



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria

Determinación del efecto de un antioxidante en parámetros fisiológicos, enzimas musculares y ácido láctico en equinos mestizos de polo

Trabajo de Integración Curricular previa
a la obtención del título de Médica
Veterinaria

AUTORA:

Ashlye Karolina Chuquimarca Jiménez

DIRECTOR:

Dra. Elena Carolina Serrano Recalde PhD

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 30 de abril de 2024

Dra. Elena Carolina Serrano Recalde PhD.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

C E R T I F I C O:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: Determinación del efecto de un antioxidante en parámetros fisiológicos, enzimas musculares y ácido láctico en equinos mestizos de polo de autoría de la estudiante Ashlye Karolina Chuquimarca Jiménez, con cédula de identidad Nro. 1104933898 previo a la obtención del título de MÉDICA VETERINARIA. Una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, apruebo y autorizo la presentación para los trámites de titulación.



Dra. Elena Carolina Serrano Recalde PhD

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Ashlye Karolina Chuquimarca Jiménez**, declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cédula de identidad: 1104933898

Fecha: 30 de abril de 2024

Correo electrónico: ashlye.chuquimarca@unl.edu.ec

Teléfono: 0996462494

Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Integración Curricular

Yo, **Ashlye Karolina Chuquimarca Jiménez**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Determinación del efecto de un antioxidante en parámetros fisiológicos, enzimas musculares y ácido láctico en equinos mestizos de polo**, como requisito para optar por el título de **Medica Veterinaria**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los treinta días del mes de abril de dos mil veinticuatro

Firma:



Autora: Ashlye Karolina Chuquimarca Jiménez

Cédula: 1104933898

Dirección: Cdla. Electricista bajo

Correo electrónico: ashlye.chuquimarca@unl.edu.ec

Teléfono: 0996462494

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Integración Curricular: Dra. Elena Carolina Serrano Recalde PhD.

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado a mi mamá Charo Jiménez, quien siempre ha estado presente apoyándome con todo su cariño en todo lo que me he propuesto, alentándome siempre a continuar y no rendirme. A mis tíos Consuelo y Jorge por su apoyo moral y económico, así como por ser un ejemplo a seguir en la vida.

A Hobi, Nippy y Micky quienes fueron mi inspiración para seguir esta carrera los llevare siempre en mi corazón.

A Clara Jiménez quien siempre confió en mi a lo largo de toda la carrera, y creyó en mi como futura medica veterinaria, gracias por las risas y tus palabras de aliento espero puedas ver este logro, te quiero mucho.

Ashlye Karolina Chuquimarca Jiménez.

Agradecimiento

Agradezco principalmente a mi familia, quienes me han educado y criado como la persona que soy actualmente, y que además me han impulsado a continuar con mis estudios y a desarrollarme como profesional, gracias por sus consejos y apoyo a lo largo de este trayecto.

A Hobi, Milo, Dakota, Fiorella y Roset por sacarme siempre una sonrisa con tan solo verlos, y enseñarme lo que es el cariño verdadero, así como por prestarse para las diferentes actividades en las que fueron necesarios durante mi formación académica.

A Lupito y Roset por estar junto a mí todas las noches de desvelo, acompañándome.

Agradezco mi directora Dra. Carolina Serrano, por su paciencia, orientación y correcciones al momento de ejecutar y redactar este trabajo, sin su ayuda esto no hubiera sido posible, ¡Gracias!

Agradezco al Grupo de Caballería Mecanizada N°18 “Cazadores de los Ríos”, por permitirme realizar mi trabajo de campo en sus instalaciones y por las enseñanzas aportadas cuando fue necesario.

A la Universidad Nacional de Loja, en donde he podido obtener los conocimientos necesarios para recibir mi título profesional, así como por permitirme conocer amistades duraderas que llevare siempre en mis recuerdos.

A Luis por tu apoyo y ayuda para realizar este trabajo, por escucharme, hacerme reír y estar siempre presente con palabras de aliento cuando las necesité.

A Gabriela y Carolina, gracias por el apoyo, las risas, los consejos y por estar siempre dispuestas a escuchar cualquier situación que acontecía en mi vida, haciendo cualquier problema más llevadero.

Ashlye Karolina Chuquimarca Jiménez

Índice de contenidos

Portada	¡Error! Marcador no definido.
Certificación.....	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de figuras	ix
Índice de anexos	x
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico	6
4.1 Fisiología del equino.....	6
4.1.1 <i>Sistema Respiratorio</i>	6
4.1.2 <i>Sistema cardiovascular</i>	6
4.1.3 <i>Sistema músculo esquelético</i>	7
4.2 Fisiología durante el deporte	7
4.2.1 <i>Deporte de polo</i>	8
4.2.2 <i>Frecuencia Cardiaca</i>	9
4.2.3 <i>Frecuencia Respiratoria</i>	10
4.2.4 <i>El músculo durante el deporte</i>	10
4.2.5 <i>Ácido láctico</i>	11
4.2.6 <i>Creatinquinasa</i>	12
4.2.7 <i>Lactato deshidrogenasa</i>	12
4.3 Soluciones iónicas.....	13
5. Material y Métodos.....	15
5.1. Área de estudio.....	15
5.2. Procedimiento.....	15
5.2.1 <i>Enfoque metodológico</i>	15

5.2.2	<i>Diseño de la investigación</i>	15
5.2.3	<i>Tamaño de la muestra y tipo de muestreo</i>	15
5.2.4	<i>Técnicas</i>	16
5.2.5	<i>Variables de estudio</i>	17
5.2.6	<i>Procesamiento y análisis de la información</i>	17
5.2.7	<i>Consideraciones éticas</i>	18
6.	Resultados.....	19
6.1.	Frecuencia cardiaca y respiratoria.....	19
6.2.	Ácido láctico	20
6.3.	Creatinquinasa.....	20
6.4.	Lactato deshidrogenasa.	21
7.	Discusión	22
8.	Conclusiones.....	28
9.	Recomendaciones	29
10.	Bibliografía.....	30
11.	Anexos	37

Índice de figuras

Figura 1. Mapa Caballería Cazadores de los Ríos	15
Figura 2. Media \pm desviación estándar de frecuencia cardiaca (lpm) de equinos antes, durante, después y 10 min después de un partido de polo.	19
Figura 3. Media \pm desviación estándar de frecuencia respiratoria (rpm) de equinos antes, durante, después y 10 min después de un partido de polo.	20
Figura 4. Media \pm desviación estándar de ácido láctico (mmol/L) de equinos antes, durante, y después de un partido de polo.	20
Figura 5. Media \pm desviación estándar de creatinquinasa (U/L) de equinos antes, durante, y después de un partido de polo.	21

Índice de anexos

Anexo 1. Partido de polo	37
Anexo 2. Administración de antioxidante	37
Anexo 3. Toma de frecuencia cardiaca.....	38
Anexo 4. Toma de frecuencia respiratoria.....	38
Anexo 5. Toma de muestras sanguíneas.....	39
Anexo 6. Medición de lactato con Lacto Spark ®.....	39
Anexo 7. Muestras sanguíneas para la medición de enzimas sanguíneas	39
Anexo 8. Valores de referencia de exámenes sanguíneos para CK Y LDH	40
Anexo 9. Certificado de traducción de resumen del Trabajo de Integración Curricular	41

1. Título

Determinación del efecto de un antioxidante en parámetros fisiológicos, enzimas musculares y ácido láctico en equinos mestizos de polo.

2. Resumen

El caballo de polo utiliza los dos tipos de metabolismo, aerobio y anaerobio, mismos que dejan como residuo compuestos oxidantes, que pueden llegar a provocar estrés oxidativo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un antioxidante sobre los parámetros fisiológicos, enzimas musculares y ácido láctico pre y post ejercicio en equinos mestizos sometidos a una competencia de polo. Ocho equinos adultos fueron sometidos a un diseño crossover, donde 4 recibieron antioxidante (Top Race®, Argentina) previo a la competencia y 4 fueron grupo control. Todos los animales pasaron por ambos tratamientos. El partido constó de dos chukkers de 7 minutos, con un intermedio de 5 minutos. Los parámetros se midieron antes, durante (medio tiempo de los chukkers), inmediatamente después del ejercicio y 10 minutos después. La frecuencia cardíaca (FC) y respiratoria (FR) no tuvieron efecto del tratamiento ($p > 0,05$). Sin embargo, los equinos sin antioxidante tuvieron un mayor aumento ($p \leq 0,05$) en su FR (53,5 rpm) a diferencia de los que recibieron antioxidante (38 rpm), siendo la FR durante el ejercicio de $(60,5 \pm 6,82 \text{ rpm})$ con y $(78,0 \pm 6,82 \text{ rpm})$ sin antioxidante, pero en reposo $(22,5 \pm 6,82 \text{ rpm})$ con y $(24,5 \pm 6,82 \text{ rpm})$ sin antioxidante. El ácido láctico (AL), lactato deshidrogenasa (LDH) y enzima creatina quinasa (CK) no se vieron influenciados por el tratamiento. El AL durante $(3,68 \text{ mmol/L})$ y después $(3,65 \text{ mmol/L})$ del ejercicio fue mayor a la de reposo. La CK aumentó ($p = 0,0146$) una vez finalizado el ejercicio, $(403,1 \text{ U/L})$ con y $(376,04 \text{ U/L})$ sin antioxidante. El antioxidante causa un menor aumento de la FR durante el ejercicio, pero no interfiere en las enzimas CK, LDH, y niveles del AL en las condiciones y tiempos en los que se realizó el estudio.

