



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria

Evaluación de estrés oxidativo y aplicación de antioxidante durante ejercicio intenso de corta duración.

Trabajo de Integración Curricular previa
a la obtención del título de Médico
Veterinario.

AUTOR:

Bryan Alexander Castillo Ramón

DIRECTORA:

DVM. Elena Carolina Serrano Recalde M.Sc, PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 09 de abril de 2023

DVM Elena Carolina Serrano Recalde M.Sc, PhD

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **“Evaluación de estrés oxidativo y aplicación de antioxidante durante ejercicio intenso de corta duración”** de autoría de la estudiante **Bryan Alexander Castillo Ramón**, con cédula de identidad Nro. **1900480250**, previa a la obtención del título de **MÉDICO VETERINARIO**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, apruebo y autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

DVM. Elena Carolina Serrano Recalde. M.Sc, PhD.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Bryan Alexander Castillo Ramón**, 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 de la misma. 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: 1900480250

Fecha: 09 de febrero del 2023

Correo electrónico: bryan.a.castillo@unl.edu.ec

Teléfono o Celular: 0939577501

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

Yo, **Bryan Alexander Castillo Ramón**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **“Evaluación de estrés oxidativo y aplicación de antioxidante durante ejercicio intenso de corta duración”**, como requisito para optar el título de Médica 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 de la siguiente manera 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 dieciocho días del mes de mayo del dos mil veintitrés.



Firma:

Autor: Bryan Alexander Castillo Ramón

Cédula: 1900480250

Dirección: Av. Villonaco sector obrapía, Loja.

Correo electrónico: bryan.a.castillo@unl.edu.ec

Teléfono: 09339577501

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Directora del Trabajo de Integración Curricular: DVM. Elena Carolina Serrano Recalde M.Sc, PhD

Dedicatoria

Doy gracias a Dios y dedicar mi triunfo al por brindarme salud y vida, gracias a él dedico de manera especial a mis queridos padres; a **Gloria María** la mujer quien me brinda su apoyo moral e incondicional en mis emociones, impulsando mis sueños con lágrimas de nostalgia que hemos pasado, pero siempre motivándonos a salir de esas, te amo gracias por tus caricias y consuelos cuando más te eh necesitado. A mi padre **Walter Julio** quien me aconseja y me apoya en lo económico como en lo moral gracias padre mío te amo. Pido a Dios que les de amor y sabiduría en los momentos más difíciles.

A mis hermanos **Jeremy German** por haberme apoyado a distancia motivándome en mis momentos menos felices, gracias por ayudarme cuando necesitaba de tus mensajes, risas y las visitas que me he sentido feliz por verte una vez más y **Walter Dalembert**, por haberme apoyado en casa en los momentos que más te necesite a ustedes quienes valoran mi desempeño.

A ti, **Viviana Chalan** por brindarme tu amor en momentos más afligidos, por tenerme fe, en mí potencial, por alentarme cuando dudaba de mí mismo e iniciar conmigo este camino y por no haberme soltado la mano cuando más te he necesitado.

Estoy seguro en alcanzar mejores días para el porvenir, hacer realidad mis grandes deseos y corresponder a mi sacrificio.

Bryan Alexander Castillo Ramón

Agradecimiento

Agradecer a Dios, por regalarme salud todos los días por mantenerse plenamente con vida con las personas que me rodean y entregar mis conocimientos a quienes me conocen día a día por derramar tu bendición cada día de mi vida. **Gracias Diosito.**

Con gratitud expreso mis agradecimientos al pilar fundamental de mi vida, mi familia. Por educarme siendo un hombre fuerte e inteligente y sobre todo por apoyarme a cumplir cada uno de mis sueños y por impulsarme hacer cada día mejor en mi profesión en lo diario.

Agradezco a la **Dra. Elena Carolina Serrano Recalde**, por inculcarme en sus conocimientos y ser la mejor directora de tesis de la carrera de Medicina Veterinaria, es muy especial para mí, ya que me ha formado con plenitud, orden, disciplina y convicción en lo académico, un ejemplo a seguir con admiración y con su ayuda me sumó aún más mis sueños y aspiraciones. Estoy plenamente agradecido de usted y con mi mayor respeto para toda mi vida me guardo un gran recuerdo en esta etapa de mi vida, le deseo el mejor éxito en su vida profesional y familiar.

