



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

MODALIDAD: PROYECTO DE DESARROLLO

Título: _____

Lactato sanguíneo y creatinquinasa como factores de
rendimiento en equinos de la policía montada, Zona 1 – Ecuador

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magíster en Ciencias
Veterinarias

Autor:

Washington Eduardo Yanez Pinto

Tutor:

PhD. Chacón Marcheco Edilberto

LATACUNGA – ECUADOR

2023

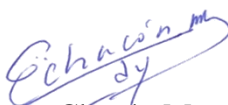
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “*Lactato sanguíneo y creatinquinasa como factores de rendimiento en equinos de la policía montada, Zona 1 – Ecuador*” presentado por Washington Eduardo Yanez Pinto, para optar por el título Magíster en Ciencias Veterinarias.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Ciudad, enero, 20, 2023




DMV. Edilberto Chacón Marcheco, PhD.

CI:1756985691

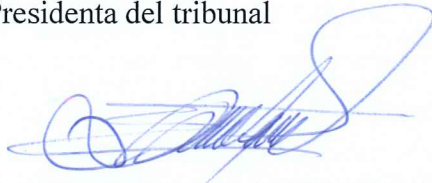
APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: *Lactato sanguíneo y creatinquinasa como factores de rendimiento en equinos de la policía montada, Zona 1 – Ecuador*, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Ciencias Veterinarias; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, marzo, 07, 2023



.....
Dra. Toro Molina Blanca Mercedes, Mg.
CC: 0501720999
Presidenta del tribunal



.....
Dra. Nancy Margoth Cueva Salazar, Mg.
CC: 0501616353
Lector 2



.....
Ing. Lucia Monserrath Silva Déley
CC: 0602933673
Lector 3

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia que me apoyaron durante la elaboración de esta investigación y a mi amiga Jhoana Benalcázar quien me motivo a realizar el posgrado.

Washington Eduardo Yáñez Pinto

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Jefatura operacional de policía montada de la zona 1 y a todo el personal por darme la apertura para realizar la investigación.

Agradezco al Myr. Mesías Moreta que apoyo en la ejecución del proyecto pensado siempre en generar investigación en pro del bienestar de los equinos de la JOPM Z1.

Agradezco de manera especial a la ayuda dada por el auxiliar veterinario Cbop. Darwin Navarrete quien me dio toda la colaboración durante el trabajo experimental.

Washington Eduardo Yáñez Pinto

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

Latacunga, marzo, 07, 2023



Washington Eduardo Yáñez Pinto

1719004168

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, marzo, 07, 2023



Washington Eduardo Yáñez Pinto

1719004168

AVAL DEL VEEDOR

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: *Lactato sanguíneo y creatinquinasa como factores de rendimiento en equinos de la policía montada, Zona 1 – Ecuador* contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los miembros del tribunal en la predefensa.

Latacunga, marzo, 07, 2023



Dra. Toro Molina Blanca Mercedes, Mg.

CC: 0501720999

Presidenta del tribunal

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

Título: Lactato sanguíneo y creatinquinasa como factores de rendimiento en equinos de la policía montada, Zona 1 – Ecuador

Autor: Washington Eduardo Yáñez Pinto

Tutor: Edilberto Chacón Marcheco. PhD

RESUMEN

Los equinos de la policía montada trabajan en la seguridad ciudadana en todo el Ecuador, pero carecen de estudios sobre la respuesta fisiológica, así como de la carga de trabajo diaria adecuada. El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la concentración de parámetros hematológicos (lactato sanguíneo y creatina quinasa), como indicadores de fatiga muscular, en equinos de la jefatura de policía montada zona 1 (JOPM-Z1), antes durante y después de una jornada de servicio de patrullaje rural. Fueron evaluados 13 equinos en las instalaciones de la jefatura operacional de policía montada zona 1. Se estableció una prueba de esfuerzo evaluando los valores de creatinquinasa y lactato sanguíneo en tres tiempos diferentes, antes de iniciar el servicio de patrullaje 7h30 (T1), luego de cuatro horas 12h00 (T2) y tras terminar una jornada de servicio diario de 8 horas de duración 18h30 (T3). Para cada muestra, los valores de lactato en sangre se analizaron primero con un analizador portátil Accutrend® Plus, mientras que los niveles de creatinquinasa fueron determinados mediante el analizador de química clínica cobas c311. Mediante un análisis de varianza los resultados mostraron una diferencia significativa para valores de creatinquinasa ($p < 0,05$), mientras que los valores de lactato sanguíneo no tuvieron un comportamiento estadísticamente significativo ($p > 0,05$). Se concluyó que los niveles de lactato sanguíneo (excepto en un animal) y creatinquinasa se encontraron dentro de los parámetros fisiológicos normales, los resultados arrojados de la evaluación determinaron que ninguno de los equinos superaron el umbral anaeróbico de lactato sanguíneo (4 mmol/l) y que los valores de creatinquinasa a pesar de una leve tendencia a elevación, se mantuvieron consistentemente dentro del rango fisiológico, lo cual es atribuible a un aumento en la permeabilidad de la membrana más que a un proceso de fatiga o daño muscular.

PALABRAS CLAVE: equinos; lactato sanguíneo; creatinquinasa; fatiga muscular; umbral anaeróbico.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS

Title: Blood lactate and creatine kinase as performance factors in equines of the mounted police zone 1 Ecuador

Autor: Washington Eduardo Yáñez Pinto


Tutor: Edilberto Chacón Marcheco. PhD

ABSTRACT

The mounted police equines work in citizen security throughout Ecuador but there are not studies on the physiological response as well as the adequate daily workload. This study was carried out with the objective of evaluating the concentration of hematological parameters (blood lactate and creatine kinase), as indicators of muscle fatigue, in horses from the mounted police headquarters zone 1 (JOPM-Z1), before during and after a day of patrol service rural. Were evaluated with 13 equines at the facilities of the mounted police operational headquarters zone 1. An exercise test was established evaluating the values of creatine kinase and blood lactate at three different times before starting the patrol service 7h30 (T1), after 4 hours 12h00 (T2) and after finishing a day of daily service of 8 hours duration 18h30 (T3). For each sample the values blood lactate levels were first analyzed using a portable analyzer Accutrend® plus while creatine kinase levels were determined using the cobas c311 clinical chemistry analyzer. Using an analysis of variance, through an analysis of variance, the results showed a significant difference for creatine kinase values ($p < 0.05$), while the blood lactate values did not have a statistically significant behavior ($p > 0.05$). It was concluded that with 8 hours of mounted patrol service that the blood lactate levels (except in one animal) were within normal physiological parameters, and that none of the horses exceeded the anaerobic blood lactate threshold (4 mmol/l), additionally the creatine kinase values despite from a slight tendency to elevation, they remained consistently within the physiological range, which is attributable to an increase in membrane permeability rather than to a process of fatigue or muscle damage.

KEY WORDS: equines; blood lactate; creatine kinase; muscular fatigue; anaerobic threshold.

YO; GUANOLUISA ASIMBAYA ALBA KARINA, con cedula 1716963622, Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Inglés con registro de la SENESCYT 1005-09-915551, **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título, Lactato sanguíneo y creatinquinasa como factores de rendimiento en equinos de la policía montada, Zona 1 – Ecuador, de Washington Eduardo Yáñez Pinto con cedula de ciudadanía 1719004168., aspirante a Magister en Ciencias Veterinarias.


LIC. GUANOLUISA ASIMBAYA ALBA KARINA
CC: 1716963622

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	2
APROBACIÓN TRIBUNAL.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	6
RENUNCIA DE DERECHOS.....	7
AVAL DEL VEEDOR.....	8
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
ÍNDICE DE CONTENIDOS	11
INDICE DE TABLAS	13
INDICE DE GRAFICOS	14
INFORMACIÓN GENERAL:	15
INTRODUCCIÓN	15
JUSTIFICACIÓN.....	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
<i>Objetivo general:</i>	18
<i>Objetivo específico:</i>	18
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	19
1.1- IMPLICACIÓN SOCIAL DE LA JEFATURA DE POLICÍA MONTADA	20
1.1-1. <i>Servicios operacionales de la Policía montada</i>	20

1.2-	FISIOLOGÍA DEL EJERCICIO EQUINO	21
1.3-	SISTEMA MUSCULAR.....	23
1.3-1.	<i>Morfología muscular</i>	23
1.3-2.	<i>Despolarización de las fibras musculares</i>	25
1.3-3.	<i>Contracción del músculo esquelético</i>	26
1.4-	METABOLISMO ENERGÉTICO	27
1.4-1.	<i>Metabolismo del ácido láctico</i>	27
1.5-	ENZIMAS	29
1.5-1.	<i>Creatinquinasa (CK)</i>	30
1.5-2.	<i>Lactato deshidrogenasa (LDH)</i>	31
1.5-3.	<i>Ciclo de Cori</i>	32
1.6-	EL SISTEMA CARDIOVASCULAR	32
1.7-	TERMORREGULACIÓN	33
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS		35
2.1-	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	35
2.2-	MATERIALES:	35
2.3-	EQUIPOS:.....	36
2.4-	POBLACIÓN Y MUESTRA	36
2.5-	TOMA DE LA MUESTRA	37
2.6-	PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS.....	38
2.7-	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	38
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		39
3.1-	EVALUACIÓN DE LACTATO SANGUÍNEO.....	39
3.2-	EVALUACION DE CREATINQUINASA.....	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		46
4.1-	CONCLUSIONES	46
4.2-	RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		48
ANEXOS.....		55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de Creatinquinasa (UI/l) en caballos de endurance según diferentes autores.....	31
Tabla 2 Grupos de trabajo segun el dia del procedimiento experimental.....	36
Tabla 3 Tiempos de servicios	37
Tabla 4 Mediciones del GPS durante el recorrido rural en la Zona de Aloburo ...	59
Tabla 5 Mediciones del GPS durante el recorrido rural en la Zona de Arcangel ..	60
Tabla 6 Mediciones del GPS durante el recorrido rural en la Zona de Priorato....	61
Tabla 7 Mediciones del GPS durante el recorrido rural en la Zona de Yaguarcocha	62
Tabla 8 Mediciones del GPS durante los recorridos rurales en las Zona de Yaguarcocha, Aloburo, Priorato y Arcángel	63

INDICE DE GRAFICOS

Figura 1 Mapa nacional de coordinación y direcciones distritales.....	35
Figura 2 Comportamiento del ácido láctico plasmático en los tres tiempos de actividad.....	40
Figura 3 Actividad del lactato sanguíneo de los 13 equinos muestreados en tres tiempos diferentes, T1, T2 y T3.....	40
Figura 4 Comportamiento de la creatinquinasa CK en los tres tiempos de actividad	43
Figura 5 Actividad sérica de la creatinquinasa CK de los 13 equinos muestreados en tres tiempos diferentes, T1, T2 y T3	43
Figura 6 Patrullaje rural en zonas de Aloburo.	55
Figura 7 Operativos de control durante patrullaje rural.....	55
Figura 8 Toma de muestras luego de servicio de patrullaje rural.	56
Figura 9 Revisión metabólica de los equinos luego del servicio de patrullaje rural.	56
Figura 10 Materiales para la toma de muestras sanguíneas.....	57
Figura 11 Análisis de lactato sanguíneo con equipo portátil Accutrend® Plus. ...	57
Figura 12 Resultado digital del control de recorrido mediante GPS	58
Figura 13 Zonas de patrullaje rural de la JOPM Z1	58
Figura 14 Personal policial de la JOPM Z1 que realizaron la prueba de rendimiento	58
Figura 15 Mapa del recorrido rural en la zona de Aloburo	59
Figura 16 Mapa del recorrido rural en la zona de Arcangel	60
Figura 17 Mapa del recorrido rural en la zona de Priorato.....	61
Figura 18 Mapa del recorrido rural en la zona de Yaguarcocha.....	62
Figura 19 Mapa del recorrido rural conjunto entre las zonas de Yaguarcocha, Aloburo, Priorato y Arcángel.....	63

INFORMACIÓN GENERAL:

Título del Proyecto:	Lactato sanguíneo y creatinquinasa como factores de rendimiento en equinos de la policía montada, Zona 1 – Ecuador
Línea de investigación:	Salud animal
Proyecto de investigación asociado:	Maestría en Ciencias Veterinarias, Aportes a la Conservación de la Biodiversidad Animal y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Seguridad Alimentaria.