Palabras clave: Estrés oxidativo, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, CK, LDH

Abstract

The polo horse uses both types of metabolism, aerobic and anaerobic, which leave oxidizing compounds as residues that can lead to oxidative stress. The aim of this study was to evaluate the effect of an antioxidant on physiological parameters, muscular enzymes and lactic acid before and after exercise in equines during a polo tournament. Eight adult equines were subjected to a cross-over design, where 4 received antioxidant (Top Race®, Argentina) before the competition and 4 were the control group. All the animals went through both treatments. The match consisted of two 7-minute chukkers, with a 5-minute break. The parameters were monitored before, during (half time of the chukkers), immediately after the exercise and 10 minutes later. Heart rate (HR) and respiratory frequency (RF) had no treatment effect ($p > 0.05$). However, equines without antioxidant had a greater increase ($p \leq 0.05$) in their RF (53.5 rpm) as opposed to those receiving antioxidant (38 rpm), with RF during exercise being (60.5 ± 6.82 rpm) with and (78.0 ± 6.82 rpm) without antioxidant, but at rest (22.5 ± 6.82 rpm) with and (24.5 ± 6.82 rpm) without antioxidant. Lactic acid (LA), lactate dehydrogenase (LDH) and creatine kinase enzyme (CK) were not influenced by treatment. LA during (3.68 mmol/L) and after (3.65 mmol/L) exercise was greater than at rest. CK was increased ($p = 0.0146$) after exercise, (403.1 U/L) with and (376.04 U/L) without antioxidant. The antioxidant causes a minor increase in RF upon exercise, but does not interfere with CK, LDH enzymes, and LA levels under the conditions and times in which the study was conducted.

Key words: Oxidative stress, heart rate, respiratory rate, CK, LDH.

3. Introducción

La relación entre el ser humano y los caballos ha perdurado a lo largo de los siglos, desempeñando roles fundamentales en cacerías, guerras y labores agrícolas. A medida que el tiempo avanzó, los equinos fueron desplazados de estas funciones, teniendo mayor acogida en el mundo del deporte ecuestre (Deraga, 2007), siendo un ejemplo el polo, que es un enfrentamiento entre dos equipos de cuatro polistas montados a caballo, cuyo origen fue en Pakistán (Villavicencio, 2018).

Sin embargo, a pesar de la creciente popularidad del polo, existen vacíos en la comprensión de la adaptación al ejercicio, desgaste físico y posibles sobreesfuerzos que experimentan los equinos involucrados en esta disciplina. Este vacío de conocimiento es crucial de abordar, dada la incidencia potencial de patologías como claudicaciones, lesiones musculares o tendinosas, arritmias y otros eventos adversos asociados con un inadecuado entrenamiento o falta de aptitud deportiva (Rivero, 2014).

El ejercicio induce cambios reversibles en el estado fisiológico del caballo, cuyos parámetros medibles, como la frecuencia cardíaca y respiratoria, ofrecen valiosa información sobre las adaptaciones inmediatas post-ejercicio (Gómez et al., 2004). La relación entre el metabolismo anaeróbico empleado en el polo y la generación de ácido láctico es un indicador preciso de la aptitud y adaptación al deporte equino (Loving, 2010). Otros parámetros que nos pueden indicar el estado físico del equino deportista son la creatinquinasa, y lactato deshidrogenasa, que además dan un indicio de la presencia de alguna lesión a nivel muscular (Boffi, 2007).

Durante el deporte se produce un estrés oxidativo que puede llegar a afectar el rendimiento del equino, es aquí donde entran los antioxidantes que evitan este proceso, uno muy usado es selenio, que mejora el metabolismo aeróbico durante trabajo físico de alta intensidad y aumenta la producción de energía protegiendo las células musculares

(Maddison et al., 2014). Por lo que el objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de un antioxidante sobre la frecuencia cardíaca y respiratoria, enzimas musculares y ácido láctico pre y post ejercicio en equinos mestizos sometidos a una competencia de polo, con la hipótesis de que la aplicación de antioxidante previo a la competencia de polo minimiza la elevación de las mismas.

4. Marco Teórico

4.1 Fisiología del equino.

4.1.1 *Sistema Respiratorio*

La anatomía del sistema respiratorio equino se compone de ollares, cavidad nasal, faringe, laringe, tráquea, bronquios, bronquiolos y alveolos (Sisson y Getty, 2002), cuya función principal es el intercambio de gases (Tomaszewska et al., 2019). El correcto funcionamiento de este sistema se mide a través de la frecuencia respiratoria en la que la unidad de medida es respiraciones por minuto (resp/min) (Sandoval y Arias, 2008), mismas que deben ser rítmicas y homogéneas (Casasnovas et al., 2010).

Durante el intercambio gaseoso se incluyen procesos como la ventilación, la distribución de gas dentro del pulmón, la difusión entre los alvéolos y capilares pulmonares, y transporte de oxígeno en sangre hacia los tejidos y del CO₂, en dirección contraria (Klein, 2020). En el caso de un equino adulto en reposo, los valores normales de frecuencia respiratoria son de 8-20 rpm (Guerrero et al., 2009). Para medir este parámetro se puede observar los movimientos del tórax, flancos u ollares, también se puede ubicar la mano en los mismos y sentir la salida de aire, contando las respiraciones por minuto (Hoyos et al., 2020)

4.1.2 *Sistema cardiovascular*

El corazón está encargado de transportar sangre oxigenada a todo el cuerpo del animal (Mazan, 2022), así como los distintos nutrientes necesarios para las células. Además, permite el transporte de metabolitos de desecho de distintos órganos como pulmones, riñones o hígado, permitiendo así el correcto funcionamiento de los tejidos correspondientes, gracias al aporte sanguíneo adecuado que suple las necesidades del animal tanto en reposo como en movimiento (Klein, 2020).

El correcto funcionamiento del corazón se mide con la frecuencia cardíaca cuya unidad de medida es en latidos por minuto (Sandoval y Arias, 2008). Los equinos adultos deben tener

de 28-40 lpm (Scott y Martin, 2020). La toma adecuada de este parámetro se hace colocando el estetoscopio a nivel de la pared torácica tras el codo del caballo, donde se oirá un “lub-dup” que representa un latido del corazón (King y Ecker, 2023).

4.1.3 Sistema músculo esquelético

Conformado por músculo estriado, el aparato locomotor funciona gracias al músculo esquelético que trabaja de forma voluntaria debido a las proteínas actina y miosina (Marr, 2015). Los músculos se encuentran formados por miofibras, que constituyen un 79-90% del músculo, están dispuestas en paralelo a lo largo de este generando una fuerza de contracción aditiva (Reed, 2022). El sistema muscular esquelético del caballo presenta una gran adaptación física que le permite desarrollar una locomoción muy eficiente, debido a que cuenta con dos tipos de fibras musculares (Hinchcliff et al., 2013). Se puede encontrar las fibras tipo I que son de contracción lenta y alta capacidad oxidativa y fibras tipo II que tienen contracción rápida y baja capacidad oxidativa (Lopez y Serrano, 1998).

Los músculos tienen la capacidad de mover el cuerpo del animal gracias a la unión que tienen con el hueso por medio del tendón, con la contracción muscular se ejerce presión en la unión tendinosa y se termina moviendo junto al hueso creando la locomoción (Loving, 2010). En los equinos la masa muscular representa un 50% de su peso corporal (Klein et al., 2020). El músculo esquelético en estos animales es muy desarrollado y elástico, lo que lo hace apto para el ejercicio (Boffi, 2007). Sin embargo, se pueden presentar ciertas patologías en este órgano las cuáles se pueden evidenciar mediante la elevación de ciertas enzimas musculares como lactato deshidrogenasa y creatinquinasa (Gómez y Castillo, 2022) .

4.2 Fisiología durante el deporte

Cuando se realiza una actividad física, en el organismo se produce una respuesta muscular, respiratoria, metabólica y cardiovascular (López y Ramírez, 2022). Es así, que se da

una disminución en la irrigación de los órganos que componen el sistema digestivo y renal, ocurriendo lo contrario con el aparato cardiorrespiratorio y musculoesquelético (Rivero, 2014).

Es por ello que estos sistemas suelen ser los que tienen el papel principal en el momento de la ejecución de la actividad física y por tanto suelen ser los más afectados (Prada, 2018). Sin embargo, debido a la gran capacidad cardiopulmonar de los equinos su organismo no presenta alteraciones durante el reposo o trabajos de baja intensidad (Durando, 2019). La prevención de cualquier daño tanto a nivel cardiorrespiratorio, y musculoesquelético, dependerá también del tipo de entrenamiento que se le dé al equino previo al ejercicio (Parkes et al., 2019).