Agradezco al **Grupo de Caballería Mecanizada N°18 “Cazadores de los Ríos”**, por haberme dado la oportunidad de realizar mi trabajo de campo, especialmente al **Dr. Mayor Andrés Bermeo** por brindarme sus conocimientos en práctica, logrando terminar una gran parte importante de mi carrera y agradecer a todas aquellas personas que pertenecen a la institución y deseando el mayor de los éxitos.

Agradezco al **Cbo1. Ángel Aguzaca** por haber formado parte de este gran proyecto y equipo junto a la doctora y personal militar que por haberme enseñado con disciplina y pasión en prácticas de equitación con los animales en protección a las prácticas realizadas y por ser un gran ser humano y ejemplo a seguir concediendo mis mayores de los éxitos en su vida profesional.

Y por último agradecer a la **Carrera de medicina veterinaria** y a todos los docentes quienes me han inculcado en mis conocimientos desde el primer ciclo hasta el momento deseándoles muchos éxitos y llenos de salud en sus vidas, por sus sabias enseñanzas que fortalecieron mi formación profesional.

Bryan Alexander Castillo Ramón.

Índice de contenidos

Portada.....	i
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
2.1 Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico.....	5
4.1 Fisiología del aparato locomotor del equino.....	5
4.1.1 <i>Aparato locomotor</i>	5
4.1.2 <i>Sistema musculo esquelético</i>	5
4.1.3 <i>Sistema cardiovascular</i>	6
4.1.4 <i>Sistema respiratorio</i>	7
4.1.5 <i>Respuesta al ritmo cardiaco y respiratorio después del esfuerzo físico</i> ...	8
4.2 Metabolismo energético.....	9
4.2.1 <i>Vía aeróbica</i>	10
4.2.2 <i>Vía anaeróbica</i>	10
4.3 Metabolismo del ácido Láctico.....	11
4.3.1 <i>Ciclo de Krebs</i>	12
4.3.2 <i>Ciclo de Cori</i>	13
4.4 Estrés oxidativo y Radicales libres	13
4.5 Solución iónica baleada y lactato de ringer	14
5. Metodología.....	16
5.1 Áreas de Estudio	16
5.2 Procedimiento	16
5.2.1 <i>Enfoque Metodológico</i>	16
5.2.2 <i>Procesamiento y análisis de la información</i>	16
5.2.3 <i>Diseño de la Investigación</i>	17

5.2.4	<i>Tamaño de la Muestra y Tipo de Muestreo</i>	17
5.2.5	<i>Técnicas</i>	17
6.	Resultados	20
6.1	Frecuencia cardiaca y respiratoria	20
6.2	Temperatura	20
6.3	Presión arterial Sistólica, diastólica y pulso	21
6.4	Tiempo de llenado capilar (TLC) y tiempo de recuperación del pliegue cutáneo (TRCP).....	21
6.5	Lactato deshidrogenasa (LDH)	21
6.6	Glucosa	22
6.7	Eritrocitos.....	23
6.8	Hemoglobina.....	23
6.9	Hematocrito	24
7.	Discusión	25
8.	Conclusiones	29
9.	Recomendaciones	30
10.	Bibliografía	31
11.	Anexos	43

Índice de figuras

Figura 1. Recorrido y distancia de los equinos.....	16
Figura 2. Caballería Cazadores de los Ríos.....	16
Figura 3. Esquema experimental.....	18
Figura 4. Media \pm desviación estándar de frecuencia cardiaca (lpm) de equinos.....	20
Figura 5. Media \pm desviación estándar de frecuencia respiratoria (rpm) de equinos..	20
Figura 6. Media \pm desviación estándar de temperatura ($^{\circ}$ C) de equinos.....	21
Figura 7. Media \pm desviación estándar del pulso de equinos	21
Figura 8. Media \pm desviación estándar de niveles de LDH de equinos.....	22
Figura 9. Media \pm desviación estándar de niveles de glucosa de equinos	22
Figura 10. Media \pm desviación estándar de eritrocitos de equinos (n=8).....	23
Figura 11. Media \pm desviación estándar de hemoglobina de equinos (n=8)	23