INTRODUCCIÓN

La crianza de caballos en el Ecuador es una disciplina que ha crecido en gran medida en los últimos años, debido a que cada vez existe un mayor número de personas interesadas en practicar alguna disciplina ecuestre; en la misma proporción, el nivel de competitividad de los equinos de deporte se ha vuelto más exigente. Tanto criadores de caballos, centros ecuestres, asociaciones de razas, clubes hípicos y todas las personas que trabajan con equinos, muestran un creciente interés en la salud de sus animales, procurado implementar las mejores normas de manejo, alimentación, reproducción y entrenamiento, solicitando asesoramiento a especialistas (1–3).

La amplia investigación en el ámbito de la medicina deportiva ha dado como resultado significativos avances tecnológicos y científicos, los mismos que permiten evaluar el rendimiento deportivo de los equinos; entre los protocolos estudiados, la aplicación de pruebas de ejercicio tiene un uso significativo, las cuales se pueden dividir en dos clases: pruebas de ejercicio de rendimiento y pruebas de ejercicio clínico (4).

La mayoría de las pruebas de ejercicio de los atletas equinos se ha centrado en la evaluación en caballos de carreras. Sin embargo, las pruebas de ejercicio en estos animales pueden ser de gran utilidad para el diagnóstico de condiciones que afectan su rendimiento, tanto como herramienta de medicina preventiva, como en la evaluación de la progresión del entrenamiento (5). A pesar de la poca difusión de los test de ejercicio, existe una mayor conciencia sobre la necesidad de desarrollar pruebas de ejercicio adecuadas para cada una de las disciplinas ecuestres.

Las pruebas de esfuerzo de los caballos se pueden realizar en una cinta rodante o en el campo, encontrándose ventajas y desventajas entre las técnicas de ejercicio elegidas; las ventajas a destacar de una prueba de ejercicio de campo, es la de permitir examinar al caballo en el entorno en el que normalmente se desempeña, como es el caso de los equinos de servicio de policía montada del Ecuador, los cuales desempeñan un trabajo multidisciplinario en diferentes escenarios (4–6).

La información obtenida de las pruebas de ejercicio sirve como base para documentar la intensidad del ejercicio durante el entrenamiento, así como permite confirmar que las sesiones de entrenamiento preparan adecuadamente al caballo para el trabajo físico demandado o para la competencia requerida (5).

Justificación

Siempre ha existido una fuerte relación y conexión entre los equinos y las personas; las capacidades físicas de los caballos han permitido usar los mismos de varias formas durante la historia, desde ser parte de conflictos armados hasta diversos deportes ecuestres, donde los caballos más apreciados eran aquellos que obtenían los mejores resultados en diferentes competiciones; por las mismas razones, la selección de animales para la reproducción se ha basado en especímenes con mejores aptitudes físicas y características morfológicas (7).

Debido a estas consideraciones de los equinos, un área de la hípica sigue siendo destinada al control del orden público, incluso formando unidades especializadas

que se denominan equinos de caballería o policía montada, los mismos que participan en operativos de control como eventos públicos, conciertos, espectáculos, concentraciones políticas, festivales, actos protocolarios, sesiones solemnes y principalmente en el servicio de patrullaje y seguridad ciudadana. Ecuador no es la excepción, teniendo una jefatura de policía montada que cuenta con más de 200 semovientes prestos para trabajar en el manejo del orden público (1-3).

Pese a la importancia de los equinos que cumplen funciones de servicio de patrullaje rural o urbano, no se ha descrito un test de ejercicio para estos caballos, el cual permita evaluar el estado físico y rendimiento de estos equinos. Únicamente se ha planteado, diversos protocolos de pruebas de ejercicio, en especial en la última década para caballos de alto rendimiento; entre las más investigadas son las diseñadas para endurance, prueba completa, salto, reining, etc. (5,8-10).

Planteamiento del problema

En equinos es posible definir la intensidad de un ejercicio al realizar un test estandarizado del mismo (standardised exercise tests - SET), el cual permite analizar el estado físico y evaluar cada uno de los sistemas corporales involucrados en el posible rendimiento deficiente de un equino (4); todas estas evaluaciones dependen del objetivo de la prueba de ejercicio y pueden ir desde la aplicación de exámenes físicos generales hasta la evaluación mediante procedimientos más tecnificados, como exámenes de claudicaciones por sensores inerciales, endoscopia de las vías aéreas altas en dinámica y estática, pruebas de ergo espirometría, citología del lavado bronco alveolar, electrocardiografía, ecocardiogramas y/o pruebas de laboratorio (6,11).

A pesar de todos los protocolos diseñados para evaluar problemas sub clínicos y el bienestar de los equinos, en el Ecuador no se han realizado estudios para determinar el estado físico de los caballos de la policía montada, por lo que realizar un test de ejercicio estandarizado, analizando parámetros sanguíneos como el lactato sanguíneo o enzimas musculares como la creatinquinasa (CK), puede ayudar a

determinar la presencia de un bajo de rendimiento o problemas de salud subclínicos en dichos animales. El lactato es un producto del metabolismo muscular anaeróbico, resultante del aporte insuficiente de oxígeno a la mitocondria muscular, lo que refleja una posible fatiga muscular, mientras que la creatinquinasa es una de las enzimas más específicas para la evaluación del sistema muscular, ya que su aumento sobre los rangos de referencia es un indicador de necrosis celular (6,12). Así, al analizar la concentración de lactato sanguíneo o enzimas musculares, similar a los que se realiza en humanos, se puede determinar si existe un daño o fatiga muscular, lo que permitirá desarrollar programas de entrenamiento potenciando la aptitud deportiva (4). Por lo tanto, es de mucha importancia el determinar la respuesta fisiológica de los equinos de la policía nacional frente al ejercicio, así como determinar una carga de trabajo diaria donde no se comprometa la salud del equino, mediante la evaluación de resultados cuantitativos como son el análisis de lactato sistémico en sangre y el análisis de creatinquinasa.

Objetivos de la Investigación

Objetivo general:

Evaluar la concentración de parámetros hematológicos (lactato sanguíneo y creatina quinasa), como indicadores de fatiga muscular, en equinos de la jefatura de policía montada zona 1 (JOPM-Z1), antes durante y después de una jornada de servicio de patrullare rural.

Objetivo específico:

Determinar valores de ácido láctico sanguíneo, como indicador del metabolismo anaeróbico antes, durante y después de un servicio de patrullaje rural en equinos de la JOPM-Z1.

Calcular los valores séricos de creatinquinasa, como indicador de la integridad de las fibras musculares antes, durante y después de un servicio de patrullaje rural en equinos de la JOPM-Z1.

Demostrar que 8 horas de servicio de patrullaje rural diario con una etapa de descanso en equinos de la JOPM-Z1, no genera problemas fatiga muscular o daños en las fibras musculares.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los equinos han estado ligados al ser humano durante toda su permanencia en el planeta, por lo que su domesticación (al principio solamente eran usados con fines alimenticios) fue un acontecimiento importante en la historia de la humanidad, pues a partir del mismo, empezó a desarrollarse la civilización humana de manera significativa. Esta domesticación provocó varios cambios tanto anatómicos como fisiológicos en los caballos, hasta llegar a las diferentes razas que se tienen en la actualidad. En nuestros tiempos, los caballos son usados como animales de compañía, animales de carga, en diferentes deportes, como parte de terapias asistidas, control público y muchos aún están en estado salvaje.(13,14).

La equitación es una disciplina y un deporte completo para los caballos, que requiere de conocimientos, técnica y preparación, tanto del jinete como del equino. En el caso del jinete, debe mantener el control del animal, por lo que debe estar preparado tanto física, técnica como emocionalmente. Para las personas, los deportes ecuestres sirven como una excelente actividad física; así mismo, ayuda en terapias asistidas en población con capacidades diferentes, etc. Sin embargo, debido al alto mantenimiento de los animales, así como su crianza, tradicionalmente se lo ha catalogado como una actividad desarrollada por personas de clase media alta y alta (15,16).

Como parte del control ciudadano de los estados, la policía de cada país previene, controla, reprime cualquier actividad que vaya en contra del orden y la seguridad de los habitantes. Dentro de dicho control, se usa caninos y equinos para las labores de seguridad, por lo que es frecuente encontrar unidades especializadas de estos animales dentro de la fuerza pública, siendo el caso de los equinos importante pues permite al jinete tener una visibilidad mayor del entorno, siendo usados especialmente en concentraciones masivas de personas (17).

1.1- IMPLICACIÓN SOCIAL DE LA JEFATURA DE POLICÍA MONTADA

El rol de la Policía Nacional del Ecuador, en el campo social, está relacionado directamente en garantizar la seguridad ciudadana, el orden público y la protección de los derechos humanos; en este concepto nacional, la Unidad de Equitación y Remonta (UER), participan activamente para lograr este objetivo, al actuar como una unidad de apoyo que acude a lugares o eventos donde los planes de acción lo requieran. Trabajan en coordinación con la Dirección General de Operaciones de la Policía Nacional (1-3).

1.1-1. Servicios operacionales de la Policía montada

Con el fin de brindar un servicio en todo el territorio nacional, actualmente se divide en cinco jefaturas operacionales, las mismas que se encuentran en Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato e Ibarra, considerando como matriz la jefatura de la capital de la república. Entre sus servicios se encuentran: el patrullaje rural y urbano montado preventivo, el patrullaje montado disuasivo, el grupo acrobático, la banda montada, el servicio de hipo terapia y los stands informativos (2).

En el caso del patrullaje rural y urbano montado preventivo, para lograr un mayor alcance en cuanto a la seguridad ciudadana, el servicio de patrullaje de las jefaturas operacionales recorre diferentes sectores como plazas, parques, avenidas, centros turísticos, escenarios académicos (colegios, universidades), así como también barrios del sector rural, donde existen caminos de difícil acceso para vehículos y motocicletas. El Ministerio del Interior informa que en ciertos sectores rurales los patrullajes preventivos han logrado que los delitos disminuyeran en un 90% (1,18).

El patrullaje montado disuasivo, es uno de los principales deberes de las jefaturas de policía montada, el cual se enfoca en el control de multitudes, manifestaciones pacíficas y violentas, control de espectáculos públicos, custodia y protección de

dignatarios, etc. En este caso, los equinos deben estar preparados para actuar en base a diferentes formaciones para el control antidisturbios (1).

Adicional a su misión constitucional, la policía montada cumple con un papel preponderante en el acercamiento con la ciudadanía, a través de su programa de vinculación comunitaria. Lo hace por medio de varias actividades sociales a través de presentaciones públicas de la banda montada y el grupo acrobático; así mismo, las jefaturas de policía montada tienen un programa de terapias asistidas con caballos, en donde la equino terapia aprovecha los movimientos del caballo para estimular los músculos de niños fortaleciendo su equilibrio, motricidad y estado de ánimo, especialmente en pacientes que padecen distintos síndromes con trastornos neurológicos y físicos (2).

