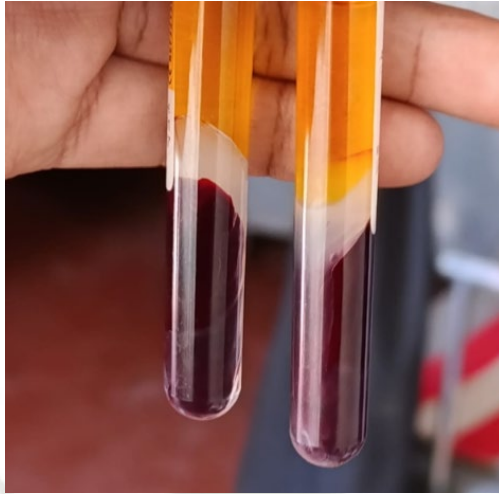
Homogenización de las muestras



Muestras en tubos con gel separador para centrifugar



Centrifugación de las muestras



Separación de los componentes sanguíneos



Organización de muestras



Muestras rotuladas y empaquetadas para ser analizadas en el laboratorio