Índice de anexos

Anexo 1. Determinación de FC, FR, T°, TLC, TRPC, presión arterial.....	43
Anexo 2. Aplicación de antioxidante y lactato de ringer previo al ejercicio.	43
Anexo 3. Toma de muestras de sangre	43
Anexo 4. Analizador bioquímico por espectrofotometría automatizada y reactiva	43
Anexo 5. Analizador hematológico (RT-7600, RAYTO®, China).	44
Anexo 6. Recorrido y distancia durante el ejercicio	44
Anexo 7. Toma de muestras de sangre.	44
Anexo 8. Determinación de frecuencia cardíaca y respiratoria durante el ejercicio	44
Anexo 9. Post-ejercicio	45
Anexo 10. FC, FR, PA y TLC.	45
Anexo 11. Variable hematocrito no existió un efecto del tratamiento.....	46
Anexo 12. Consideraciones éticas.....	46
Anexo 13. Certificado de traducción de resumen del Trabajo de Integración Curricular	47
Anexo 14. Valores de referencia de laboratorio.....	48
Anexo 15. Valores de referencia de laboratorio.....	49

1 Título

Evaluación de estrés oxidativo y aplicación de antioxidante durante ejercicio intenso de corta duración

2 Resumen

La actividad física de alta intensidad, causa un aumento del metabolismo celular lo que provoca radicales libres (ROS) y genera estrés oxidativo en un déficit de antioxidantes. El objetivo de este estudio fue analizar el efecto del uso de antioxidante en caballos de polo antes, durante y después del ejercicio intenso de corta duración mediante la evaluación de constantes fisiológicas, valores hematológicos, niveles de lactato deshidrogenasa y glucosa. Equinos sanos (n=8) entre 5 y 15 años de edad, fueron asignados en un diseño cruzado “*crossover*” para recibir lactato de ringer o antioxidante a base de Se, Mg, Ca y K antes del ejercicio. El trabajo físico fue realizado en una distancia de 6,75 Km durante 1 hora a 12 km/h y altitud entre 2100 a 2279 msnm. Todos los animales pasaron por ambos tratamientos. Se midió la frecuencia cardíaca y respiratoria mediante estetoscopio, temperatura con termómetro, presión arterial con tensiómetro y se observó tiempo de llenado capilar. La biometría hemática, eritrocitos, hemoglobina y hematocrito se determinaron mediante un analizador hematológico (RT-7600, RAYTO®, China), lactato deshidrogenasa (LDH) y glucosa por espectrofotometría (cobas c311, Roche®, Japón). El análisis estadístico se realizó mediante un modelo mixto (SAS, 2023). No hubo efecto del tratamiento ($P > 0,05$), sin embargo existió un efecto del tiempo ($P < 0,05$) donde se observó un aumento de frecuencia cardíaca, respiratoria, LDH y disminución de la glucosa durante y post-ejercicio. Además hubo aumento de T° , hematíes y hemoglobina post-ejercicio. El uso de antioxidantes es recomendado para mejorar la condición física y disminuir la oxidación en el músculo previo a un ejercicio de alta intensidad, sin embargo en el presente estudio se concluye que no hubo efecto del tratamiento, con las dosis utilizadas en los equinos realizando este tipo de actividad.

Palabras clave: Lactato deshidrogenasa, radicales libres, lactato de ringer, glucosa, hemoglobina, eritrocitos.

2.1 Abstract

The type of maximum intensity physical exercise exerted by equines, free radicals (ROS) generate a cellular metabolism by means of odd electrons that causes oxidative stress, with a deficit of antioxidants. The aim of this study was to analyse the effects of antioxidant use in polo horses before exercise and to evaluate their response to supplementation applied before, during and after intense exercise of short duration with evaluation of physiological constants and haematological values. Healthy mare and mongrel horses (n=8) aged 5-15 years, in optimal body condition, were assigned in a two-group crossover design to receive ringer's lactate saline solution (RLS) and antioxidant based on Se, Mg, Ca and K before exercise, with a distance of 6.75 km for 1 hour at 12 km/h and altitude between 2100 and 2279 m. All animals underwent the treatments. All the animals went through the treatments. The physiological constants were analysed in the determined times of FC, FR, T°, PA, TLC and TRCP. By stethoscope, thermometer and tensiometer. Haematological values for haematological biometry erythrocytes, haemoglobin and haematocrit were determined by EDTA tubes and without anticoagulant for LDH and glucose determined by spectrophotometry. Statistical analysis was performed using a mixed model (SAS, 2023). There is no significant difference in the treatments applied during exercise ($P > 0.05$), however there is an effect over time ($P < 0.05$) HR, RF, T°, PAP, LDH, glucose, red blood cells and (HB) during and post-exercise. The increase in haematological values and physiological constants generated during exercise, is presented in the production of LDH accumulated in the peak of maximum intensity, on the other hand the decrease in the values at rest is maintained in normal ranges in healthy equines, as they then generate the normal stability of the equines after maximum effort exercise. The application of the treatments was successfully achieved, in addition to being considered products that can be applied or not before a competition, so that physiologically they act normally in healthy horses. Inhibiting the production of free radicals.