4.2.1 Deporte de polo.

Consiste en el enfrentamiento de cuatro polistas que se encuentran montando a caballo, los cuales tienen el objetivo de anotar más goles que el equipo contrario (Villavicencio, 2018). Este se divide en periodos de juego de siete minutos llamados chukkers, el número de chukkers depende del nivel del juego, pero normalmente son seis (Best y Standing, 2019). En todos los partidos se da un intervalo de 5 minutos a mitad de este, los demás intervalos entre períodos son de 3 minutos (FIP, 2018). Generalmente se hace un cambio de caballos entre chukkers, esto debido a la intensidad del juego y los posibles problemas de bienestar que podrían ocurrir al jugar excesivamente con un solo caballo (Pritchard et al., 2020).

El deporte y tipo de entrenamiento que los animales realizan influye en la prevalencia de lesiones o cojera en los caballos (Escudero, 2021), es por ello que los equinos que practican polo deben tener un entrenamiento apropiado, pues como menciona (Costa, 2022) el entrenamiento prepara al organismo para los cambios que se dan en los sistemas muscular, cardiovascular y neuro-endócrino.

El deporte de polo tiene períodos de alta intensidad y de baja intensidad, pues los caballos deben galopar, detenerse, cambiar de dirección en un instante y volver a galopar de golpe luego de haberse detenido. Esto requiere trabajo tanto muscular como articular

(Briffa,2019). Por lo que, en el juego de polo el manejo correcto del equino es vital, no solo para maximizar el rendimiento del animal sino también, su preservación para competencias futuras (Best, 2022).

4.2.2 Frecuencia Cardiaca.

El sistema cardiovascular de los equinos es idóneo para adaptarse a las demandas de oxígeno que el organismo requiera (Muriel et al., 2022). Al haber un incremento en la frecuencia cardiaca y cambios en el volumen sistólico, el gasto cardiaco aumenta hasta diez veces más que su nivel de reposo (Guerrero et al., 2009). En caballos atletas la hipertrofia cardíaca es una de las adaptaciones más comunes, y está relacionada con el consumo máximo de oxígeno, que consiste en la cantidad de oxígeno que el equino logra transportar por el sistema respiratorio hasta la sangre arterial, y del sistema cardiovascular a los músculos para la producción de energía (Navas de Solis, 2019).

Como una respuesta al ejercicio hay un aumento de la frecuencia cardiaca, contractilidad, volumen sistólico y actividad cardíaca, de manera rápida y sincronizadas con la vasoconstricción y la vasodilatación arterial, para un rendimiento máximo de los músculos durante el ejercicio (Laguado y Sayago, 2022). Cuando el equino realiza un esfuerzo significativo hay un incremento de la frecuencia cardiaca, y en consecuencia un mayor gasto cardiaco (Yanez, 2023).

En equinos este parámetro en reposo es de 20 - 48 latidos por minuto y, en condiciones aeróbicas, puede llegar hasta 150 latidos por minuto. Al haber transcurrido 15 minutos de finalizar la actividad física debería estar entre 52 - 64 pulsaciones por minuto, cuando el entrenamiento es adecuado para el animal (Tomaszewska et al., 2019). Las arritmias cardíacas durante e inmediatamente después del ejercicio son comunes en equinos deportistas (Reef et al., 2020), estas pueden llevar a un colapso o muerte súbita. Además, se pueden encontrar soplos cardíacos, provocados por el flujo sanguíneo fisiológico normal o por patologías (regurgitación

valvular), dependiendo de su gravedad podría alterar el rendimiento del caballo (Eberhardt, 2022).

4.2.3 Frecuencia Respiratoria

El caballo es un atleta nato, debido a que el escape es su estrategia de supervivencia, es por ello que su sistema respiratorio cuenta con una gran elasticidad (Kozłowska et al., 2022), es así que tiene la capacidad de proporcionar gran cantidad de flujo de aire y el oxígeno necesario para cubrir las necesidades en el ejercicio (Mazan, 2022). Al efectuar una actividad física intensa la demanda de O₂ aumentan, así como la producción de CO₂ y ácidos de origen metabólico, se da una transferencia de gases semi completa, e incrementa el volumen ventilatorio para así mantener las tensiones de gases en la sangre arterial contra el aumento de flujo sanguíneo (Guerrero et al., 2009).

La frecuencia cardiaca y respiratoria aumentan notablemente durante el deporte (Sandoval, 2022). Cuando el equino realiza una actividad física puede llegar a tener de 120 - 150 respiraciones por minuto (Tomaszewska et al., 2019), en un caballo con buena condición física, el ritmo se debería reducir a 40 o 50 respiraciones por minuto en 10 - 15 minutos (Molina, 2022). El bajo rendimiento en equinos deportistas se puede dar por las diversas patologías del sistema respiratorio (Frezza et al., 2022).

4.2.4 El músculo durante el deporte

Los músculos del sistema locomotor y respiratorio pueden aumentar de tamaño en respuesta al entrenamiento, esto incluye al diafragma cuyo tamaño se ve incrementado debido al movimiento inspiratorio (Fitzharris et al., 2023). El equino tiene la particularidad de trabajar con metabolismo aeróbico y anaeróbico, el primero actúa en ejercicios de bajo nivel, aunque el terreno, inclinación, superficie de la pista y temperatura ambiente pueden provocar que la demanda de energía sobrepase el consumo de oxígeno por lo que en este caso se da un

metabolismo anaeróbico. La fatiga muscular puede afectar al equino en el ejercicio aeróbico o anaeróbico (Hinchcliff et al., 2013).

Existen dos tipos de fibra, el tipo I con una contracción lenta y un metabolismo predominante de tipo aerobio. Las fibras tipo II se subdividen en dos tipos: II A, con características similares a las I y IIB, mientras que las II B tienen contracción rápida y metabolismo glucolítico (Hodgson et al., 2014). El tipo de fibra predominante va a afectar el rendimiento del equino, pero con entrenamiento las células musculares pueden adaptarse y cambiar su tipo de fibra, siendo así que la fibra puede aumentar su capacidad para usar oxígeno, disminuir el uso de glucógenos muscular y de glucosa en sangre, y disminuir la producción de ácido láctico (Reed et al., 2009).

La función del músculo esquelético depende también de los niveles de ATP, cuya producción es continua, aunque durante el ejercicio anaeróbico de alta intensidad la capacidad de las células para producir ATP disminuye y la demanda es superior a la producción. (Shecterle y Cyr, 2022)

4.2.5 Ácido láctico.

El ácido láctico es el resultado de la glucólisis anaeróbica, en la que por la falta de oxígeno el piruvato se transforma en este compuesto, con acción de lactato deshidrogenasa (LDH), principalmente en el músculo esquelético. El lactato formado se puede distribuir a otros tejidos por vía sanguínea (Gil, 2010). Posterior a una actividad física extenuante el ácido láctico provoca fatiga como consecuencia de un descenso del pH muscular (Guerrero et al., 2009).

Los niveles de ácido láctico en sangre durante el ejercicio son un indicador muy preciso para determinar la intensidad de un ejercicio, un entrenamiento adecuado y el rendimiento deportivo del animal (Navas de Solis, 2019). Este parámetro determina el umbral anaerobio, que es el punto en el cual hay un desequilibrio entre la producción y remoción del lactato en

sangre, por exceso de su síntesis, y se empieza a acumular aceleradamente (Hodgson et al., 2014).

En un equino en reposo el ácido láctico en caballos está entre 0,5 - 1,5 mmol/L (Reece, 2015 ; Guerrero et al., 2009). A medida que el ejercicio aumenta, los niveles de este compuesto también lo hacen lentamente, y cuando el animal alcanza una mayor velocidad, la concentración de lactato aumenta aceleradamente (Meyer y Harvey, 1998). Es aquí cuando el animal llega al umbral anaerobio con niveles de hasta 4 mmol/L de ácido láctico (Haus et al., 2014).

4.2.6 Creatinquinasa.

Esta enzima está encargada de desdoblar el fosfato de creatina en fosfato y creatina, obteniendo así energía para la contracción muscular, esta reacción es la única fuente de energía del músculo al inicio del ejercicio, para posteriormente ser reemplazada por la oxidación de glucosa y ácidos grasos (Reed et al., 2009). Una vez la creatinquinasa (CK), ingresa al torrente sanguíneo, tiene una vida plasmática de 2 horas, en el músculo la CK se encarga de la fosforilación del ADP del fosfato de creatina, para volver al ATP disponible para la contracción muscular (Hinchcliff et al., 2013).

Durante el ejercicio se altera la permeabilidad de la membrana muscular, por lo que la CK se filtra al torrente sanguíneo, en donde los niveles más elevados se detectan a las 4 - 6 horas post ejercicio (MacLeay et al., 2000). En equinos adultos durante el reposo, la enzima CK tiene valores de 60-330 U/L (Hodgson,2014). Mientras que cuando hace una actividad física sus valores no deben exceder 940 U/L al haber transcurrido 2-4 horas posterior al deporte (Reed et al., 2009).