1.2- FISIOLÓGÍA DEL EJERCICIO EQUINO

Para comprender las adaptaciones fisiológicas del ejercicio de un equino, se parte al entender que son animales de presea, lo que ha llevado a que la supervivencia de estos dependiera de la adaptación de su velocidad, para escapar de los depredadores, y la resistencia, necesaria para viajar largas distancias en busca de alimento y agua. Las características de velocidad y resistencia de los équidos, se modificaron o mejoraron posteriormente mediante la cría selectiva por parte de los seres humanos (19), lo que ha dado como resultado la adaptación a una gran variedad de usos que han mejorado determinadas características fisiológicas dependiendo de la raza; por ejemplo, los caballos de carreras de pura sangre, son capaces de correr a alta velocidad (18 m/s o 64 km/h) en distancias de 800 a 5000 metros, los caballos cuarto de milla corren en 400 m o menos a velocidades de hasta 88 km/h, los de raza árabe trotan o galopan hasta 160 km en un solo día durante eventos de resistencia, por el contrario, los caballos de tiro como percherones pueden tirar de grandes pesos (1000 kg o más) en distancias cortas, entre otras (19,20).

Los equinos presentan un rendimiento atlético superior en comparación con el ser humano y otras especies animales, lo que se da por una integración de los

principales sistemas corporales implicados en la utilización de fuentes energéticas, así como de factores biomecánicos que favorecen su desempeño; al comparar las diferentes disciplinas a las que pueden ser sometidos, se ha determinado que existen grandes diferencias en las demandas de energía, en sus actividades biomecánicas y en los procesos de termorregulación (20). La capacidad atlética superior de los equinos, principalmente se ve atribuida a la capacidad aeróbica máxima (VO₂max) así como también a una serie de adaptaciones fisiológicas como: grandes reservas intramusculares de sustratos energéticos (glucógeno intramuscular), alta concentración mitocondrial, la capacidad que poseen de aumentar el transporte de oxígeno de la sangre a través de la contracción esplénica, la eficiencia de la marcha y la termorregulación eficiente (21).

Sin embargo, es importante tomar en cuenta al proceso de fatiga que pueden sufrir los equinos, que causa limitación en su rendimiento y que constituye una cadena compleja de eventos, tanto periféricos como centrales, donde por ejemplo un equino sometido a un ejercicio de alta intensidad y corta duración (como son las carreras de cuarto de milla o pura sangre), no están limitados por la disponibilidad del sustrato energético, sino más bien, por la falla en la producción de energía. Por el contrario, el ejercicio de baja intensidad, pero de larga duración (como la equitación de resistencia), produce un agotamiento del sustrato energético como es el caso del glucógeno muscular, lo que eventualmente limitará la capacidad del caballo para continuar con el ejercicio, además, la equitación de resistencia impone demandas termorreguladoras diferentes, donde el equino necesita tener una gran eficacia en su capacidad de disipación de calor (20).

Estas características del rendimiento en los caballos, han generado un mayor interés en la investigación de medicina deportiva equina, que se ha desarrollado potencialmente en la última década, desde la especialización de profesionales en áreas específicas hasta la construcción de instalaciones especializadas que albergan equipamiento científico de alta gama y última generación, todo con el fin promover, potenciar y facilitar la investigación del caballo de deporte y su aplicación al sector productivo, donde se busca, entre otras cosas, determinar el número de horas

adecuadas dedicadas al entrenamiento, a la identificación de los métodos de entrenamiento que ocasionen menos lesiones y con fines de mantener el mejor bienestar animal posible, mediante el desarrollo de varias herramientas que permiten evaluar e investigar varios aspectos de la fisiología del ejercicio equino; en el caso de la cinta rodante, ha permitido estudiar a los caballos durante el ejercicio, analizando la biomecánica de la marcha, la evaluación endoscópica de la función de las vías respiratorias superiores y las pruebas de rendimiento del ejercicio (20,22).

1.3- SISTEMA MUSCULAR

1.3-1. Morfología muscular

El sistema muscular está conformado de tal manera que es capaz de cumplir diversas funciones en base a sus principales propiedades físicas que incluyen extensibilidad, excitabilidad y elasticidad (23). De forma general el cuerpo animal posee tres tipos de fibras musculares: esqueléticas, lisas y cardíacas; cada tipo de fibra se caracteriza por diferencias en su estructura microscópica, función, ubicación e inervación. El músculo esquelético supone en la mayoría de los mamíferos el 40% del cuerpo, mientras que el 10% corresponde al cardíaco y liso, sin embargo, en los equinos adultos puede llegar a superar el 50% del peso corporal (19,23,24).

El aspecto más visible de la función muscular es el relacionado con la locomoción, generada enteramente por la musculatura esquelética de acuerdo con el tipo de movimiento realizado, clasificándolos en músculos extensores, flexores, abductores y aductores (23). Más del 90% de un músculo está formado por miofibras, y el resto consiste en nervios, vasos sanguíneos, grasa y el tejido conectivo que separan las fibras individuales (endomisio), los fascículos (perimisio), el músculo completo (epimisio). El tejido conectivo se fusiona con los tendones de origen e inserción del músculo, así como con los tendones internos en los músculos compartimentados (19).

La musculatura esquelética posee diferentes niveles de organización, iniciando en la denominada fibra muscular, forma alargada que generalmente varían de 5 a 100 μm de diámetro y una longitud de 10 a 30 cm; cada fibra muscular se compone de cientos o miles de subunidades más pequeñas llamadas miofibrillas esqueléticas, estas son células multinucleadas alargadas que tienen entre 30 y 100 mm de longitud y 10 a 100 μm de diámetro (19,23,24).

Cada miofibrilla esquelética está formada por una serie de sarcómeros repetidos, que es la unidad contráctil básica de la fibra muscular, caracterizado por tener un disco en cada extremo (denominado disco Z), el cual es común a los dos sarcómeros que separa y está compuesto por varios tipos de moléculas proteicas polimerizadas entre sí (24). Cada sarcómero contiene miofilamentos de proteínas llamados actina y miosina, que por su disposición dan lugar a estrías cruzadas (bandas oscuras y claras). Los miofilamentos de actina se proyectan desde la línea Z hacia su centro desde cada extremo, la actina de dos sarcómeros comunes a la misma línea Z componen una banda I (banda clara), mientras que los filamentos de miosina están ubicados centralmente dentro de un sarcómero y junto con la superposición de filamentos de actina, proporcional a la banda A (banda oscura); dentro de la banda A, la banda H es el área central donde los filamentos de miosina no se superponen con los filamentos de actina, donde la porción central más oscura se designa como la línea M. La contracción muscular ocurre cuando, dentro de cada sarcómero, los miofilamentos delgados se deslizan sobre los miofilamentos gruesos, acercando los discos Z adyacentes (19,23).

La proporción de los filamentos de actina y miosina es de 2:1, por ende, cada miofibrilla estará formada por aproximadamente 1.500 filamentos de miosina y 3.000 filamentos de actina adyacentes entre sí (23,24). La miosina presenta dos cabezas y una cola de hélices trenzadas, la cabeza de miosina es el dominio motor que pueden unirse al adenosín trifosfato (ATP), a la actina y a la enzima ATPasa miofibrilar. La actina está formada por dos cadenas helicoidales trenzadas y otras dos de tropomiosina unidas entre sí, formando una hélice de mayor tamaño; de forma intermitente se colocan las moléculas de una proteína globular compleja

llamada troponina, con afinidad por los iones de calcio. Las mitocondrias y los sustratos intramusculares (glucógeno, lípidos, etc.), se encuentran entre los miofilamentos y debajo del sarcolema, esta íntima relación significa que el ATP producido durante la fosforilación oxidativa está fácilmente disponible para la contracción muscular (24). El retículo sarcoplásmico es un sistema membranoso intracelular ubicado entre las miofibrillas, se lo considera un organelo de almacenamiento o secuestro intracelular de calcio cuando el músculo se encuentra relajado, forma una red reticulada alrededor de las miofibrillas y es análogo al retículo endoplásmico liso de otras células; contiene sobre todo gran cantidad de la enzima Ca^{2+} -ATPasa, el canal de liberación de calcio (receptor de rianodina o RYR1) y la proteína calsecuestrina (19,24).

En una orientación perpendicular a la fibra muscular, se encuentran los túbulos transversos o túbulos T, que son tubos de la membrana plasmática formados por invaginaciones periódicas del sarcolema, estos discurren alrededor de las miofibrillas formando uniones con el retículo sarcoplásmico, contienen líquido extracelular y permiten que la membrana plasmática transmita la despolarización del potencial de acción al interior de la fibra (24).

1.3-2. Despolarización de las fibras musculares

Una unidad motora consta de una neurona motora α y las respectivas fibras musculares esqueléticas que inerva, en donde, los fenómenos que aparecen durante la transmisión neuromuscular son similares a los que ocurren en la sinapsis neuronal (12,23). El impulso avanza hasta el final de la neurona motora donde aumenta la permeabilidad de sus terminaciones al calcio, los mismos que entran en las terminaciones y generan un proceso de exocitosis de las vesículas liberando acetilcolina, la que se difunde a los receptores colinérgicos nicotínicos que se hallan concentrados en la membrana de la placa motora terminal, aumentando la conductancia a los iones sodio y potasio de la membrana, generando un potencial despolarizante, los cuales se conducen en ambos sentidos a partir de la placa terminal a lo largo de la fibra muscular. Los potenciales de acción se conducen al interior de las fibras musculares a través de los túbulos T y allí activan canales

dependientes de voltaje conocidos como receptores de dihidropiridina (DHPR); un vínculo mecánico entre DHPR y los receptores de rianodina (RyR1), ubicados en la pared del retículo sarcoplásmico, hace que se abran y liberen iones Ca^{2+} junto con calsecuestrina, estimulando aún más la liberación de calcio (12,19).

1.3-3. Contracción del músculo esquelético

Por la ubicación y la estructura anatómicas de las cisternas terminales, estas permiten la liberación del Ca^{2+} junto al aparato contráctil luego de la estimulación regenerada por el potencial de acción: los iones calcio liberados tiene una alta afinidad por el complejo de troponina, uniéndose a la troponina C, lo cual provoca un cambio conformacional entre las cadenas de actina y tropomiosina que hace que se descubran los sitios activos, dando como resultado la exposición de los sitios de unión de la miosina en la actina F y permite que la cabeza globular de la miosina se adhiera a medida que se hidroliza el ATP, formando finalmente así el puente cruzado entre la actina y la miosina. El difosfato de adenosina (ADP) y el fosfato inorgánico son desplazados por la actina, a lo que sigue la disociación del puente actina-miosina debido a la unión nuevamente de ATP a la miosina (19,23).

La concentración de calcio disminuye en la célula muscular por acción de la bomba Ca^{2+} ATPasa sarcoplásmica, que utiliza energía de la hidrólisis del ATP para eliminar calcio del citosol y regresarlo a las cisternas terminales, donde se almacena hasta que lo libera el potencial de acción siguiente. Una vez que la concentración de calcio cesa, la interacción química entre la miosina y la actina permite que el musculo se relaje. Es importante resaltar que el ATP aporta la energía tanto para la contracción (en la cabeza de miosina) como para la relajación (a través de la bomba Ca^{2+} ATPasa), por lo que, si se inhibe el transporte de calcio al retículo, no se produce la relajación aunque no haya más potenciales de acción; la contracción sostenida resultante se denomina contractura muscular (12).