Key words: Lactate dehydrogenase, free radicals, antioxidant, ringer's lactate.

3 Introducción

La musculatura proporciona energía durante el movimiento, consiste de fibras que realizan contracciones lentas y rápidas dependientes del trabajo aeróbico o anaeróbico (Mckenzie, 2011). La producción de energía de un organismo ocurre a través del metabolismo celular (Valko et al., 2007). El estrés oxidativo genera radicales libres, también conocidos como especies reactivas de oxígeno (ROS) (Inoue et al., 2005), como resultado de un mecanismo antioxidante deficiente, procesos de isquemia reperfusion, oxidación de la hemoglobina y mioglobina, entre otros (Vollaard et al., 2005).

El tipo de alimentación, ambiente, sobreesfuerzo físico y ausencia de antioxidantes son factores que influyen en la producción de ROS (Alkadi, 2018a). El aumento de ROS degrada las células más jóvenes alterando la funcionalidad del músculo perjudicando el ácido desoxirribonucleico, lípidos y proteínas (Finaud et al., 2006).

En equinos, al realizar un trabajo físico intenso o prolongado, los niveles de glucosa disminuyen (Lewis et al., 2017), ocasionando aumento de los niveles de lactato en el músculo (Ramzan, 2014), y genera formación de radicales libres por estrés oxidativo debido al metabolismo celular, lo que ocasiona fatigas musculares, deshidratación y miositis crónica (Minami et al., 2011). Estudios demuestran que la aplicación de antioxidantes previo a una competencia ayuda al rendimiento muscular, protección de los miocitos, aumento energético, mejorando la salud e inhibiendo los ROS (Shapoval & Gromovaya, 2003; Cheng et al., 2020).

Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue: analizar los efectos del uso de antioxidante en caballos de polo, evaluar sus constantes fisiológicas, valores hematológicos, niveles de lactato deshidrogenasa y glucosa antes, durante y después del ejercicio intenso de corta duración.

Como hipótesis planteada de este estudio: mediante la aplicación de antioxidantes antes del ejercicio intenso de corta duración, mejorando el desempeño físico y fisiológico de caballos de polo evitando un desbalance de LDH/glucosa.

4 Marco Teórico

4.1 Fisiología del aparato locomotor del equino

4.1.1 Aparato locomotor

El equino mantiene técnicas de flexibilidad, impulso y rapidez, dependiendo del tipo de disciplina a realizar es principalmente a la cualidad que ejerce al deporte (Klein et al., 2021a). Estas disciplinas están asociadas a la salud física y bienestar del equino (McIlwraith et al., 2011). Sin embargo. La capacidad aeróbica de los caballos está implicadas en la ventilación o transporte de oxígeno en las vías respiratorias (Gray, 2022).

El aparato locomotor del cuerpo equino está compuesto por órganos somáticos, tales como las articulaciones, ligamentos y tendones, huesos y músculos, actuando durante la locomoción que se encuentran en un estado de funciones aerobias y anaerobias (Reyes-Bossa et al., 2020). Los músculos son fibras compuesta de microfibras, cuya función ayuda a la flexibilidad y elasticidad sobre las articulaciones para diversos mecanismos, la biomecánica de los miembros anteriores y posteriores conllevan a la fuerza en regiones proximales y distales (Levine, 2015).

Para los trabajos intensos las articulaciones durante el movimiento cumplen energéticamente propiedades de contracción, flexión y extensión (Ropka-Molik et al., 2017). La energía elástica con fibras delgadas, tendones largos, logran metabólicamente que los músculos aumenten de tamaño (Ujueta Rodríguez, 2019). Durante el ejercicio el proceso muscular se desarrolla potencialmente por el volumen que se genera, por lo tanto los miembros posteriores ejercen la fuerza o el impulso y los miembros anteriores ejercen el peso del animal sobre un mecanismo (Klein et al., 2021b).

4.1.2 Sistema musculo esquelético

Este tipo de tejido se le denomina músculo estriado, dividiéndose en músculo esquelético como función sobre el aparato locomotor cuya acción es de manera voluntaria conformada por actina y miosina (Marr, 2015). Por otro lado, el músculo cardíaco es el que tapiza el corazón en función de las contracciones del bombeo de la sangre y el músculo liso es el encargado de dar movimientos a nivel visceral, por ejemplo el estómago (Bonagura, 2019).