4.2.7 Lactato deshidrogenasa.

Es una enzima oxidoreductasa, que reduce al piruvato (resultante de la glucólisis) en lactato por la oxidación de NADH a NAD +. La lactato deshidrogenasa es vital para la regeneración del NAD + en el metabolismo anaeróbico (Guerrero et al., 2009), pues las células

que tengan suficiente aporte de esta enzima podrán mantener estable su producción de ATP en ausencia de oxígeno. Aunque la cantidad de ATP por esta vía no es significativa pues, solo se libera el 7 % de la energía libre de la glucosa, al convertirla en lactato (Hill et al., 2006).

En equinos adultos en reposo los valores normales de lactato deshidrogenasa deben ser 162 – 412 U/L (Kaneko et al., 2008). En los caballos con un entrenamiento adecuado durante el deporte, sus valores se encuentran entre 600 - 800 U/L (Muñoz et al., 2006). La lactato deshidrogenasa se subdivide en 5 isoenzimas, ubicadas en distintos tejidos, especialmente el músculo esquelético, su presencia extracelular y en sangre indica una lesión relacionada principalmente a músculo esquelético, cardíaco o hepático (Nunes et al., 2015).

4.3 Soluciones iónicas.

El equino deportista necesita macro minerales como Calcio, Fósforo, Sodio, Potasio, Magnesio y Cloruro, que se necesita en grandes cantidades (Firth et al., 2004). Por otro lado, el Hierro, Cobre, Zinc, Manganeso, Cobalto, Selenio y Yodo son micro minerales que se requieren en menores cantidades (Grace et al., 1999). Ambos son necesarios para un buen rendimiento deportivo.

Durante el deporte se da un incremento en la producción de radicales libres (compuestos oxidantes), que en un nivel moderado ejercen efectos positivos sobre las funciones inmunitarias del organismo, la resistencia celular y reparación de tejidos, así como contracción muscular y adaptación al ejercicio sistemático, pero por diversos factores puede haber un desequilibrio y exceso de compuestos oxidantes (Fernández et al., 2009). Los antioxidantes contrarrestan los procesos oxidativos que en exceso pueden provocar estrés oxidativo ocasionando daños moleculares, y así restaurar el equilibrio oxidante/antioxidante (Kirschvink et al., 2008).

El selenio es un antioxidante muy importante ya que, actúa frente a estos procesos oxidativos, como cofactor de una enzima antioxidante denominada GPX (De la Cruz et al., 2008). Así mismo, mejora el metabolismo aeróbico durante el trabajo físico de alta intensidad

y aumenta la producción de energía protegiendo las células musculares (Maddison et al., 2014). El selenio también tiene acción sobre la hemodinamia del músculo esquelético y cardíaco, manteniendo su homeostasis, transporte de oxígeno y la integridad de los glóbulos rojos, por su propiedad antioxidante (Figueroa et al., 1997).

La deficiencia de Se y de vitamina E puede provocar distrofia muscular nutricional, esta puede afectar a equinos, bovinos, cerdos, caninos y felinos, siendo su característica principal la miopatía degenerativa del músculo cardíaco y esquelético (Combs et al., 1975). En equinos la deficiencia de Se afecta mayormente en potros de 1 -10 días de edad, con una liberación excesiva de CK y AST en el torrente sanguíneo de potros con la enfermedad de músculo blanco por deficiencia de selenio (Löfstedt, 1997).

Cuando se presenta en caballos adultos puede llegar a provocar daño muscular, principalmente en músculos masticadores y locomotores, ocasionando como consecuencia rigidez, que afecta la capacidad del caballo para la carrera y marcha, puede aparecer además claudicación y dolor muscular. Esta deficiencia también podría ocasionar una liberación en demasía de enzimas asociadas al músculo (Valberg, 2019).

La mayoría de los resultados de estudios relacionados a la administración de selenio oral y su efecto son inconsistentes o contradictorios, y no lo asocian específicamente al desempeño del caballo durante el deporte (Richardson et al., 2006) , (Brummer et al., 2013) y (Calamari et al., 2009). Otros indican resultados positivos al administrar este antioxidante, obteniendo un aumento en las defensas antioxidantes de las células sanguíneas y fluidos extracelulares (Avellini et al., 1999). Por lo tanto, es posible que si haya un efecto positivo en el rendimiento de equinos deportistas y debe ser estudiado a profundidad.

5. Material y Métodos

5.1. Área de estudio.

La presente investigación se realizó en la caballería N° 18 cazadores de los ríos, ubicada en el barrio Zamora huayco del cantón Loja, provincia de Loja. Sus coordenadas son 4 °00'22 " S - 79 ° 11' 21" W, a una altitud promedio de 2101 m.s.n.m., con temperatura media 16,1°C, humedad relativa 76,7%, precipitación 0,07 mm y nubosidad de 70%.

Fuente: Google earth



Figura 1. Mapa Caballería Cazadores de los Ríos

5.2. Procedimiento

5.2.1 Enfoque metodológico.

El enfoque que se usó en esta investigación fue de tipo cuantitativo, debido a que las variables y resultados se midieron con valores numéricos.

5.2.2 Diseño de la investigación.

Fue de tipo experimental con diseño cross-over. Cada unidad experimental se sometió a dos tratamientos (con antioxidante y grupo control)

5.2.3 Tamaño de la muestra y tipo de muestreo

En esta investigación se trabajó con un total de 8 equinos de raza polo mestizos, con edades comprendidas entre los 9-12 años, con pesos entre 300-350 kg.

Se sometió a los 8 equinos a una competencia de polo que es un ejercicio intenso de corta duración, durante dos ocasiones.

En el primer momento se administró antioxidante (Top Race®, Argentina) a 4 equinos al azar previo a la competencia de polo.

Luego en el segundo período (15 días después), se administró antioxidante a los equinos que no se les aplicó en el período anterior.

5.2.4 Técnicas

5.2.4.1 Frecuencia cardiaca: Este parámetro se midió con un estetoscopio ubicándolo en el costado izquierdo del animal, detrás del codo. Verificando que sus valores estén en 30-40 lat/min en reposo y en el ejercicio 129 ± 4 lat/min

5.2.4.2 Frecuencia respiratoria: Se midió mediante la observación del movimiento de los costados del caballo, verificando que se encuentre entre los rangos normales que en este caso son 10 -16 rpm en reposo y en el ejercicio puede llegar a $91,8 \pm 14,2$ resp/min.

- Estos parámetros se midieron antes, durante (en el medio tiempo de los dos chukkers), inmediatamente después del ejercicio y 10 minutos luego de terminar la actividad. El partido de polo constó de dos chukkers de 7 minutos, con un intermedio de 5 minutos.

5.2.4.3 Niveles de ácido láctico: Se obtuvo la primera gota de sangre con ayuda de una jeringa y se colocó en su respectiva tira para el dispositivo medidor de lactato Lacto Spark ® (Sensacore - Telangana India). Cuyos valores deben estar entre 0,5-2,5 mmol/L.

- Estos parámetros se midieron antes, durante (en el medio tiempo de los dos chukkers), e inmediatamente después del ejercicio.

5.2.4.4 Niveles de creatinquinasa: Se extrajo una muestra de sangre de la vena yugular y se colocó en tubos sin anticoagulante para enviar al laboratorio Detek-ta donde se obtuvo los niveles en sangre de esta enzima. Cuyos valores deben estar entre 60-330 u/L.

5.2.4.5 Niveles de lactato deshidrogenasa: Se extrajo una muestra de sangre de la vena yugular, y se colocó en tubos sin anticoagulantes para enviar al laboratorio Detek-ta, dónde se obtuvo los niveles en sangre de esta enzima. Cuyos valores deben estar entre 112-456 u/L.

- Estos parámetros se midieron antes e inmediatamente después de la competencia de polo.

5.2.4.6 Tratamiento: Se administró antioxidante (marca Top Race®, Argentina), que contiene selenio, magnesio, potasio y calcio, esto con ayuda de venoclisis y catéter previo a la competencia de polo.

5.2.5 Variables de estudio

Variables dependientes.

- Frecuencia cardiaca (lpm)
- Frecuencia respiratoria (rpm)
- Acido Láctico (mmol/L)
- Creatinquinasa (U/L)
- Lactato Deshidrogenasa (U/L)

5.2.6 Procesamiento y análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza ANOVA, en el que se usó un modelo mixto, utilizando el procedimiento PROC MIXED del SAS, en donde los factores fijos fueron el efecto del tratamiento (uso de antioxidante), y el efecto aleatorio fue la unidad experimental (equino)

anidado al tratamiento, en la que los p valores menores o iguales a 0,05 se consideraron significativas.

5.2.7 Consideraciones éticas

Se cumplió con el manejo apropiado que requieren estos animales para la extracción de sangre, se empleó los métodos de sujeción adecuados para evitar daño en el equino y en la persona que extrajo la muestra.

6. Resultados

6.1. Frecuencia cardíaca y respiratoria

En la frecuencia cardíaca y respiratoria no hubo efecto del tratamiento ($p > 0,05$), pero sí un efecto del momento ($p < 0,001$), donde su pico máximo fue durante el partido de polo seguido de los valores obtenidos al final del ejercicio y 10 minutos después, mientras que previo a la competencia los valores fueron considerablemente más bajos. No hubo interacción de tratamiento y momento.