1.4- METABOLISMO ENERGÉTICO

Al igual que los seres humanos, las fibras musculares de los equinos requieren diferentes sustratos energéticos para llevar a cabo la contracción muscular y generar movimiento y por consiguiente locomoción; los equinos tienen a su disposición diferentes fuentes energéticas que son de uso inmediato, así como también existen otros sustratos energéticos que pueden ser almacenados en el hígado, músculo o tejido adiposo para su posterior uso, constituyendo sus reservas energéticas que generan una provisión de energía de manera constante en forma de ATP (25).

La energía es necesaria para que se produzca el cambio de orientación entre los puentes cruzados de actina y miosina, la cual es procedente de la hidrólisis del ATP en la cabeza de la miosina, dando como resultado ADP, fosfato inorgánico, un protón y la liberación de energía. La energía liberada es utilizada para generar la contracción muscular, así como también es indispensable para restaurar el músculo contraído a un estado de relajación a través de un transporte activo de iones de calcio hacia las cisternas terminales; este proceso se repite millones de veces durante la contracción muscular (12,19,25,26).



Bajo condiciones normales, existe una reserva finita de ATP dentro del músculo, la cual permite la actividad muscular únicamente por unos pocos segundos. Por lo tanto, es necesario re sintetizar ATP constantemente, para mantener un esfuerzo muscular continuo y esto se logra mediante vías de fosforilación aeróbica (oxidativa) y anaeróbica (20).

1.4-1. Metabolismo del ácido láctico

El lactato fue descubierto hace más de 200 años, sin embargo, pese al pasar de los años y la serie de investigaciones que se han realizado, todavía se la considera una molécula intrigante, pues al principio se la consideraba un producto de desecho de la actividad metabólica corporal, y por ende culpable de la fatiga muscular, hasta

ahora que se ha descubierto sus propiedades de combustible de un sin número de células de los organismos, e inclusive considerada una “especie de hormona” para la formación de la memoria y con propiedades neuro protectoras (27).

El lactato es el producto final de la glucólisis anaeróbica, en donde la deficiencia de oxígeno transforma al piruvato en este componente, por acción del lactato deshidrogenasa (LDH), especialmente en el músculo esquelético, pero también en córnea, eritrocito y médula renal. El lactato formado puede ser utilizado por otros tejidos, a los cuales les llega por vía sanguínea (28).

En el caso de los equinos, existe muy poca información sobre sus índices de rendimiento, en especial entre el entrenamiento y la competencia (29), mientras que los programas de acondicionamiento físico están elaborados de forma empírica, o por experiencia de los entrenadores, pero no siempre basados en datos científicos; sin embargo, actualmente se ha dirigido muchos programas de acondicionamiento, en base a la presencia del lactato sanguíneo en equinos (22). El lactato no solamente se utiliza como un parámetro evaluador del ejercicio, sino también para evaluar diversos estados de salud, como en el caso de los cólicos (30), por lo que también constituye un indicador de pronóstico en la medicina equina, especialmente para medir la gravedad de la enfermedad, aunque no discrimina por completo a los sobrevivientes de los no sobrevivientes (31).

Su medición también puede proporcionar información relacionada con la capacidad aeróbica y anaeróbica del caballo. En reposo, los niveles de lactato en sangre son de 0,5 a 1 mmol/l; durante el ejercicio, se produce una relación bilineal entre la concentración de lactato sanguíneo y la velocidad. Sin embargo, esto a menudo se representa como una curva exponencial, especialmente cuando se miden puntos de datos limitados (32). La desviación de la curva de lactato-velocidad representa el comienzo de un desequilibrio entre la producción y la eliminación/metabolismo del lactato, lo cual ocurre a concentraciones de 2–4 mmol/l, lo que lleva al uso frecuente del valor empírico de 4 mmol/l para definir el inicio del lactato en sangre o umbral anaeróbico; por lo tanto, se puede utilizar las mediciones de lactato como marcador de la capacidad anaeróbica (4). Entre 12 y 24 horas post ejercicio, las

concentraciones de lactato en los equinos adultos vuelven a sus niveles normales, mientras que en potrillos ya se encuentra los valores normales entre 24 y 72 horas post nacimiento (31).

En Ecuador, en un estudio realizado en Cuenca-Azuay, en caballos cuyo estado de salud era aparentemente sano, y mantenidos a más de 2500 metros sobre el nivel del mar, se analizó el lactato sanguíneo en 100 caballos y 100 yeguas (n=200), encontrándose una concentración promedio, dentro de los valores normales, de (3):

- 1 a 3 años:
 - Yeguas: 1.5 mmol/L
 - Caballos: 1.4 mmol/L;
- 4 a 6 años:
 - Yeguas: 1.3 mmol/L
 - Caballos: 1.3 mmol/L
- 7 a 9 años:
 - Yeguas: 0.8 mmol/L
 - Caballos: 1.1 mmol/L
- 10 a 12 años:
 - Yeguas: 1.2 mmol/L
 - Caballos: 1.1 mmol/L
- 13 a 15 años:
 - Yeguas: 1 mmol/L
 - Caballos: 1 mmol/L
- 16 a 18 años
 - Yeguas: 1.4 mmol/L
 - Caballos: 1.1 mmol/L

1.5- ENZIMAS

Cuando un animal es sometido a ejercicio, y especialmente al de resistencia, este puede causar lesiones en los músculos, los cuales pueden ser visibles en el sarcolema, lámina basal, elementos contráctiles y el citoesqueleto. La mayoría de

veces, estos daños ocasionan la liberación de varias enzimas (consideradas enzimas musculares), dentro de las que se destacan la creatina quinasa, lactato deshidrogenasa, mioglobina y otras proteínas en la sangre (33). Para que las actividades de las enzimas musculares tengan un significado patológico, deben ser mayores que las esperadas por la naturaleza del ejercicio y el estado físico del caballo (34). Tanto el tipo de ejercicio como el nivel de condición física pueden afectar las elevaciones posteriores al ejercicio en las enzimas musculares (4).

En los equinos, principalmente los que se dedican a diferentes deportes ecuestres, se puede encontrar una diversidad de genes encargados de la producción energética y la contracción muscular, los cuales están regulados de diferentes formas durante el ejercicio, dentro las que se destaca la creatina quinasa en las células animales (35).

1.5-1. Creatinquinasa (CK)

La CK es una enzima de características ubicuas, cuya biosíntesis se realiza principalmente en hígado, riñones y páncreas, encontrándose sus mayores reservas en los sitios donde el organismo requiere mayores demandas de energía (36). La CK es una isoenzima, que tiene un amplio rango de actividad (37), pudiendo encontrarse en cerebro, músculo esquelético y corazón, siendo codificada por varios genes (35).

La CK es necesaria para el correcto funcionamiento de los miocitos, pues transforma la fosfocreatina en creatinina, proceso que es de suma importancia para volver a fosforilar el ADP y transformarlo en ATP, el cual es usado para el trabajo muscular, transformándose en ADP. Por lo tanto, un aumento de la misma es un indicador de una actividad muscular anormal, como sucede en un infarto de miocardio, lesión muscular, sobre esfuerzo o sobre ejercicio, diferentes tipos de medicamentos, ingesta de alcohol, entre otras. Por tal razón, medir CK, permite identificar lesión de la musculatura, pues se produce alteraciones en la permeabilidad de la bicapa lipídica del miocito, ocasionando una disminución de oxígeno y por ende hipoxia celular (38,39).

Luego del ejercicio, la CK aumenta en sangre, por un aumento de su presencia en el músculo esquelético de los equinos (40), por lo que se la considera como un excelente indicador indirecto de lesión muscular, a más que es fácil y barata de identificar cuantitativamente; por esta razón, es muy usada para verificar la intensidad del entrenamiento (o sobre entrenamiento) equino (33).

Ingresa a las células diana a través de un simportador específico llamado transportador de CK dependiente de Na⁺/Cl (CRT). Una vez dentro de las células, la CK cataliza la reacción de transfosforilación reversible entre [Mg²⁺:ATP⁴⁻]²⁻ y Cr para producir fosfocreatina (PCr) y [Mg²⁺:ADP³⁻]⁻. La CK/PCr es fisiológicamente esencial para la vida, pues es indispensable para varias funciones como la supervivencia celular, crecimiento, proliferación, diferenciación y migración/motilidad; por esta razón, un problema o cambio en este sistema, puede causar varias enfermedades (36).

Tabla 1 Valores de Creatinquinasa (UI/l) en caballos de endurance según diferentes autores

Autores	Distancia (km)	Reposo	Tras ejercicio
Barton et al., 2003		48262±114	924±1391
Barton et al., 2003		83250±99	9435±23626
Barton et al., 2003		159244±121	4137±4317
Schott et al., 2006		160702±720	22473±41192
Muñoz et al., 2010		30147,9±66,4	157,1±37,3
Muñoz et al., 2010		53,2147,9±66,4	157,1±37,3
Muñoz et al., 2010		76,2147,9±66,4	757,6±491

Fuente: (41)

1.5-2. Lactato deshidrogenasa (LDH)

La LDH es la enzima encargada de transformar el piruvato en lactato, por medio del NADH, en la glucólisis anaeróbica, lo cual es una función muy importante en el balance redox, pues ayuda a la regeneración de NAD (28). Tiene 5 isoenzimas, y se la encuentra en casi todos los tejidos, pero especialmente en músculo esquelético (isoenzima LDH5), músculo cardíaco (predominando LDH 1 y 2), riñones e hígado, donde regula el equilibrio de dicho tejidos (37).

Al igual que la CK, cuando la LDH aumenta en sangre, tiene interés clínico en el diagnóstico y seguimiento de diferentes patologías, así como un aumento de su presencia en el músculo esquelético de los equinos que han pasado por un estado de ejercicio (28,40).

1.5-3. Ciclo de Cori

El Ciclo de Cori, también conocido como el ciclo del ácido láctico, se activa como parte de la recuperación después de un ejercicio vigoroso, en el cual se produce el proceso de gluconeogénesis a partir del lactato generado en el propio ejercicio, el cual se dirige hacia el hígado y los riñones, los órganos gluconeogénicos; la glucosa sintetizada regresa por vía sanguínea al músculo, donde se almacena nuevamente como glucógeno, lo cual demanda una alta actividad respiratoria y ATP. Un ciclo similar es el glucosa-alanina, en el cual se obtiene glucosa a partir de la alanina, previa formación de piruvato (28,42).

1.6- EL SISTEMA CARDIOVASCULAR

Dentro de la homeostasis corporal, el sistema cardiovascular animal juega un papel fundamental en el mantenimiento de la misma, pues es el encargado de conectar la ventilación pulmonar y la utilización del oxígeno por parte de las células. En el caso de los equinos, este sistema debe funcionar a la perfección, pues especialmente durante el ejercicio, es necesario que la entrega de oxígeno a los músculos esqueléticos y cardíacos sea eficiente, para la generación del ATP; esta actividad física aumenta más de 35 veces el consumo de oxígeno en el ejercicio. Por la misma razón, existe un aumento considerable del gasto cardíaco, debido al incremento de la frecuencia cardíaca, la misma que lo hace en relación directa con el esfuerzo realizado, llegando incluso a ser entre 6 y 7 veces mayores que en el estado de reposo, ayudados por la contracción esplénica, el aumento del retorno venoso y el aumento de la contractibilidad miocárdica; pese a todos estos cambios, la presión arterial permanece en niveles bajos, lo cual se debe a la reducción de la resistencia vascular tanto a nivel del pulmón, como sistémicamente. Todas estas adaptaciones cardiovasculares, han permitido a los equinos, desarrollar un nivel de ejercicio superior al resto de especies animales. Incluso luego de un ejercicio intenso, como

por ejemplo alguna temporada de competición o resistencia, no se deberían encontrar cambios significativos en las diferentes variables del examen clínico cardiovascular de los equinos, en comparación a animales que no han sido sometidos a estos ejercicios (43,44).