El músculo cumple funciones de proporcionar una fuente de energía en el movimiento, son fibras que realizan contracciones lentas y rápidas netamente a niveles aeróbicos y anaeróbicos (Mckenzie, 2011). El glucógeno se almacena en el hígado y permite el mantenimiento de la glucosa en sangre para generar energía, por ello cuando ocurren las contracciones musculares después de realizar un ejercicio intenso o prolongado, disminuye la glucosa (Lewis et al., 2017), ocasionando niveles elevados de lactato en el músculo y conllevan a la fatiga muscular (Ramzan, 2014).

La maduración por el crecimiento y la edad, los músculos generan una capacidad oxidativa que mejora la actividad enzimática sobre el crecimiento de los miocitos, el contenido de las miofibrillas formado por filamentos pequeños y delgados se denomina miosina, donde ocurre la contracción, extensión y elasticidad (Park et al., 2021).

El umbral del metabolismo anaeróbico incrementa la capacidad de los músculos por velocidad que existe sobre las contracciones hacia aquellas fibras musculares con un metabolismo glucolítico y muscular al oxígeno, obteniendo la potencia en la capacidad oxidativa de eliminar el lactato (Boakari et al., 2021). Cuando aumenta los radicales libres ocasiona una atrofia muscular en fuerza de las fibras que se generan en animales con déficit de antioxidantes y mala condición corporal (Vargas, 2019). El citrato sintasa (CS), malato deshidrogenasa (MDH) y succinato deshidrogenasa (SDH) intervienen en la oxidación (Valberg et al., 2022).

4.1.3 Sistema cardiovascular

El oxígeno es la función más importante en el sistema cardiovascular en animales atléticos, el aumento de la frecuencia cardíaca durante un ejercicio intenso genera fisiológicamente rangos normales en reposo de 32 a 40 L/min llegando hasta una máxima intensidad de 350 L/min (Barrena, 2022). Otros autores mencionan que la frecuencia cardíaca en reposo los valores oscilan entre 20 - 40 l.p.m, durante el ejercicio pueden aumentar picos de 90-120- 220 l/min en caballos de élite de máxima competencia diferentes en la edad, raza, condición corporal y el nivel de entrenamiento (Franklin et al., 2006).

La exploración del paciente previo al ejercicio a nivel cardiovascular se diagnostica por medio de exámenes complementarios a electrocardiograma o la utilización de un estetoscopio, de prevenir posibles enfermedades cardiovasculares de arritmias, insuficiencias cardíacas, neumonías o bronquitis antes de ejercer mecanismos físicos (Fernandez, 2017). La relación del ritmo cardíaco en animales sanos cumple funciones con el músculo del corazón, que bombea la sangre por todo el cuerpo los latidos y las pulsaciones (TRAININI1 et al., 2022).

La sangre venosa o con poco oxígeno llega al corazón por medio de las venas cavas superior e inferior, recorriendo por la aurícula derecha y ventrículo derecho y a partir de ahí es

expulsada a la arteria pulmonar hasta los pulmones donde se realiza el intercambio gaseoso, de CO₂ a O₂ llegando a las venas pulmonares a la aurícula izquierda y ventrículo izquierdo para llevar el oxígeno al resto del cuerpo (Afonso et al., 2018).

No obstante, en el caballo la cantidad de sangre que bombea durante el latido puede duplicarse hasta 300 l/minuto, el gasto cardiaco y el tiempo que los eritrocitos se transportan hacia los capilares produciendo O₂ sobre el músculo (Ryan et al., 2020). Los eritrocitos y la hemoglobina al aumentar sus valores cambian fisiológicamente en estados de excitación que en reposo (Ramzan, 2014).

La relación del pulso y el ritmo cardiaco son mecanismos que ocurren en metabolismos aeróbicos y anaeróbicos de los equinos (Boffi, 2008). Por otro lado, el tipo de ambiente donde habitan es un punto clave para determinar rangos altos o bajos si se presentan climas fríos o cálidos. Liberando adrenalina en temperaturas bajas y noradrenalina en temperaturas altas, estimulando la termorregulación desde el hipotálamo ya que el calor produce una vasodilatación originando una hipotensión arterial en relación del ritmo cardiaco y el pulso (Atiés et al., 2015).