Al evaluar las diferencias entre los valores de frecuencia respiratoria durante el ejercicio con ($60,5 \pm 6,82$) y sin antioxidante ($78,0 \pm 6,82$) y los valores en reposo con ($22,5 \pm 6,82$) y sin antioxidante ($24,5 \pm 6,82$) se observó un efecto del tratamiento, en que los equinos sin antioxidante tuvieron un mayor aumento ($p \leq 0,05$) en su frecuencia respiratoria (53,5 rpm) a diferencia de los que tuvieron antioxidante (38 rpm).

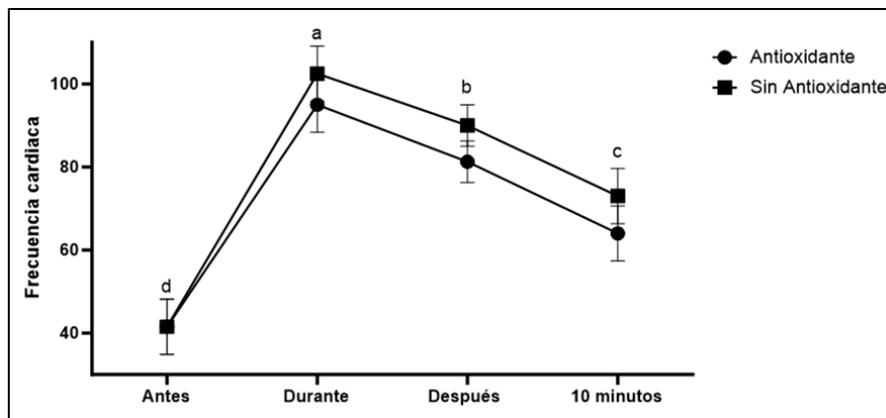


Figura 2. Media \pm desviación estándar de frecuencia cardíaca (lpm) de equinos antes, durante, después y 10 min después de un partido de polo.

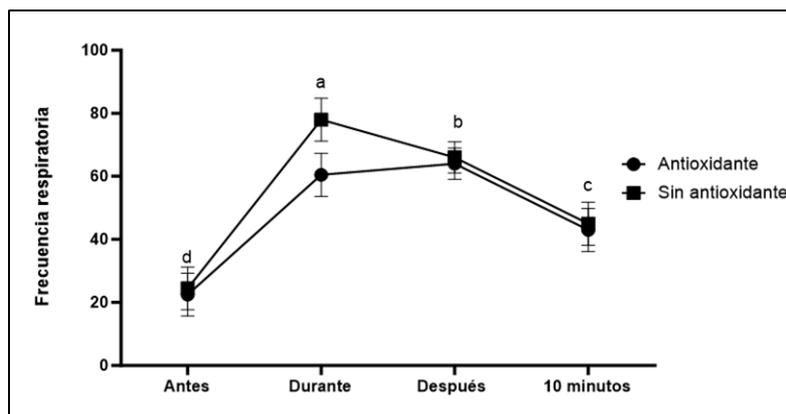


Figura 3. Media \pm desviación estándar de frecuencia respiratoria (rpm) de equinos antes, durante, después y 10 min después de un partido de polo.

6.2. Ácido láctico

En los niveles de ácido láctico no se observó efecto de tratamiento ($p > 0,05$), sin embargo sí hubo efecto del momento ($<0,001$) donde la producción de ácido láctico durante (3,68) y después(3,65) del ejercicio fue mayor a la obtenida previo a esta actividad, además no hubo interacción de tratamiento y momento ($p > 0,05$).

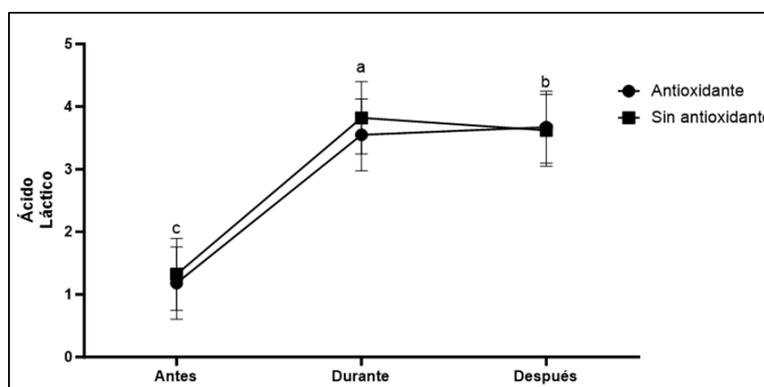


Figura 4. Media \pm desviación estándar de ácido láctico (mmol/L) de equinos antes, durante, y después de un partido de polo.

6.3. Creatinquinasa

No existió efecto de tratamiento ($p > 0,05$), pero hubo efecto del momento ($p= 0,0146$), en el que se obtuvo cifras mayores una vez finalizado el ejercicio, hecho que coincide con los valores

del ácido láctico, mientras que previo a la actividad física se mantuvieron bajos. No hubo interacción entre el tratamiento y el momento ($p > 0,05$).

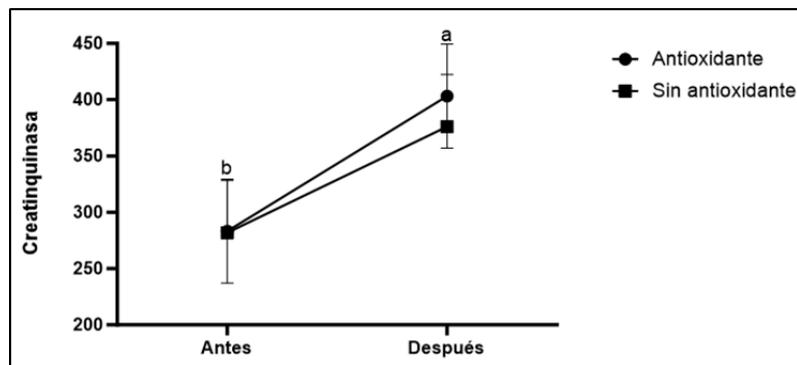


Figura 5. Media \pm desviación estándar de creatinquinasa (U/L) de equinos antes, durante, y después de un partido de polo.

6.4. Lactato deshidrogenasa.

Se verificó que no hubo efecto del tratamiento ($p > 0,05$), no hubo efecto del momento ($p > 0,05$), y tampoco hubo interacción entre el tratamiento y el momento ($p > 0,05$). Esto debido a que los valores de LDH en el grupo que recibió antioxidante fueron ($690,25 \pm 45,5876$) y de los que no se les administró fue de ($687,69 \pm 45,76$), que son relativamente similares.

Al evaluar las diferencias de los tiempos en el que se realizó el ejercicio de los demás parámetros no se observó diferencia.

7. Discusión

El caballo de polo necesita energía producida del metabolismo anaeróbico, debido a las intensas explosiones de velocidad que se dan en este deporte, y del aeróbico, por la resistencia que el animal requiere para esta actividad (dos Santos, 2018 ; Zobba et al., 2011). En estos dos tipos de metabolismo las células del sistema equino van a tener un incremento en la producción de radicales libres (compuestos oxidantes), que en un nivel moderado ejercen efectos positivos sobre las funciones inmunitarias del organismo, la resistencia celular y reparación de tejidos, así como contracción muscular y adaptación al ejercicio sistemático (Fernandez). Los antioxidantes contrarrestan los procesos oxidativos que en exceso pueden provocar estrés oxidativo ocasionando daños moleculares (Kirschvink, 2008).

En los equinos adultos los valores normales de frecuencia cardiaca en reposo son de 20-48 lpm (Tomaszewska et al., 2019) , que es el rango en el que se mantienen los valores obtenidos en este estudio con un promedio de 41,5 latidos por minuto con y sin antioxidante. En ejercicios de mediana intensidad se da el metabolismo aeróbico con una frecuencia cardiaca que oscila de 120 a 150 lpm, en esta investigación los datos obtenidos fueron 95,0 lpm con antioxidante y 102,50 lpm sin antioxidante después del primer chukker y después del segundo chukker los valores obtenidos fueron 81,25 y 90,0 lpm con y sin antioxidante respectivamente, similar a lo obtenido por Craig et al., (1985) quienes observaron una frecuencia de 101 lpm inmediatamente después de la competencia de polo. Esto puede ser debido a que los equinos solo llegaron a emplear el metabolismo aeróbico, ya que valores superiores a 170 lpm caracterizan al metabolismo anaeróbico (Freeman et al., 2003).