Estas adaptaciones fisiológicas, han permitido a los equinos tener destrezas atléticas y de carrera (similar a los caninos domésticos), donde han adaptado sus condiciones anatómicas y fisiológicas a esto. Debido a la capacidad extremadamente veloz con la que obtienen oxígeno, lo transportan y lo utilizan, esto junto con su capacidad cardiovascular y muscular, ha permitido optimizar al ser humano optimizar estas características, mediante la selección de diferentes razas, cuya finalidad es obtener animales mucho más rápidos y fuertes (45).

1.7- TERMORREGULACIÓN

La temperatura corporal de los mamíferos generalmente permanece estable, salvo por alguna condición patológica. Esto se debe a que el organismo tiene mecanismos, especialmente nerviosos, que permiten regular la temperatura corporal, principalmente la central. El principal control recae sobre el centro de la termoregulación, que se ubica en el cerebro, específicamente en el hipotálamo; este centro se activa cuando sensores específicos, detectan aumento o disminución de la temperatura, y lo que hacen es provocar mecanismos homeostáticos que compensan dichos cambios (46).

En el caso de los equinos, son capaces de tolerar varios cambios de temperatura, incluso en un rango tan amplio como entre -40 a 40 °C. Cuando están en condiciones de frío, una buena alimentación es suficiente para la regulación de la temperatura corporal mediante la producción de calor, mientras que en climas cálidos, la pérdida de calor corporal lo hacen mediante el sudor; sin embargo, como estrategia para ayudar a la regulación de temperatura en estos casos extremos, se recomienda el uso de dietas ricas en granos y con grasa (en los climas fríos), así como de viento o baños para el ambiente caluroso (47).

Igual que en un clima caliente, el ejercicio ocasiona una actividad metabólica muy alta en los equinos, teniendo como mecanismo de regulación y de eliminación de calor por evaporación, es decir por sudor, lo cual, en condiciones normales, es suficiente para regular la temperatura, incluso en situaciones de ejercicio intenso y por periodos prolongados. En el caso de existir situaciones adicionales, como por ejemplo una alta humedad en el ambiente, este mecanismo puede fallar y provocar hipertermia en los animales, por lo que es sumamente importante reconocer de forma temprana esta condición, para evitar lesiones en los animales (48).

Mientras más edad tienen los caballos, mayor es el riesgo de hipertermia, debido principalmente a ciertas alteraciones en su sistema cardiovascular, las cuales comprometen los mecanismos de termo regulación en situaciones de ejercicio intenso (49). Así mismo, tanto propietarios, como cuidadores de equinos podrían no tener claro los mecanismos de termorregulación de los animales, pudiendo realizar actividades que perjudiquen a los animales, como, por ejemplo, rapar a los mismos o mantenerlos con mantas, lo que provocaría que se reduzca en gran medida su capacidad de eliminar calor por medio del sudor (50).

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue de tipo observacional, determinando el grado de relación y la manera cómo interactúan los niveles de lactato sanguíneo y creatinquinasa en equinos, luego de una jornada de servicio de 8 horas de duración.

2.1- UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La investigación se realizó en la jefatura operativa de policía montada de la zona 1 (que abarca Esmeraldas, Carchi, Imbabura y Sucumbíos), con sus instalaciones ubicadas en la ciudad de Ibarra, parroquia Priorato en el barrio de Yaguarcocha, a una altura de 2190 m sobre el nivel del mar y con una temperatura media de 16.0 °C.

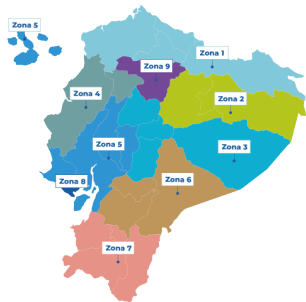


Figura 1 Mapa nacional de coordinación y direcciones distritales

Fuente: (51)

2.2- MATERIALES:

- Tubos vacutainer para serología, sin anticoagulante.
- Jeringas hipodérmicas desechables 10 ml,
- Agujas hipodérmicas 22g x 1 ½.
- Guantes de látex.
- Algodón y alcohol.
- Tiras reactivas para determinación cuantitativa de Lactato en la sangre para equipo Accutrend Plus.

2.3- EQUIPOS:

- Dispositivo portátil equipo de medición Accutrend® Plus para determinación de lactato sanguíneo.
- Equipo analizador cobas c 311 para química clínica.
- Estetoscopio Riester Duplex 2.0.
- GPS garmin eTrex® 10

2.4- POBLACIÓN Y MUESTRA

La policía montada del Ecuador consta de 242 equinos y en base a su distributivo, 152 caballos están destinados al servicio de control del orden público, los cuales realizan distintas labores de trabajo bajo diversas condiciones y durante periodos de tiempo muy variados. De estos animales, se seleccionaron 16 equinos de raza silla argentina, 11 equinos machos y 5 hembras de entre 9 y 15 años.

A los 16 equinos se les realizó un examen clínico y ortopédico para descartar posibles problemas relacionados con claudicaciones y/o signos de patologías, motivo por el cual, se descartaron 3 animales por presentar claudicación durante la evaluación y uno por una reacción alérgica dérmica; por lo tanto, un total de 13 equinos fueron seleccionados para el procedimiento experimental.

Para fines prácticos y por los diferentes servicios de patrullaje se dividió a los 13 equinos en dos grupos al azar, ya que los 13 equinos seleccionados no realizan el servicio de patrullaje al mismo tiempo.

Tabla 2 Grupos de trabajo segun el dia del procedimiento experimental

Grupos	Fecha de muestreo	Equinos Machos	Equinos hembras	Total
Grupo 1	14-09-2022	7	1	8
Grupo 2	15-09-2022	3	2	5

Para la ejecución de la investigación se registró, en una tabla prediseñada, los nombres de los equinos, la edad, raza y sexo.

2.5- TOMA DE LA MUESTRA

Los dos grupos fueron sometidos a una rutina de servicio de patrullaje rural de 8 horas de duración, dividido en dos etapas de 4 horas cada una, con 2,5 horas de descanso para la alimentación de los equinos.

- Tiempo 1.- el primer muestreo sanguíneo fue realizado a las 7:30 h luego de que los equinos terminaron su alimentación (6 kg de paca y 2 kg de alimento concentrado).

14-07-2022, 7:30h 1º muestra de los equinos del grupo 1

15-07-2022, 7:30h 1º muestra de los equinos del grupo 2

- Tiempo 2.- el segundo muestreo sanguíneo fue realizado en las instalaciones de la Jefatura Operacional de Policía montada, a las 12:00, esto quiere decir luego de 4 horas de servicio de patrullaje y antes a ser llevado a la pesebrera para la alimentación.

14-07-2022, 12:00h 2º muestra de los equinos del grupo 1

15-07-2022, 12:00h 2º muestra de los equinos del grupo 2

- Tiempo 3.- la tercera muestra fue realizado en las instalaciones de la Jefatura Operacional de Policía montada, a las 18:30, luego de haber cumplido 4 horas de patrullaje adicionales, siendo un total de 8 horas de patrullaje rural en el día.

14-07-2022, 18:30h 3º muestra de los equinos del grupo 1

15-07-2022, 18:30h 3º muestra de los equinos del grupo 2

Tabla 3 Tiempos de servicios

Grupos	Fecha de muestreo	de Tiempo de servicio mañana	Tiempo de servicio tarde	de Total, horas de servicio
Grupo 1	14-09-2022	8:00 a 12:00	14:30 a 18:30	8 horas
Grupo 2	15-09-2022	8:00 a 12:00	14:30 a 18:30	8 horas

2.6- PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

La medición del lactato sanguíneo se realizó inmediatamente tomada la muestra del equino, mediante el uso del equipo portátil Accutrend® Plus y las tiras reactivas para determinación cuantitativa de lactato en la sangre. Cada tira reactiva consta de una zona para el test con reactivos de detección; cuando se aplica sangre a esta zona, se produce una reacción química que provoca un cambio cromático de la zona de la prueba y mediante fotometría de reflectancia, el instrumento mide el cambio de color y lo convierte en un valor de concentración que se indica en la pantalla luego de 60 segundos. El equipo da la lectura automática de los resultados y los almacena en su memoria interna; igualmente, los resultados obtenidos se registraron en una hoja de cálculo del programa de Excel (Microsoft Office©).

El método utilizado en el laboratorio fue a través de fotometría en un analizador cobas c 311, que es analizador automatizado de acceso aleatorio para química clínica, de igual manera todos los informes se registraron para su posterior organización una hoja de cálculo del programa de Excel (Microsoft Office©).

2.7- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos del estudio se archivaron en una hoja de cálculo de Excel, para su organización y fueron analizados mediante software estadístico minitab 19. Se expresaron en promedios con desviación estándar, y las diferencias entre medias se compararon mediante análisis de varianza (ANOVA), con un nivel de significancia de $P < 0,05$ y una confiabilidad el 95%. A los resultados con una diferencia significativa ($p < 0,05$) se les realizó la prueba de Tukey.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde la antigüedad, los humanos han tenido una relación muy estrecha con los equinos domésticos (35), por lo que obtener información sobre el rendimiento deficiente, como medida médica preventiva y para medir el progreso del entrenamiento, las pruebas de esfuerzo han sido motivo de varias investigaciones, con la finalidad de simular el esfuerzo que un caballo tiene durante un ejercicio, para de esa forma mejorar el entrenamiento de los animales y por ende su rendimiento en la competición (29).

Este estudio se basó en que todavía no se ha descrito un protocolo de campo que sea completo para evaluar la condición física de los equinos de la policía montada y en este caso específicamente los ejemplares la jefatura operacional de policía montada zona 1.

Para la prueba de rendimiento los 13 equinos de la JOPM Z1 recorrieron un total de 223 km en conjunto entre 4 recorridos diferentes (Yaguarcocha, Aloburo, Priorato y Arcángel), a una velocidad promedio de 3.1 k/h.

3.1- Evaluación de lactato sanguíneo

En la Figura 2 se detallan los valores del lactato sanguíneo durante los 3 periodos de tiempo establecidos en la investigación, expresados en sus medias, estas se encuentran dentro de los valores fisiológicos para la especie (1,0 – 2,0 mmol/L), mostrando una leve tendencia a elevación luego de cuatro horas de servicio de patrullaje (T2) y tendiendo a disminuir los valores cuando los animales se encuentran ya descansando (T3).

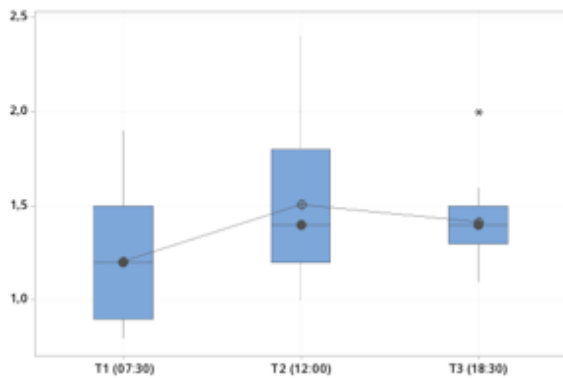


Figura 2 Comportamiento del ácido láctico plasmático en los tres tiempos de actividad

Solamente en el animal número 5, se encontró un leve aumento (2,4 mmol/L), por encima de los valores normales en el T2 (figura 3), pero sin llegar a 4 mmol/L, que sería un indicativo de fatiga muscular.