4.1.4 Sistema respiratorio

La energía se encuentra sobre los niveles intramusculares como reserva, cuando en las especies de animales domésticas dependen de diversas características propias de una capacidad aeróbica (Votion et al., 2010). El rendimiento deportivo requiere de la funcionalidad cardiovascular, musculoesquelética y respiratoria, con adaptación por el suministro de oxígeno en sangre como transporte al músculo y de mantener los procesos de contracción muscular (Boffi, 2008).

Las vías aéreas del equino están compuestas por los ollares, la cavidad nasal, faringe, laringe, tráquea, bronquios, bronquiolos y alveolos, cuya función del intercambio de CO₂ a O₂, aportando durante el ejercicio incrementando la frecuencia respiratoria (Couetil et al., 2021). Durante el ejercicio existe un aumento de la inspiración (> 20 y 90 veces) mediante el grosor y la longitud del músculo del diafragma para generar fuerzas durante la inspiración (Manohar, 1987).

La capacidad oxidativa que se genera en el músculo durante la actividad física de alta intensidad, produce que la ventilación mediante las contracciones active el aumento de tamaño en relación con el ritmo cardiaco y respiratorio (McIlwraith et al., 2011). La presión negativa en las vías respiratorias, produce que el aire a nivel pulmonar las vías aéreas disminuya y se expanda, en cambio durante la exhalación hace una presión positiva que mueve el aire hacia afuera, dilatando las vías, lo que disminuye la resistencia (Votion et al., 2010).

Cuando el equino está en reposo antes de realizar el ejercicio se debe verificar que no existan secreciones que generan enfermedades respiratorias sobre las fosas nasales. Para evitar una disfunción en la ventilación por ejercicio intenso mediante la palpación, los linfonodos submaxilar del sistema respiratorio y la auscultación pulmonar se recomienda realizar previo a las constantes fisiológicas (Hewson & Arroyo, 2015). El flujo de aire por el aumento de una presión intrapleural genera mayores inspiraciones y espiraciones, produciendo posibles anoxias o una reducción en la producción de CO₂ (Evans & Rose, 1988).

Sin embargo, la frecuencia varía con la edad, el metabolismo, sexo y raza. Pueden existir factores que ocasionen efectos en la frecuencia como los estados de excitación, miedo o placer (Indahningrum et al., 2020). En reposo un caballo puede almacenar alrededor de 60 litros de aire por minuto, durante el ejercicio intenso aumenta hasta 1400-1800 L/min, y con el ejercicio máximo hasta 3000 L/min (Francisco & Montijano, 2019), es decir que la cantidad de aire que es exhalado e inhalado surge el flujo de aire que conlleva al aumento de volumen de los pulmones determinados con ventiladores mecánicos. La frecuencia respiratoria en reposo es alrededor de 12 a 16 r.p.m y hasta 120 r.p.m en esfuerzo físico (Uchida-Fujii et al., 2021).

4.1.5 Respuesta al ritmo cardiaco y respiratorio después del esfuerzo físico

La adecuada alimentación e hidratación son importantes para que un equino pueda completar una prueba aeróbica de 160 km, evitando el agotamiento y mantener el estado físico (Hinchcliff et al., 2013). Sin embargo durante el ejercicio físico basado en la velocidad y resistencia, existe un aumento de los valores de biometría hemática de los observados en reposo (Hovey et al., 2021).

El deporte está enfocado sobre la fisiología del esfuerzo, desde la anatomía del cuerpo y las estructuras en funciones que alteran a continuos cambios agudos y crónicos sobre el ejercicio. Sobre la fisiología del deporte implica al entrenamiento del caballo o humano deportista, mejorando el rendimiento deportivo, por lo tanto la fisiología del esfuerzo es una rama que conjuga de la fisiología del deporte (Wilmore & Costill, 2014).

La disciplina deportiva permite alcanzar con éxito una función óptima del músculo, condiciones metabólicas para confirmar durante el diagnóstico la evaluación de creatina quinasa (CK), lactato deshidrogenasa (LDH) y aspartato transaminasa (AST) (Mickelson & Valberg, 2015). La fatiga muscular por ejercicio de corta duración y alta intensidad en caballos pura sangre, cuarto de milla y estándar son caballos que están dispuestos a obtener fallos en la producción de energía, aumentando radicales libres y disminución de (ATP) (Hodgson et al., 2014).