En un estudio realizado por Witherington (1971), describió que después de una carrera la frecuencia cardiaca se mantiene alta a los 10 minutos, y desacelera rápidamente pasado los 20 minutos, transcurrida una hora o más continua esta desaceleración, pero de forma lenta. Los

valores obtenidos 10 minutos después del partido de polo (segundo chukker) en esta investigación fueron 64,0 lpm y 73,0 lpm con y sin antioxidante respectivamente, según (Tomazeswka et al., 2019) los valores 15 minutos después de finalizar la actividad física deben estar entre 52 - 64 lpm, siendo que la frecuencia cardiaca de los caballos que recibieron antioxidante fue más próxima a lo que expone el autor, y además en este caso al emplear el antioxidante se logró la disminución de la frecuencia 5 minutos antes de lo mencionado. La recuperación de frecuencia cardiaca post ejercicio es de suma importancia debido a que, esta es un indicio de un buen entrenamiento y adaptación al ejercicio pues, en caballos de carrera se ha observado que los que tienen un buen rendimiento competitivo tienen una recuperación más rápida de frecuencia cardíaca a comparación de los de bajo rendimiento (Milne et al., 1976). En los estudios realizados en caballos de polo por Marlin y Allen (1999) se ha comprobado que la frecuencia cardíaca inmediatamente finalizada un chukker fue de 139-189 lpm con una recuperación de 90 lpm en 3 minutos.

La frecuencia respiratoria en equinos adultos es de 8-20 rpm (Guerrero et al., 2009), en esta investigación los valores obtenidos en promedio fueron de 22,50 rpm y 24,50 rpm con y sin antioxidante respectivamente. Ciertos caballos en el presente estudio tenían un carácter nervioso al momento de tomar este parámetro, lo que pudo elevarla ligeramente en reposo. En el pico máximo del ejercicio la frecuencia respiratoria en caballos de carrera puede llegar entre 120 - 150 respiraciones por minuto (Tomaszewska et al., 2019), por otro lado, en caballos de salto la frecuencia respiratoria a los 8 minutos de trabajo fue de 72,1 rpm (Islas et al., 2003), y en esta investigación al finalizar el primer chukker que dura 7 minutos se obtuvo valores de 60,50 rpm y 78,0 rpm con y sin antioxidante respectivamente. Así también, al finalizar el segundo chukker se obtuvo 64,0 y 66,0 rpm.

Como menciona Marlin y Allen , (1999) el deporte de polo necesita un esfuerzo cardiovascular de moderado a máximo, debido a que este deporte tiene períodos de alta intensidad y de baja intensidad, pues los caballos deben galopar, detenerse, cambiar de dirección en un instante y volver a galopar de golpe luego de haberse detenido (Briffa,2019). Es por ello que los equinos de polo tienen un mayor gasto de energía siendo considerado una actividad pesada hasta extenuante, a comparación de caballos de equitación que tienen una actividad de ligera a media (Hintz, 1971). Los equinos del presente estudio no llegaron a usar el metabolismo anaerobio ya que el lactato no llegó a su umbral máximo, por tanto la frecuencia respiratoria tampoco.

Estudios en los que se administró selenio a equinos no evaluaron el efecto sobre el desempeño deportivo (Richardson et al., 2006) y (Brummer et al., 2013) y (Calamari et al., 2009), sin embargo en el presente estudio se administró vía intravenosa con la que se obtuvo resultados a nivel respiratorio. Al comparar las diferencias de la frecuencia respiratoria a lo largo de los tiempos, se observó un menor incremento en la frecuencia de los caballos con antioxidante (38 rpm), a comparación de los que no se les administró (53,5 rpm). El selenio es el principal componente del producto usado en esta investigación, y como explica (Deaton et al., 2002) este podría aumentar la capacidad antioxidante sistémica y pulmonar, lo que conduciría a una reducción del daño oxidativo y a una mejora de la función pulmonar durante el ejercicio. Silva et al., (2017) observaron la relación entre el aumento excesivo de frecuencia respiratoria y la presencia de hemorragia pulmonar, así como la inflamación de las vías aéreas en caballos de polo. La hemorragia pulmonar se produce por el estrés y falla de capilares pulmonares y no está relacionada directamente a la inflamación, sin embargo ambos procesos afectan el rendimiento deportivo, por lo que el uso de antioxidante puede tener relevancia para contribuir a un menor aumento en la frecuencia respiratoria.

En un estudio realizado por Guerrero et al., (2009) se observó que los caballos de salto transcurridos 15 minutos luego del trabajo mostraban frecuencia respiratoria de 40,25 rpm y transcurrida media hora de 27,91. Además, pasados 45 minutos se puede observar frecuencias de 11,72 rpm (Mejía y Arias , 2008). Las respiraciones en equinos con buena adaptación al ejercicio pueden estar entre 40-50 rpm, luego de 15-20 minutos post ejercicio (Scott y Martin, 2016). En esta investigación transcurridos 10 minutos (segundo chukker), se obtuvieron valores de 43,0 rpm y 45,0 rpm con y sin antioxidante, que se aproximan al rango normal, por lo que su recuperación es buena.

El ácido láctico en caballos en reposo gira en torno de 0,5 - 1,5 mmol/L (Reese, 2015; Guerrero et al., 2009), rangos en los que se mantuvieron los valores del presente estudio, siendo 1,18 mmol/L con antioxidante y 1,32 mmol/L sin antioxidante. Al llegar al pico máximo del ejercicio el ácido láctico podría llegar hasta 4 mmol/L en donde ya se emplea un metabolismo anaerobio (Hauss et al. 2014). En esta investigación al finalizar el primer chukker se obtuvo 3,55 mmol/L y 3,82 mmol/ L con y sin antioxidante respectivamente, y en el segundo chukker los valores fueron de 3,67 mmol/L con antioxidante y 3,62 mmol/L sin antioxidante, valores que se mantienen bajo el umbral máximo, por lo que da un indicio de la buena adaptación al ejercicio que tienen los caballos estudiados y que mantuvieron el metabolismo aerobio.

En los equinos de polo con un entrenamiento adecuado el aumento de lactato en sangre es temporal y debería disminuir en 30 minutos post ejercicio (Zobba et al., 2011). El selenio, componente principal del compuesto usado en esta investigación , aumenta la densidad del volumen mitocondrial del músculo esquelético, dando como resultado una mejor resistencia al ejercicio (Wesolowski ,2022), su deficiencia asociado a vitamina E permite que se acumulen y actúen radicales libres nocivos que destruyen la membrana celular del músculo esquelético principalmente (Cardona y Lázaro, 2011), por lo que su uso como suplemento es muy

beneficioso a nivel muscular. Durante el estrés oxidativo aumenta el ácido láctico por lo que el uso de un antioxidante evitará su elevación excesiva (Fernandez, 2009).

En equinos la enzima CK tiene valores normales de 60-330 U/L (Hodgson,2014), que concuerdan con los valores obtenidos en el periodo de reposo de este estudio, que fueron 283,11 U/L con antioxidante y 281,85 U/L sin antioxidante. Al entrar en actividad física, 2- 4 horas posterior al deporte sus valores no deben exceder 940 U/L (Reed et al., 2009), posterior al deporte los datos obtenidos fueron de 403,16 U/L con antioxidante y 376,04 U/L sin antioxidante, por lo que al no exceder los valores establecidos indica la ausencia de enfermedad muscular.

Sin embargo, estos parámetros si excedieron los valores fisiológicos de reposo, pero no sobrepasan los límites de ejercicio físico. Considerando que en los resultados no se observaron diferencias entre los grupos, debemos tomar en cuenta que posiblemente con un tiempo mayor de trabajo se puede tener un efecto más significativo del antioxidante empleado en el estudio, así como también el momento de medirla es importante ya que la enzima CK alcanza los niveles más altos al haber transcurrido de 4 - 6 horas posterior al ejercicio (MacLeay et al., 2000).

Según Kaneko et al., (1997) los valores normales de LDH en un equino adulto deben ser 162 – 412 U/L , por otro lado Zobba et al., (2011) establece que en equinos de polo en reposo el rango es de 250-2070 U/L, en el presente estudio en los caballos en reposo se obtuvo valores de 666,13 U/L con antioxidante y 657,0 U/L sin antioxidante, que se asemeja a lo descrito por el autor. En los caballos con un entrenamiento adecuado durante el deporte, la lactato deshidrogenasa se encuentra entre 600 - 800 U/L, (Muñoz et al., 2006). A comparación de esta investigación en la que los valores fueron de 714,38 U/L con antioxidante y 718, 38 U/L sin antioxidante, por lo que se podría decir que la adaptación y entrenamiento de los equinos del estudio son adecuados.

Los valores obtenidos en reposo sobrepasan los límites establecidos por Kaneko et al., (1997), lo que podría indicar la posible presencia de una miopatía, sin embargo la medición de este parámetro no se realizó 24 horas después que es lo recomendable para distinguir si es elevación fisiológica del deporte o una patología (Hinchcliff et al., 2013). Existen 5 isoenzimas de lactato deshidrogenasa que son provenientes de distintos órganos: 1 y 2 en miocardio y eritrocitos, 3 en el pulmón, 4 y 5 en músculo estriado e hígado (Aranda, 2010). Por lo que su aumento en reposo puede indicar la presencia de algún trastorno en alguno de los órganos mencionados con anterioridad.

8. Conclusiones

Al evaluar el efecto de la aplicación de antioxidante en equinos de la caballería cazadores de los ríos sometidos a una competencia de polo, sobre la frecuencia cardiaca y respiratoria, se pudo determinar que el antioxidante causa un menor aumento de la frecuencia respiratoria durante el ejercicio.