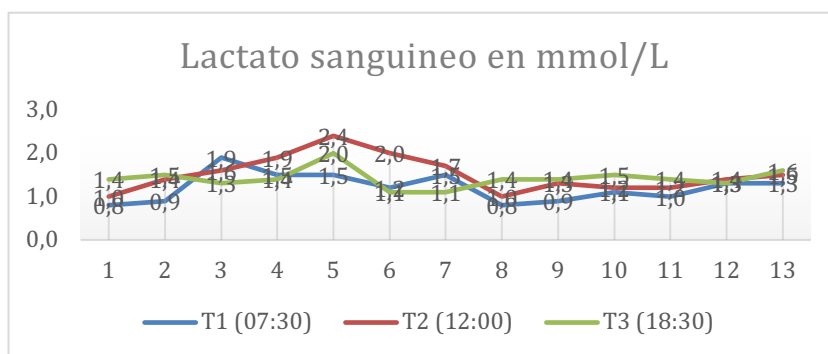


Figura 3 Actividad del lactato sanguíneo de los 13 equinos muestreados en tres tiempos diferentes, T1, T2 y T3

Así mismo, mediante ANOVA, el p-valor encontrado fue 0,074 por lo cual no se encontró diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre las medias de lactato sanguíneo entre los tiempos T1, T2 y T3, por lo cual todas las medias son iguales con 95 % de confiabilidad.

En el presente estudio se determinó una media de $1,4 \pm 0,15$ mmol/L, al comparar con otras investigaciones, en las que los animales fueron sometidos a diversos esfuerzos, diferentes resultados respaldan los resultados de la investigación. Por ejemplo, valores similares a los obtenidos en nuestra investigación, se determinó en un estudio realizado en caballos colombianos de paso, cuyos investigadores

analizaron el lactato en sangre luego de 30 minutos de ejercicio en campo de los caballos, mostrándose una variabilidad en los valores reportados, caracterizándose por un aumento paulatino del mismo (junto con la frecuencia cardiaca), pero no de una forma estable sino de forma dispersa, especialmente cuando el ejercicio fue aumentando de intensidad; sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre los tiempos analizados, con valores dentro de los parámetros normales, pues la media fue de 1.9 mmol/L, y un rango de 1.1 a 3.6 mmol/L (29). Así mismo, en una investigación realizada en caballos pura sangre, tanto entrenados como no entrenados, que fueron ejercitados en una cinta rodante y un período de recuperación inactivo de 40 minutos, se encontró que los niveles de lactato sanguíneo son mucho más bajos (2,1 +/- 0,1 mmol/L) en los equinos entrenados en comparación a los no entrenados, pero sin cambios estadísticamente significativos, lo que indica que mantener entrenados a los animales, hacen que su rendimiento aumente (52). En otro estudio, también en caballos de carreras puras sangre, se analizó los niveles de lactato sanguíneo al someter a los animales a ejercicios en pistas de arena y en hierba, con pruebas de ejercicio de 800 metros a una velocidad entre 12,8 y 16,6 m/s, con una variación en la velocidad del ejercicio cada 200 m; al final de la investigación no se encontró asociación significativa entre la velocidad del ejercicio ni entre las pistas, encontrándose valores de lactato sanguíneo dentro de los valores normales, con una media de 1,9 (+/- 1,8) mmol/L y 1,8 (+/- 1,7) mmol/L en las pistas de carreras de arena y hierba, respectivamente (53).

Otras investigaciones difieren a la nuestra, por ejemplo, en el caso de caballos que realizan saltos ecuestres, se encontró que los niveles de lactato sanguíneo aumentan significativamente con el ejercicio, determinándose que ese aumento considerable es el causante de un bajo rendimiento en los animales (54). Otro estudio realizado en caballos de carreras pura sangre, divididos en un grupo de 26 animales sometidos a un galope de 800 metros y otro grupo de 14 animales a los se les realizó una prueba de ejercicio intenso y extenuante, usando una cinta rodante por 10 minutos y con 5 grados de inclinación, a los cuales se les tomó muestras sanguíneas entre 2 y 5 minutos de terminado el ejercicio, así como 48 horas después del mismo; concluyó que equinos adecuadamente entrenados producen menos lactato sanguíneo en el músculo ejercitado durante pruebas rendimiento con ejercicio

submáximo o a su vez estos animales han generado una adaptación para metabolizar y eliminar el lactato de la sangre a un ritmo más rápido durante y después del ejercicio (55).

En base a la media para lactato sanguíneo ($1,4 \pm 0,15$ mmol/L) de este estudio se concluye que equinos presentaron una respuesta aeróbica a la prueba de rendimiento instaurada, diversos estudios han probado que al generarse actividades de carácter anaeróbico en respuesta al ejercicio, se produce una reducción en el rendimiento y una aparición más temprana de la fatiga. La valoración del lactato sanguíneo se ha propuesto con el fin de evaluar el nivel de condición física en equinos de diferentes disciplinas deportivas. El término VLA representa la velocidad (V) a la que la concentración de lactato sanguíneo (LA) alcanza un determinado valor, por ejemplo, VLA2 es la velocidad que se genera de 2 mmol/l de lactato sanguíneo (56). Por todas estas investigaciones se ha indicado que valores de 4 mmol/litro de lactato en sangre se establece como el umbral anaeróbico para el rendimiento equino. Adicionalmente este estudio es de suma importancia, pues existen varios trabajos que indican que una forma correcta de acondicionar a los equinos para la resistencia de algún trabajo o ejercicio requerido (en nuestro caso a los caballos de la patrullaje policial), es mediante un protocolo de acondicionamiento en función de la mejora VLA4 o a través del conocimiento de la velocidad del estado estacionario máximo del lactato sanguíneo (maxLASS), el cual se da entre los 5 y 25 minutos de iniciado el esfuerzo, donde los valores de lactato sanguíneo no deben aumentar más de 1 mmol/L. Si esto sucede (como en nuestros resultados), indica que existe un equilibrio entre producción y la eliminación de lactato sanguíneo durante el ejercicio y se determina que el proceso de entrenamiento es el adecuado (57).

Así mismo, los valores de lactato sanguíneo son significativamente menores en los caballos sin competencia que los que están en competencia, esto es de suma importancia, pues permite determinar que los caballos no están adecuadamente entrenados (58).

3.2- Evaluación de creatinquinasa

En la tabla 4 se muestran los resultados referentes a la creatinquinasa, los valores individuales y las medias muestran que todos (100%) los animales están dentro de los parámetros normales con una media de los tres tiempos de actividad de 208,10 +/- 32,27 U/I, observándose solamente una elevación paulatina de los valores medios luego de 4 y 8 horas de servicio de patrullaje.

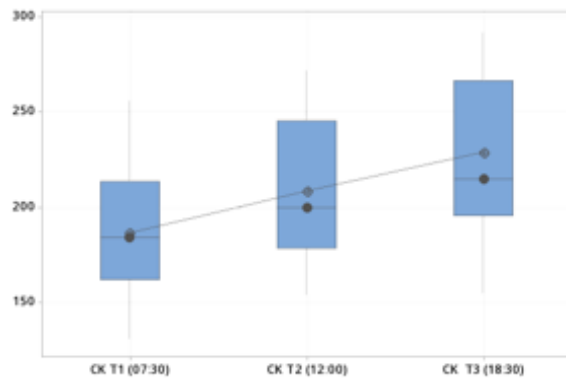


Figura 4 Comportamiento de la creatinquinasa CK en los tres tiempos de actividad

Entre diferentes estudios y laboratorios de diagnóstico clínico no existe un consenso de los valores de CK expresados como rangos aceptables o normales en los análisis sanguíneos, para este estudio se ha considerado los valores séricos indicados por Rose y Hodgson 60-330 U/L como rangos de referencia; Estos a su vez, se ha relacionado con otros estudios que concluyeron que valores dos veces superiores a 400 UI/l, se corresponderían con 19 g de tejido muscular dañado (59,60).

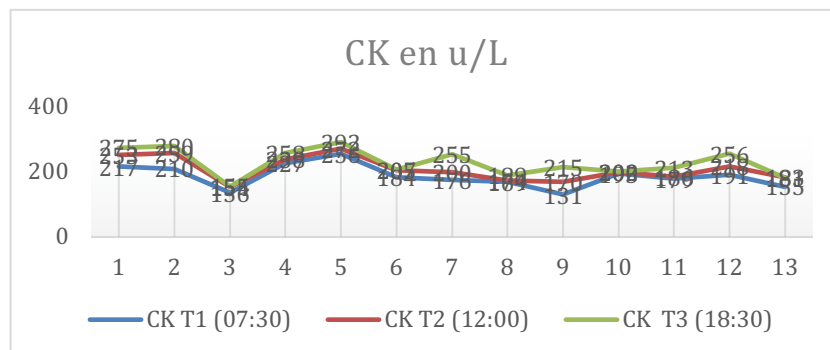


Figura 5 Actividad sérica de la creatinquinasa CK de los 13 equinos muestreados en tres tiempos diferentes, T1, T2 y T3

Sin embargo, al realizar el análisis estadístico ANOVA, se encontró diferencias significativas entre las medias ($p < 0,05$), con un p-valor de 0,028 lo que determino que al menos una media es distinta con 95% de confiabilidad, identificando la diferencia significativa específicamente entre las medias de T1 y T3, lo cual se comprobó mediante la prueba de Tukey; Este aumento dentro de los rangos fisiológicos posiblemente se debe a un cambio en la permeabilidad del sarcolema más que a la necrosis de las células musculares (61), estudios en equinos de endurance han concluido que la elevación del a nivel plasmático de las enzimas musculares como AST, LDH o como es en nuestro estudio la creatinquinasa se ha asociado con variaciones transitorias en la permeabilidad de la membrana, variaciones en el potencial de membrana dad por cambios en las concentraciones electrolíticas, hipertermia y a modificaciones debidas a presencia de radicales libres de oxígeno (41,62). Por tanto, el incremento de los valores medios de la creatinquinasa en el presente estudio no denota un daño muscular.

Es importante mencionar que la alimentación también influye en los valores de creatinquinasa, pues en un estudio realizado en caballos que se ejercitaron en una cinta rodante, se determinó que cuando los mismos son alimentados con raciones altas en granos, tuvieron un aumento en la actividad de la CK, esto fue probado al suplementar diferentes dietas con 40% de energía digestible (ED) como almidón y 5% como grasa; un dieta similar con adición de bicarbonato de sodio (4,2% del gránulo); y la dieta rica en grasa donde se proporcionó 7% DE como almidón y 20% como grasa. Tras el estudio se demostró que la actividad sérica de CK post ejercicio submáximo difirió dramáticamente entre las dietas y fue mayor en la dieta de bicarbonato y almidón ($6,51 \pm 1,5$) y menor en la dieta rica en grasas ($5,71 \pm 0,6$), demostrando la influencia de la dieta en los valores sérico de creatinquinasa (63,64). Adicionalmente, se ha probado que dietas ricas en grasas reducen las concentraciones de cortisol en suero antes y después del ejercicio lo que promueve que los equinos muestren comportamientos más tranquilos y sean más fácil trabajar con frecuencias cardíacas más bajas en reposo que se relacionan con menor

reactividad a estímulos inesperados, siendo este un comportamiento recomendado en equinos de la policía montada.