Para evitar problemas podales o debilidad muscular sobre la condición corporal el ejercicio de larga duración es la disciplina con habilidades que el glucógeno muscular limita alteraciones sobre la capacidad del caballo para seguir ejercitándose, de la misma manera el ejercicio de larga distancia es una disciplina que impone exigencias termorreguladoras (Hodgson et al., 2014). En el ejercicio, el flujo sanguíneo del músculo esquelético incrementa, generando aumento del gasto cardiaco del nivel de reposo, la alta frecuencia cardiaca y cambios de volumen sistólico alcanzan promedios máximos de 100 - 140 lt/min (Duncker & Bache, 2008)

La producción de CO₂ y el incremento de O₂ sobre el gasto cardiaco aumenta el tránsito de la sangre a través de los alvéolos pulmonares, donde las tensiones de gases en la sangre arterial aumentan por la ventilación durante el ejercicio, ya que los niveles de O₂ disminuyen y los de CO₂ e H⁺ aumenta en sangre venosa (Guerrero Nieto et al., 2009a).

El aumento de VO₂màx durante el ejercicio, el sistema cardiovascular, respiratorio y presión arterial resulta sobre las capacidades de movimientos conductivos y difusivos del O₂ inhalando y exhalando, relacionado con la temperatura ambiental metabolizando hasta llegar al lugar de las células musculares al entrenamiento (Poole & Erickson, 2013).

4.2 Metabolismo energético

En los animales, las células sanguíneas son liberadas mediante un estímulo simpático de la disponibilidad de oxígeno, en reposo los niveles de eritrocitos y hematocrito no deben aumentar, en estados de excitación o nerviosismo los resultados pueden alterarse con un aumento (Wallsten et al., 2012).

Los glóbulos rojos se originan en la médula ósea en producción y liberación manteniendo los niveles normales del organismo, generalmente la morfología de los eritrocitos en equinos toma ausencia de núcleo y forma bicóncava (Lording, 2008). Los órganos internos del bazo, hígado y nódulos linfáticos son importantes en la producción, destrucción y diferenciación de las células (Mariella et al., 2014).

La energía es una respuesta a los acontecimientos físicos que se realiza, la membrana celular genera tensión sobre los músculos que permite que los sistemas orgánicos realicen el proceso de transformación energética que se almacena en las moléculas de diferentes sustratos denominados como energía mecánica, ácidos grasos y glucógeno obteniendo así un metabolismo aeróbico (van der Kolk et al., 2020).

Por otro lado, gran parte de la energía liberada que se pierde en forma de calor es denominada como energía térmica (Kędzierski et al., 2019). Mediante el proceso de transformación energética la energía química se almacena en moléculas de diferentes sustratos metabólicos convirtiéndose en energía mecánica lo que genera el movimiento del músculo

(Lewis et al., 2017). La adenosina trifosfato (ATP) es el sustrato energético para la provisión del músculo, la energía es obtenida principalmente de la degradación del ATP libre, carbohidratos y grasas (Fontecilla-Camps, 2021).

El contenido de energía ATP libre son depositados en las fibras musculares, hidrolizados de la miosina Ca, Na y K desencadenando a la actina para las contracciones (Grünberg et al., 2019). Existen procesos metabólicos en conjunto a funciones celulares por ejemplo en la hidrólisis de adenosina difosfato (ADP), un grupo fosfato (Pi) e hidrogenión (H) produciéndose energía para realizar el trabajo muscular (Teerlink et al., 1993).

Para la continua sintonización de reservas de ATP endógenos para las contracciones musculares, debe ser proporcionada energía limitada de 22-28 mmol /kg de materia seca (Hodgson et al., 2014). El metabolismo se consigue mediante fosforilación anaeróbica (oxígeno) y fosforilación oxidativa (aeróbica).

4.2.1 Vía aeróbica

La oxidación de los ácidos grasos libres y la glucosa proveen una gran cantidad de energía, generado en el ciclo de Cori para las células musculares (Ingrid., 2011). Para la producción de ATP aeróbicamente se combina la fosforilación oxidativa o ciclo de Krebs (por medio de la cadena de transporte de electrones), en las mitocondrias producto de la B-oxidación el acetyl coenzima A de los ácidos grasos libres (Nolfi-Donagan et al., 2020).

En presencia de oxígeno (O₂), la vía aeróbica necesita la circulación para generar energía, el ATP dispone energía sobre las fibras musculares junto a la proporción de proteína en unión de hemoglobina (O₂), llamada mioglobina (Conley & Jones, 1996). La temperatura y el pH fisiológicos en los equinos mediante la presión de oxígeno a la que satura un 50% la mioglobina es alrededor de 2,4 mm Hg (Schenkman et al., 1997).