Por otro lado, la aplicación de antioxidante inmediatamente antes del ejercicio no tuvo efecto sobre las enzimas creatinquinasa (CK), lactato deshidrogenasa (LDH), y niveles del ácido láctico en las condiciones y tiempos en los que se realizó el estudio.

9. Recomendaciones

- Se recomienda la administración del antioxidante en tiempos diferentes a los realizados en el presente estudio, para observar si tiene un mayor efecto
- Se recomienda tomar los parámetros evaluados en este estudio, en un juego con una mayor duración de tiempo, ya que en este deporte se menciona que podrían llegar a ser de hasta 6 chukkers.
- Se recomienda la toma de los datos en distintos tiempos para evaluar si existen respuestas diferentes a los obtenidos en la presente investigación.
- Se recomienda la aplicación de antioxidantes en caballos previo a una competencia de polo, ya que mejora su rendimiento.

10. Bibliografía

- Avellini, L., Chiaradia, E., & Gaiti, A. (1999). Effect of exercise training, selenium and vitamin E on some free radical scavengers in horses (*Equus caballus*). *Comparative Biochemistry and Physiology. Part B, Biochemistry & Molecular Biology*, 123(2), 147-154. [https://doi.org/10.1016/s0305-0491\(99\)00045-0](https://doi.org/10.1016/s0305-0491(99)00045-0)
- Best, R. (2022). Within and Between-Tournament Variability in Equestrian Polo. *Journal of Equine Veterinary Science*, 119, 104144. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2022.104144>
- Best, R., & Standing, R. (2019). Performance characteristics of a winning polo team. *New Zealand Journal of Sport and Exercise Science*, 2(1), Article 1. <https://www.wintec.ac.nz/new-zealand-journal-of-sport-and-exercise-science/in-press/performance-characteristics-of-a-winning-polo-team>
- Boffi, F. (2007). Fisiología del ejercicio en equinos. (Inter-Médica).
- Briffa, S. (2019). Heart Rate Variability of Polo Horses in Malta in Different Training Periods [Thesis]. <http://huveta.hu/handle/10832/2374>
- Brummer, M., Hayes, S., Dawson, K., & Lawrence, L. (2013). Measures of antioxidant status of the horse in response to selenium depletion and repletion1. *Journal of Animal Science*, 91(5), 2158-2168. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5794>
- Calamari, L., Ferrari, A., & Bertin, G. (2009). Effect of selenium source and dose on selenium status of mature horses1,2. *Journal of Animal Science*, 87(1), 167-178. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0746>
- Casasnovas, A., Conde, T., & Fondevila, J. (2010). La exploración clínica del caballo. *Servet*. https://issuu.com/grupoasis/docs/expl_caballos.issuu
- Combs, G. F., Noguchi, T., & Scott, M. (1975). Mechanisms of action of selenium and vitamin E in protection of biological membranes. *Federation Proceedings*, 34(11), 2090-2095.
- Costa, I. (2022). Preparación física para el fitness y el deporte de rendimiento: Una mirada revisionista. <http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/handle/123456789/929>
- De la Cruz, E., Pino, J., Moreno, M., Cañadas, M., & Risueño, J. (2008). Micronutrientes antioxidantes y actividad física: Evidencias de las necesidades de ingesta a partir de las nuevas tecnologías de evaluación y estudio del estrés oxidativo en el deporte. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 13, 11-14.

Deraga, D. (2007). El caballo y el deporte. *Estudios Del Hombre*, 23, Article 23.

dos Santos, D. (2018). Desempenho físico de equinos soropositivos para anemia infecciosa equina. <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-BC6PMM>

Durando, M. (2019). Cardiovascular Causes of Poor Performance and Exercise Intolerance and Assessment of Safety in the Equine Athlete. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 35(1), 175-190. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2018.12.002>

Eberhardt, C. (2022). Patologías cardiovasculares en caballos con bajada de rendimiento. *Equinus: Medicina y cirugía equina*, 63, 60-70.

Escudero, P. (2021). Tratamiento de fractura sagital en la falange proximal del miembro posterior de un pony de polo, mediante fijación y compresión con tornillos corticales. [Bachelor Thesis, Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/10534>

Fernández, J., Da Silva, M., & Túnez, I. (2009). Estrés oxidativo inducido por el ejercicio. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 2(1), 19-34.

Figuroa, G., Rosiles, M., Romero, J., & Bautista, O. (1997). Interrelación del hierro, selenio y zinc en sangre y pelo de caballos con el tiempo de recuperación cardiaca después del ejercicio. 28, 3, 181-184.

FIP. (2018). Reglas internacionales de polo. <https://fippolo.com/grass-polo/>

Firth, E. C., Rogers, C. W., Perkins, N. R., Anderson, B. H., & Grace, N. D. (2004). Musculoskeletal responses of 2-year-old Thoroughbred horses to early training. 1. Study design, and clinical, nutritional, radiological and histological observations. *New Zealand Veterinary Journal*, 52(5), 261-271. <https://doi.org/10.1080/00480169.2004.36438>

Fitzharris, L., Hezzell, M., McConnell, A., & Allen, K. (2023). Training the equine respiratory muscles: Ultrasonographic measurement of muscle size. *Equine Veterinary Journal*, 55(2), 295-305. <https://doi.org/10.1111/evj.13598>

Frezza, M., Picco, S., Diaz, S., & Muriel, M. (2022). Lavaje broncoalveolar: Herramienta diagnóstica para afecciones del aparato respiratorio. La especie equina. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/206992>

Gil, A. (2010). *Tratado de Nutrición: Bases Fisiológicas y bioquímicas de la nutrición*. Ed. Médica Panamericana.

Gómez, C., Petró, P., Andaur, M., & Pérez, R. (2004). Medición post-ejercicio de variables fisiológicas, hematológicas y bioquímicas en equinos de salto holsteiner. XIV(3). <https://www.redalyc.org/pdf/959/95914309.pdf>

- Gómez, E., & Castillo, C. (2022). Caso clínico rabdomiólisis en caballo criollo colombiano [Unilasallista Corporación Universitaria]. <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/3364>
- Grace, N., Pearce, S., Firth, E., & Fennessy, P. (1999). Content and distribution of macro- and micro-elements in the body of pasture-fed young horses. *Australian Veterinary Journal*, 77(3), 172-176. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1999.tb11228.x>
- Guerrero, P., & Portocarrero, L. (2009). Determinación de frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, lactato deshidrogenasa, creatinquinasa y ácido láctico en caballos durante competencia de salto en la Sabana de Bogotá. 17, 37-52.
- Hauss, A., Stablein, K., Fisher, A., Greene, H., & Nout-Lomas, Y. (2014). Validation of the Lactate Plus Lactate Meter in the Horse and Its Use in a Conditioning Program. *Journal of Equine Veterinary Science*, 34(9), 1064-1068. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2014.06.006>
- Hill, R., Wyse, G., & Anderson, M. (2006). *Fisiología Animal*. Ed. Médica Panamericana.
- Hinchcliff, K., Kaneps, A., & Geor, R. (2013). *Equine Sports Medicine and Surgery E-Book: Equine Sports Medicine and Surgery E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Hodgson, D., McKeever, K., & McGowan, C. (Eds.). (2014). *The Athletic Horse* (2.a ed.). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-0075-8.00002-2>
- Hoyos, J., Hernández, D., Vargas, S., & Franco, E. (2020). Descripción de la frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y parámetros hematológicos en caballos de paso colombianos entrenados con natación en piscina. *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.25213/2216-1872.27>
- Kaneko, J., Harvey, J., & Bruss, M. (Eds.). (2008). *Clinical Biochemistry of Domestic Animals* (Sixth Edition) (6.a ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370491-7.00035-0>
- King, A., & Ecker, G. (2023). The horse health check. <https://thehorseportal.ca/wp-content/uploads/2023/03/Horse-Care-Infosheet-Horse-Health-Check.pdf>
- Kirschvink, N., Moffarts, B. de, & Lekeux, P. (2008). The oxidant/antioxidant equilibrium in horses. *The Veterinary Journal*, 177(2), 178-191. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.07.033>
- Klein, B. G. (2020). *Cunningham. Fisiología Veterinaria*. Elsevier Health Sciences.