En nuestra investigación el principal punto que se determinó es que los niveles de lactato sanguíneo (excepto en un animal) y creatina quinasa no se vieron alterados de sus valores normales, luego del trabajo de patrullaje de la policía montada, pero que si tuvieron un ligero incremento a medida que aumenta las horas de patrullaje; no se han hecho investigaciones de este tipo en animales de patrullaje, sino más bien en animales que realizan deportes ecuestres, por lo que nuestra investigación es pionera en este sentido. Un estudio cercano y con valores similares, fue realizado en caballos de la Escuela de Equitación del Ejército de Colombia, donde tanto en entrenamiento como en competencia, se tomaron muestras sanguíneas apenas concluida la preparación, así como a las 6 horas posteriores del mismo, desde el día 0, 15, 30, 45, 60; en el caso de que los animales estaban en competencia, se tomó la muestra únicamente el día de la misma. Al final de la investigación, tanto en competencia como entrenamiento, se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$), en las concentraciones de lactato y CK, lo que indica que hay un aumento de lactato después del inicio del esfuerzo, tanto en entrenamiento como en competencia, el cual a las 6 horas va disminuyendo poco a poco, hasta llegar a los valores de los animales en reposo; fue importante el hecho de que en entrenamiento, dichos valores van reduciendo paulatinamente diariamente, logrando una adaptación satisfactoria a nivel muscular y demostrando que existe una adaptación fisiológica al ejercicio (65).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1- CONCLUSIONES

- Se determinó que los valores del lactato sanguíneo, en equinos de la policía montada de la Zona 1, estaban dentro de los valores normales (1,0 – 2,0 mmol/L), mostrando una leve tendencia a elevación luego de cuatro horas de servicio de patrullaje (T2) y tendiendo a disminuir los valores cuando los animales se encuentran ya descansando, pero sin diferencias estadísticamente significativas, durante y después de un servicio de patrullaje rural.
- Respecto a las concentraciones de CK, también los resultados encontrados estuvieron dentro de los parámetros fisiológicos (60-330 U/L), con diferencias significativas durante y después de un servicio de patrullaje rural en equinos de la JOPM-Z1.
- Los resultados obtenidos en la evaluación determinaron que los caballos estudiados no superaron los 4 mmol/litro establecidos para el umbral anaeróbico, por lo que se demostró que las 8 horas de servicio de patrullaje rural diario, con una etapa de descanso en equinos de la JOPM-Z1, no genera problemas de fatiga muscular o daños en las fibras musculares de los caballos, siendo indicador que los animales están correctamente entrenados para dicha actividad.

4.2- RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio a nivel nacional donde participen las cinco jefaturas de policía montada y que determine si existen diferencias atribuibles al medio donde se realizan los servicios de patrullaje.
- Realizar más investigaciones que permitan perfeccionar el sistema de entrenamiento de los equinos de la JOPM-Z1, para mejorar su rendimiento.
- Se recomienda realizar también una medición de cortisol sanguíneo, en los mismos tiempos, para verificar el grado de estrés de los animales y por ende su bienestar animal.
- Realizar un estudio complementario para investigar la correlación entre dietas ricas en grasas con niveles de creatinquinasa y cortisol como indicador de estrés en los equinos de la JOPM-Z1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Basantes Jácome E, Flores Bejarano R, Andrade Cherrez C. Instructivo para el patrullaje urbano y rural a caballo. 2018.
2. Olivo D, De La Cueva F. Elaboración de un proyecto en metodología marco lógico de producción del ganado caballar de la Unidad de Equitación y Remonta de la Policía Nacional del Ecuador. Universidad Central del Ecuador; 2019.
3. Pacheco G, Masache J. Determinación de valores referenciales de láctato sérico en equinos (*Equus caballus*) aparentemente sanos en condiciones de altitud. Universidad Politécnica Salesiana; 2022.
4. Allen KJ, van Erck-Westergren E, Franklin SH. Exercise testing in the equine athlete. *Equine Vet Educ.* febrero de 2016;28(2):89-98.
5. Navas de Solis C, Sampson SN, McKay T, Whitfield-Cargile C. Standardised exercise testing in 17 reining horses: Musculoskeletal, respiratory, cardiac and clinicopathological findings. *Equine Vet Educ.* mayo de 2018;30(5):262-7.
6. Franklin S, Allen K. Laboratory exercise testing. En: *Equine Sports Medicine and Surgery.* Elsevier; 2014. p. 11-24.
7. Baxter G. Adams and Stashak's Lameness in Horse. Sixth edit. Wiley; 2011. 1980 p.
8. Fraipont A, Van Erck E, Ramery E, Fortier G, Lekeux P, Art T. Assessing fitness in endurance horses. *Can Vet J.* marzo de 2012;53(3):311-4.
9. Lorello O, Ramseyer A, Burger D, Gerber V, Navas de Solis C. Cardiovascular variables in eventing and endurance horses over a season. *Journal of Veterinary Cardiology.* febrero de 2019;21(1):67-78.
10. Mejía Sandoval G, Arias MP. Evaluación del estado físico de caballos de salto mediante algunas variables fisiológicas. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia.* 2008;3(2):31-41.

11. Muñoz A, Riber C, Gómez Díez M, Castejón F. Interpretación fisiológica y clínica de las pruebas de esfuerzo en el caballo de deporte. Utilidad de la ergo espirometría. *Equinus: Medicina y cirugía equina*. 2013;37(1):6-23.
12. Barrett K, Barman S, Boitano S, Brooks H. *Ganong Fisiología médica*. 25a edició. McGraw-Hill; 2016.
13. Pérez Palao E. La domesticación del caballo (*Equus ferus caballus*) [Internet]. [Alicante - España]: Universidad de Alicante; 2019 [citado 16 de enero de 2023]. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/93151>
14. Montijano C, Ecuestre Desarrollo humano Crecimiento económico Bienestar R. El sector ecuestre y la economía. *Archivos de Zootecnia* [Internet]. 15 de octubre de 2016 [citado 16 de enero de 2023];65(252):481-8. Disponible en: <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/1915>
15. Alejandra T, Izquierdo A, Belén M, Cando R. Estudio de factibilidad para la implementación de una escuela hípica en la ciudad de Cuenca [Internet]. [Cuenca]: Universidad del Azuay; 2019 [citado 16 de enero de 2023]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8941>
16. López TG. La equitación y los usos sociales del caballo a través de los textos del siglo XVIII en España. *Erasmus Revista de Historia Bajomedieval y Moderna* [Internet]. 10 de mayo de 2018 [citado 16 de enero de 2023];(5):17-40. Disponible en: <https://revistas.uva.es/index.php/erasmo/article/view/1981>
17. Abujatum J, Fernández Lores G. Uso de animales en funciones policiales Legislación comparada. - Asesorías Parlamentarias BCN. Búsqueda por Categoría Temática [Internet]. Chile: BCN. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile; 2020 oct [citado 16 de enero de 2023]. Disponible en: www.bcn.cl/asesoriasparlamentarias/detalle_documento.html?id=79866
18. Gobierno M de. Caballos, actores silenciosos en los patrullajes para la prevención de delitos [Internet]. República del Ecuador. 2019 [citado 1 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.ministeriodegobierno.gob.ec/caballos-actores-silenciosos-en-los-patrullajes-para-la-prevencion-de-delitos/>

19. Hinchcliff K, Geor R KA. Equine Exercise Physiology. First edit. Elsevier Limited; 2008.
20. Hodgson D, Harrington K, McGowan C. The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine. Second edi. Elsevier Inc; 2014.
21. Hinchcliff K, Kaneps A, Geor R. Equine Sports Medicine and Surgery: Basic and clinical sciences of the equine athlete. 2nd Editio. Elsevier Ltd; 2013. 1299 p.
22. Campbell EH. Lactate-driven equine conditioning programmes. The Veterinary Journal. noviembre de 2011;190(2):199-207.
23. Reece W, Erickson H, Goff J, Uemura E. Dukes' Physiology of Domestic Animals. Thirteenth. John Wiley & Sons, Inc; 2015.
24. Cunningha J, Klein B. Fisiología veterinaria. 6ta edició. Elsevier España; 2020. 1656 p.
25. Boffi F. Fisiología del Ejercicio en Equinos. Editorial Inter-Médica; 2007. 320 p.
26. Meyer D, Harvey J. El laboratorio en medicina veterinaria: interpretación y diagnóstico. 2a edición. Inter-Médica; 1999. 397 p.
27. Proia P, Di Liegro C, Schiera G, Fricano A, Di Liegro I. Lactate as a Metabolite and a Regulator in the Central Nervous System. Int J Mol Sci. 1 de septiembre de 2016;17(9):1450.
28. Gil Á. Tratado de nutrición. 2da Edició. Editorial Médica Panamericana; 2010.
29. Cabrera AMZ, Soto MJC, Aranzales JRM, Valencia NMC, Gutiérrez MPA. Blood lactate concentrations and heart rates of Colombian Paso horses during a field exercise test. Vet Anim Sci. septiembre de 2021;13(1):100185.
30. van Oldruitenborgh-Oosterbaan MMS, van den Broek ETW, Spierenburg AJ. Evaluation of the Usefulness of the Portable Device Lactate Pro for Measurement of Lactate Concentrations in Equine Whole Blood. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. 1 de enero de 2008;20(1):83-5.
31. Tennent-Brown B. Blood Lactate Measurement and Interpretation in Critically Ill Equine Adults and Neonates. Veterinary Clinics of North America: Equine Practice. agosto de 2014;30(2):399-413.

32. Kronfeld DS, Ferrante PL, Grandjean D. Optimal Nutrition for Athletic Performance, with Emphasis on Fat Adaptation in Dogs and Horses. *J Nutr.* 1 de diciembre de 1994;124(suppl_12):2745S-2753S.
33. Koch AJ, Pereira R, Machado M. The creatine kinase response to resistance exercise. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* marzo de 2014;14(1):68-77.
34. Harris RC, Marlin DJ, Dunnett M, Snow DH, Hultman E. Muscle buffering capacity and dipeptide content in the Thoroughbred horse, Greyhound dog and man. *Comp Biochem Physiol A Physiol.* enero de 1990;97(2):249-51.
35. Do KT, Cho HW, Badrinath N, Park JW, Choi JY, Chung YH, et al. Molecular Characterization and Expression Analysis of Creatine Kinase Muscle (CK-M) Gene in Horse. *Asian-Australas J Anim Sci.* 3 de septiembre de 2015;28(12):1680-5.
36. Bonilla DA, Kreider RB, Stout JR, Forero DA, Kerksick CM, Roberts MD, et al. Metabolic Basis of Creatine in Health and Disease: A Bioinformatics-Assisted Review. *Nutrients.* 9 de abril de 2021;13(4):1238.
37. Thornton JR, Lohni MD. Tissue and Plasma Activity of Lactic Dehydrogenase and Creatine Kinase in the Horse. *Equine Vet J.* octubre de 1979;11(4):235-8.
38. Mellor H, Parker PJ. The extended protein kinase C superfamily. *Biochemical Journal* [Internet]. 6 de junio de 1998 [citado 16 de enero de 2023];332(Pt 2):281. Disponible en: [/pmc/articles/PMC1219479/?report=abstract](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1219479/)
39. Ordóñez i llanos J, Jorba i castany O, Roig i martínez R, Serra i grima R. Utilidad de la medición de concentración másica de creatina cinasa 2 (CK MB) y de la actividad de los isomorfos de creatina cinasa 3 (ck mm) como marcadores bioquímicos de la lesión muscular. *Apunts Medicina de l'Esport.* 1 de enero de 1997;33(127):5-12.
40. Anderson MG. The effect of exercise on the lactic dehydrogenase and creatine kinase isoenzyme composition of horse serum. *Res Vet Sci.* marzo de 1976;20(2):191-6.

41. Trigo P. Fisiopatología del ejercicio en el caballo de resistencia [Internet]. Universidad de Córdoba, España; 2010 [citado 15 de enero de 2020]. Disponible en: www.uco.es/publicaciones
42. Murray R, Bender D, Botham KM, Kennelly PJ, Rodwell VW, Wei A. Harper Bioquímica Ilustrada. 29a Edició. McGraw-Hill Interamericana editores S.A. de C.V; 2013.
43. Evans DL. Cardiovascular Adaptations to Exercise and Training. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*. diciembre de 1985;1(3):513-31.
44. Lorello O, Ramseyer A, Burger D, Gerber V, Navas de Solis C. Cardiovascular variables in eventing and endurance horses over a season. *Journal of Veterinary Cardiology*. febrero de 2019;21:67-78.
45. Poole DC, Erickson HH. Highly Athletic Terrestrial Mammals: Horses and Dogs. En: *Comprehensive Physiology*. Wiley; 2011. p. 1-37.
46. Hall J. Guyton & Hall. Tratado de fisiología médica. 14ª Edició. Elsevier; 2021. 1152 p.
47. Cymbaluk NF, Christison GI. Environmental Effects on Thermoregulation and Nutrition of Horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*. agosto de 1990;6(2):355-72.
48. Guthrie AJ, Lund RJ. Thermoregulation: Base Mechanisms and Hyperthermia. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*. abril de 1998;14(1):45-59.
49. McKeever KH, Eaton TL, Geiser S, Kearns CF, Lehnhard RA. Age related decreases in thermoregulation and cardiovascular function in horses. *Equine Vet J*. noviembre de 2010;42:220-7.
50. Meisfjord Jørgensen GH, Mejdell CM, Bøe KE. Effects of hair coat characteristics on radiant surface temperature in horses. *J Therm Biol*. enero de 2020;87(1):102474.
51. Ministerio de Educación. Mapa nacional de coordinación y direcciones distritales [Internet]. 2022 [citado 4 de enero de 2023]. Disponible en: <https://educacion.gob.ec/distritos-educativos/>

52. Rainger JE, Evans DL, Hodgson DR, Rose RJ. Blood lactate disappearance after maximal exercise in trained and detrained horses. *Res Vet Sci.* noviembre de 1994;57(3):325-31.
53. Davie AL, Evans DJ. Blood Lactate Responses to Submaximal Field Exercise Tests in Thoroughbred Horses. *The Veterinary Journal.* mayo de 2000;159(3):252-8.
54. Perciavalle V, Di Corrado D, Scuto C, Perciavalle V, Coco M. Attention and Blood Lactate Levels in Equestrians Performing Show Jumping. *Percept Mot Skills.* 1 de junio de 2014;118(3):733-45.
55. Evans DL, Harris RC, Snow DH. Correlation of racing performance with blood lactate and heart rate after exercise in Thoroughbred horses. *Equine Vet J.* septiembre de 1993;25(5):441-5.
56. TRILK JL, LINDNER AJ, GREENE HM, ALBERGHINA D, WICKLER SJ. A lactate-guided conditioning programme to improve endurance performance. *Equine Vet J [Internet].* 10 de junio de 2010 [citado 17 de enero de 2020];34(S34):122-5. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05403.x>
57. Lindner AE. Maximal lactate steady state during exercise in blood of horses1. *J Anim Sci.* 1 de junio de 2010;88(6):2038-44.
58. Serrano MG, Evans DL, Hodgson JL. Heart rate and blood lactate responses during exercise in preparation for eventing competition. *Equine Vet J.* 10 de junio de 2010;34(S34):135-9.
59. Rose RJ, Hodgson DR. *Manual of EQUINE PRACTICE.* 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company.; 200d. C.
60. Volfinger L, Lassourd V, Michaux JM, Braun JP, Toutain PL. Kinetic evaluation of muscle damage during exercise by calculation of amount of creatine kinase released. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1994.266.2.R434> [Internet]. 1994 [citado 15 de enero de 2023];266(2 35-2). Disponible en: <https://journals.physiology.org/doi/10.1152/ajpregu.1994.266.2.R434>
61. Buzala M, Krumrych W, Janicki B. Usefulness of Creatine Kinase Activity Determination for Assessing the Effects of Physical Effort in Horse. *Pak Vet J [Internet].* 21 de abril de 2015 [citado 14 de enero de 2023]; Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/275348985_Usefulness_of_Creatine_Kinase_Activity_Determination_for_Assessing_the_Effects_of_Physical_Effort_in_Horses

62. Arias LF, Mejía N, Camilo Sánchez M;, Catalina Peláez M;, Ceballos A. Actividad de la aspartato aminotransferasa y la creatinquinasa y su relación con la actividad de la glutatión peroxidasa en caballos Pura Sangre Inglés, antes y después de una carrera de 1100 metros. *Rev Col Cienc Pec.* 2004;17(2).
63. MacLeay JM, Valberg SJ, Pagan JD, Xue JL, De La Corte FD, Roberts J. Effect of ration and exercise on plasma creatine kinase activity and lactate concentration in Thoroughbred horses with recurrent exertional rhabdomyolysis. *Am J Vet Res.* 1 de noviembre de 2000;61(11):1390-5.
64. McKenzie EC, Valberg SJ, Godden SM, Pagan JD, MacLeay JM, Geor RJ, et al. Effect of Dietary Starch, Fat, and Bicarbonate Content on Exercise Responses and Serum Creatine Kinase Activity in Equine Recurrent Exertional Rhabdomyolysis. *J Vet Intern Med.* septiembre de 2003;17(5):693-701.
65. Guerrero P, Portocarrero L. Determinación de lactato deshidrogenasa, creatinquinasa y ácido láctico en equinos de salto en la sabana de Bogotá. Universidad de La Salle; 2008.

ANEXOS



Figura 6 Patrullaje rural en zonas de Aloburo.

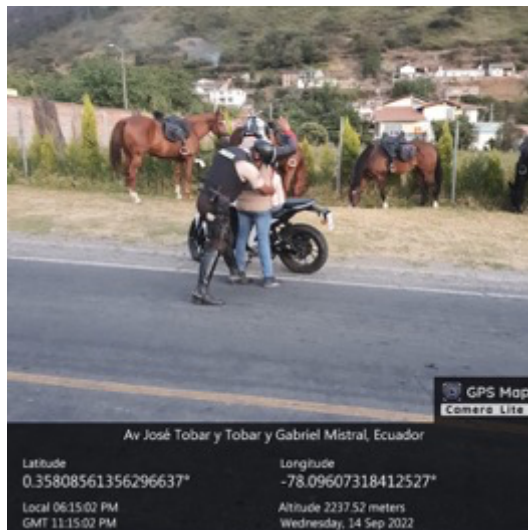


Figura 7 Operativos de control durante patrullaje rural.



Figura 8 Toma de muestras luego de servicio de patrullaje rural.



Figura 9 Revisión metabólica de los equinos luego del servicio de patrullaje rural.



Figura 10 Materiales para la toma de muestras sanguíneas.



Figura 11 Análisis de lactato sanguíneo con equipo portátil Accutrend® Plus.



Figura 12 Resultado digital del control de recorrido mediante GPS.



Figura 13 Zonas de patrullaje rural de la JOPM Z1.



Figura 14 Personal policial de la JOPM Z1 que realizaron la prueba de rendimiento.



Figura 15 Mapa del recorrido rural en la zona de Aloburo.

Tabla 4 Mediciones del GPS durante el recorrido rural en la Zona de Aloburo.

ALOBURO	
Tracks	2
Track segments	2
Total track points	1.497
Total distance	25,9 km
Total Ascent	840 metres
Total Descent	856 metres
Highest elevation	2.310 metres
Lowest elevation	2.171 metres
Start date & time	14 Sep 2022 at 07:56:49
End date & time	14 Sep 2022 at 18:25:34
Duration	7 hrs, 57 min
Average Speed	3.6 kph
Minimum Speed	0.0 kph
Maximum Speed	8.4 kph
Waypoints	0
Routes	0



Figura 16 Mapa del recorrido rural en la zona de Arcangel

Tabla 5 Mediciones del GPS durante el recorrido rural en la Zona de Arcangel.

ARCANGEL	
Tracks	2
Track segments	2
Total track points	1.287
Total distance	15,2 km
Total Ascent	689 metres
Total Descent	676 metres
Highest elevation	2.392 metres
Lowest elevation	2.201 metres
Start date & time	14 Sep 2022 at 07:56:02
End date & time	15 Sep 2022 at 17:54:36
Duration	7 hrs, 47 min
Average Speed	2.7 kph
Minimum Speed	0.0 kph
Maximum Speed	8.1 kph
Waypoints	0
Routes	0



Figura 17 Mapa del recorrido rural en la zona de Priorato

Tabla 6 Mediciones del GPS durante el recorrido rural en la Zona de Priorato.

PRIORATO	
Tracks	2
Track segments	2
Total track points	1.427
Total distance	27,0 km
Total Ascent	759 metres
Total Descent	784 metres
Highest elevation	2.252 metres
Lowest elevation	2.157 metres
Start date & time	14 Sep 2022 at 08:00:23
End date & time	15 Sep 2022 at 17:56:20
Duration	7 hrs, 38 min
Average Speed	4.0 kph
Minimum Speed	0.0 kph
Maximum Speed	19 kph
Waypoints	0
Routes	0

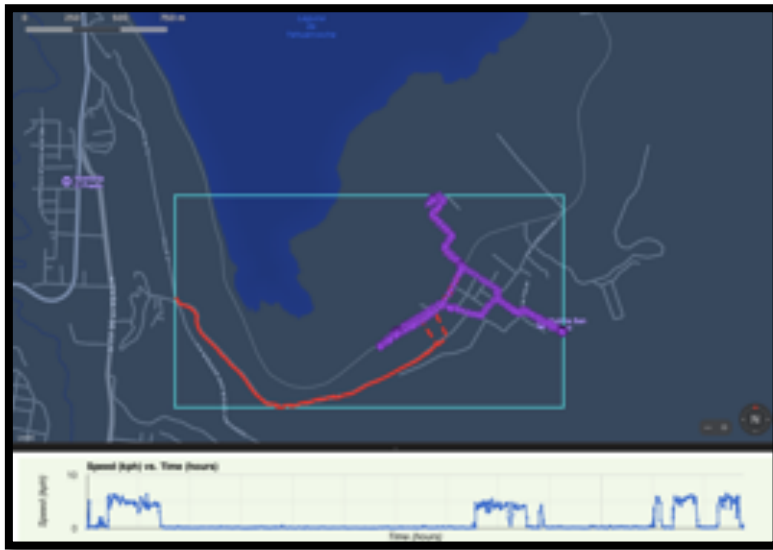


Figura 18 Mapa del recorrido rural en la zona de Yaguarcocha

Tabla 7 Mediciones del GPS durante el recorrido rural en la Zona de Yaguarcocha.

YAGUARCOCHA	
Tracks	2
Track segments	2
Total track points	1.130
Total distance	9,8 km
Total Ascent	537 metres
Total Descent	524 metres
Highest elevation	2.315 metres
Lowest elevation	2.188 metres
Start date & time	14 Sep 2022 at 12:21:06
End date & time	15 Sep 2022 at 17:47:32
Duration	8 hrs, 10 min
Average Speed	1.8 kph
Minimum Speed	0.0 kph
Maximum Speed	6.4 kph
Waypoints	0
Routes	0



Figura 19 Mapa del recorrido rural conjunto entre las zonas de Yaguarcocha, Aloburo, Priorato y Arcángel

Tabla 8 Mediciones del GPS durante los recorridos rurales en las Zona de Yaguarcocha, Aloburo, Priorato y Arcángel.

Final	
Tracks	8
Track segments	8
Total track points	5.320
Total distance	77,8 km
Total Ascent	2.797 metres
Total Descent	2.826 metres
Highest elevation	2.392 metres
Lowest elevation	2.157 metres
Start date & time	14 Sep 2022 at 07:56:02
End date & time	15 Sep 2022 at 17:56:20
Duration	30 hrs, 33 min
Average Speed	3.1 kph
Minimum Speed	0.0 kph
Maximum Speed	19 kph