- Klein, D., McKeever, K., Mirek, E., & Anthony, T. (2020). Metabolomic Response of Equine Skeletal Muscle to Acute Fatiguing Exercise and Training. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2020.00110>
- Kozłowska, N., Wierzbicka, M., Jasiński, T., & Domino, M. (2022). Advances in the Diagnosis of Equine Respiratory Diseases: A Review of Novel Imaging and Functional Techniques. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 12(3), 381. <https://doi.org/10.3390/ani12030381>
- Laguado, J., & Sayago, J. (2022). Correlación entre parámetros fisiológicos y niveles de cortisol en saliva de caballos criollos colombianos en entrenamiento del criadero la Rosa del Municipio de Ocaña, Norte de Santander, 2021-2022. <https://repositorio.udes.edu.co/entities/publication/bd792523-b042-4aa0-8f15-cde3a68ca3d2>
- Löfstedt, J. (1997). White muscle disease of foals. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 13(1), 169-185. [https://doi.org/10.1016/s0749-0739\(17\)30262-6](https://doi.org/10.1016/s0749-0739(17)30262-6)
- López, D., & Ramírez, J. (2022). Técnicas de rehabilitación y entrenamiento usadas en medicina deportiva equina: Una revisión de literatura. <https://hdl.handle.net/11059/14318>
- Lopez, J., & Serrano, A. (1998). Composición fibrilar del músculo Gluteusmedius en equinos con distinto historial en carreras de resistencia. *Archivos de medicina veterinaria*, 30(1), 115-123. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X1998000100013>
- Loving, N. (2010). Todos los sistemas del caballo. Editorial HISPANO EUROPEA.
- MacLeay, J., Valberg, S., Pagan, J., Xue, J., De La Corte, F., & Roberts, J. (2000). Effect of ration and exercise on plasma creatine kinase activity and lactate concentration in Thoroughbred horses with recurrent exertional rhabdomyolysis. *American Journal of Veterinary Research*, 61(11), 1390-1395. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2000.61.1390>
- Maddison, L., Karjagin, J., Tenhunen, J., Kirsimägi, U., & Starkopf, J. (2014). Moderate intra-abdominal hypertension leads to anaerobic metabolism in the rectus abdominis muscle tissue of critically ill patients: A prospective observational study. *BioMed Research International*, 2014, 857492. <https://doi.org/10.1155/2014/857492>
- Marr, C. (2015). The Equine Neonatal Cardiovascular System in Health and Disease. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 31(3), 545-565. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2015.09.005>

- Mazan, M. (2022). Equine exercise physiology—Challenges to the respiratory system. *Animal Frontiers*, 12(3), 15-24. <https://doi.org/10.1093/af/vfac035>
- Meyer, D., & Harvey, J. (1998). *Veterinary Laboratory Medicine: Interpretation & Diagnosis (Segunda)*. Saunders.
- Molina, B. (2022). Prevalencia de Burkholderia mallei en equinos Equus caballus con ELISA de doble antígeno [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23689>
- Muñoz, A., Trigo, P., & Satué, K. (2006). Perfiles hematológicos y bioquímicos aplicados al caballo de deporte: Cambios con el ejercicio y el entrenamiento. *Equinus*.
- Muriel, M., Ferreira, V., & Hernández, H. (2022). *Manual de enfermedades de los equinos*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). <https://doi.org/10.35537/10915/133157>
- Navas de Solis, C. (2019). Cardiovascular Response to Exercise and Training, Exercise Testing in Horses. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 35(1), 159-173. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2018.11.003>
- Nunes, F., Dantas, M. , Queiroz, I. , de, Silva, L., da, Sousa, F., & Alves, M. (2015). Atividade sérica de enzimas musculares Ast, Ldh e Ck em equinos submetidos à diferentes tipos de esforço físico na Região de Imperatriz-MA. *Pubvet*, 9(12), Article 12. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v9n12.511-520>
- Parkes, R., Weller, R., Pfau, T., & Witte, T. (2019). The Effect of Training on Stride Duration in a Cohort of Two-Year-Old and Three-Year-Old Thoroughbred Racehorses. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 9(7), 466. <https://doi.org/10.3390/ani9070466>
- Prada, Á. (2018). *Corazón, salud y ejercicio*. Ministerio de Educación (España). <https://centroderecursos.educarchile.cl/handle/20.500.12246/53799>
- Pritchard, A., Barthel, S., & Ferguson, D. (2020). Cardiorespiratory responses reach vigorous-intensity levels during simulated gameplay of arena polo. *Translational sports medicine*, 3(3), 250-255. <https://doi.org/10.1002/tsm2.128>
- Reece, W. (2015). *Dukes fisiología de los animales domésticos*. Editorial Acribia, S.A.
- Reed, S. (2022). Horses as athletes: The road to success. *Animal Frontiers*, 12(3), 3-4. <https://doi.org/10.1093/af/vfac024>
- Reed, S., Bayly, W., & Sellon, D. (2009). *Equine Internal Medicine - E-Book: Equine Internal Medicine - E-Book*. Elsevier Health Sciences.

- Reef, V., Davidson, E., Slack, J., & Stefanovski, D. (2020). Hypercapnia and hyperlactatemia were positively associated with higher-grade arrhythmias during peak exercise in horses during poor performance evaluation on a high-speed treadmill. *The Veterinary Journal*, 266, 105572. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2020.105572>
- Richardson, S. M., Siciliano, P. D., Engle, T. E., Larson, C. K., & Ward, T. L. (2006). Effect of selenium supplementation and source on the selenium status of horses¹. *Journal of Animal Science*, 84(7), 1742-1748. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-413>
- Rivero, L. (2014). Síndrome de fatiga y sobreesfuerzo en caballos. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_equinos/Enfermedades/34-fatiga.pdf
- Sandoval, E. (2022). Determinación de la composición electrolítica antes y después del entrenamiento físico en equinos mestizos de la estación experimental Tunshi. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17846>
- Sandoval, G. M., & Arias, M. (2008). Evaluación del estado físico de caballos de salto mediante algunas variables fisiológicas. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 3(2), Article 2.
- Scott, B., & Martin, M. (2016). Understanding Vital Life Signs in Horses. <https://texaseden.org/disaster-resources/wp-content/uploads/2010/09/understanding-vital-life-signs-in-horses.pdf>
- Shecterle, L., & Cyr, J. (2022). Cambios de energía metabólica durante el ejercicio en equinos.
- Sisson, S., & Getty, R. (2002). *Anatomía de los animales domésticos t.1*. Elsevier España.
- Tomaszewska, K., Wierzbicka, M., Masko, M., & Gajewski, Z. (2019). A resting and dynamic endoscopy as diagnostic tools in decreasing training capacity in horses—a review. 34(4). http://wydawnictwo.uwm.edu.pl/uploads/documents/czytelnia/natural_science/Polish%20Journal%204-2019.pdf#page=145
- Valberg, S. (2019). Muscle Disorders in Horses—Horse Owners. *MSD Veterinary Manual*. <https://www.msdsvetmanual.com/horse-owners/bone,-joint,-and-muscle-disorders-in-horses/muscle-disorders-in-horses>
- Villavicencio, W. (2018). Guía de diseño de instalaciones deportivas. 7.

Yanez, W. (2023). Lactato sanguíneo y creatinquinasa como factores de rendimiento en equinos de la policía montada, zona 1 – Ecuador [Master Thesis, Ecuador : Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <http://localhost/handle/27000/10479>

Zobba, R., Ardu, M., Niccolini, S., Cubeddu, F., Dimauro, C., Bonelli, P., Dedola, C., Visco, S., & Pinna Parpaglia, M. L. (2011). Physical, Hematological, and Biochemical Responses to Acute Intense Exercise in Polo Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(9), 542-548. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.010>

11. Anexos



Anexo 1. Partido de polo



Anexo 2. Administración de antioxidante



Anexo 3. Toma de frecuencia cardiaca



Anexo 4. Toma de frecuencia respiratoria



Anexo 5. Toma de muestras sanguíneas



*Anexo 6. Medición de lactato con Lacto Spark[®]
(Sensacore - Telangana India).*



Anexo 7. Muestras sanguíneas para la medición de enzimas sanguíneas

DETEK-TA
LABORATORIO CLÍNICO

0103-66002

Nombre: PROFIRIO FRE
 Doc. Id:
 Edad: 1 Años 0 Meses
 P. Nacl: 13/10/2022 01:00:00
 Sexo: MASCULINO

Dr. (a) NO REFIERE
 Fecha de Ingreso: 14/10/2023 10:35
 Fecha de Emis: 10/14/2023 11:07

Examen	Resultado	Unidades	Referencia
BIOQUÍMICA			
CK Método: ESPECTROFOTOMETRÍA	224.2	U/L	0.00 - 190.00
DESHIDROGENASA LÁCTICA	661	U/L	214.00 - 450.00
CK - POST	225.9		
DESHIDROGENASA LÁCTICA - POST Método: ESPECTROFOTOMETRÍA	550		

Val: Ppt1 MSc. ANDRÉS TORRES

LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS
DETEK-TA

VERIFICAR RESULTADO

Cada vez que se realiza un análisis de laboratorio, se debe verificar el resultado de la prueba y validarlo.

Página 1 de 1





Anexo 8. Valores de referencia de exámenes sanguíneos para CK Y LDH

Loja, 29 de febrero de 2024

Yo, Elyan Miguel Torres Cabrera, con número de cédula 1150175055, Licenciado en Ciencias de la Educación con Mención en Inglés.

CERTIFICO:

Haber realizado la traducción textual del documento adjunto, correspondiente al trabajo de titulación denominado: **Determinación del efecto de un antioxidante en parámetros fisiológicos, enzimas musculares y ácido láctico en equinos mestizos de polo**, elaborado por Ashlye Karolina Chuquimarca Jimenez, con número de cédula 1104933898.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, facultando al portador el presente documento para el trámite correspondiente.

Atentamente. -



Lic. Elyan Torres Cabrera
C.I: 1150175055
Telf.: 0984661493
Correo electrónico: torreselian737@gmail.com

Anexo 9. Certificado de traducción de resumen del Trabajo de Integración Curricular