4.2.2 Vía anaeróbica

La capacidad anaeróbica es la función del músculo esquelético cuando realizan dicha actividad física, en concentración de iones de oxígeno y lactato en el músculo (Cruz-Lopez et al., 2017). La vía metabólica de estos sustratos energéticos no consume O₂ tampoco en la producción de lactato, la fosfocreatina está compuesta por una alta energía que se encuentra en los órganos del sistema cardiovascular, nervioso y de metabolismo muscular en contenido de ATP (Boffi, 2008).

No interviene de manera directa como fuente de energía para la actividad muscular sino en concentraciones de ATP (Klein et al., 2021a). Generando contenido de glucógeno en el músculo que permiten correr en gran velocidad, fuerza, agilidad y potencia de acuerdo al deporte

que se practique. Una mayor capacidad anaeróbica para la contracción rápida que genera sobre su función de mantener la postura al consumo de glucógeno en caballos de carrera con la actividad (Lindinger, 2011).

Por otro lado, la glucólisis anaeróbica actúa sobre las vías oxidativas en depósitos de glucógeno, por ello el transportador de glucosa tipo 1 (GLUT-1) está localizada en las membranas finas de las fibras músculo esqueléticas donde provee requerimientos basales de glucosa y el transportador de glucosa tipo 4 (GLUT-4) se encuentra en el citoplasma en donde tienen concentraciones basales de insulina en ejercicio (Rivero et al., 2008).

La reacción que interviene el láctico deshidrogenasa (LDH), provienen de dos hidrógenos de nicotamida adenina dinucleótido (NADH) como función de intercambio de electrones e hidrogeniones para la producción de energía (Mohar, 1996). Provenientes de la oxidación fosfogliceraldehido y la reducción del piruvato a lactato, vía de síntesis de la glucolisis anaeróbica para la producción de LDH, eficaces para la conversión de ácido pirúvico en ácido láctico (Hill, 2004)

Cuando existen contracciones musculares por intensidad, el oxígeno disminuye dificultando la circulación sanguínea de las células, donde la vía aerobia con el NADH y LDH (Mohar, 1996). Puede convertirse de NADH a nicotinamida adenina dinucleótido (NAD) con la ausencia de oxígeno lo que permite el mantenimiento de una producción equilibrada de ATP (Hill, 2004).

4.3 Metabolismo del ácido Láctico

El transporte de oxígeno ocurre en las células sanguíneas y el ácido láctico se produce en el tejido muscular, los niveles de ácido láctico pueden aumentar cuando los niveles de oxígeno disminuyen a causa del ejercicio prolongado (Pohanka, 2020). Cuando existe un alto índice de lactato en sangre ocurre una acidosis (Cairns, 2006).

La disminución del pH causa fatiga muscular, que con ayuda de la evaluación de las constantes fisiológicas, especialmente de la frecuencia cardiaca se puede verificar la adaptabilidad del animal (Mickelson & Valberg, 2015). Además la concentración de lactato en la sangre en reposo es de 0,5 mmol/L, esta concentración depende de la intensidad del ejercicio, mientras más alta sea la velocidad el lactato incrementa (Rivero & Hill, 2016). El lactato sérico se caracteriza por el aumento durante una afección generado desde los ácidos grasos en concentraciones séricas denominado acidosis láctica, en la respiración el exceso de energía el piruvato y NADH generados por la glucólisis con la capacidad de contener enlaces químicos que se origina el ácido láctico (Rabinowitz & Enerbäck, 2020).

El piruvato mediante la glucólisis anaeróbica no atraviesa la membrana mitocondrial de piruvato a lactato porque cuando la energía aumenta, la oxidación del piruvato provoca un cambio de la B-oxidación de los ácidos grasos (Johnston et al., 2002). La caída de la glucogénesis en el músculo por oxidación de los ácidos grasos por desgaste, se genera la fatiga muscular (Lindinger, 2011).

4.3.1 Ciclo de Krebs

El ciclo de Krebs es un proceso que consta de varios elementos por vía catabólica, el cual genera a partir de la glucosa y glucógeno, donde el piruvato se transforma en oxalacetato y con aquello acetil CoA por el piruvato deshidrogenasa ligado con B-oxidación y ácidos grasos, por otro lado el acetil CoA y oxalacetato genera citrato sintasa transportando citosol mediante a este ciclo (Escobedo-Monge et al., 2020).

Durante el ejercicio intenso, el ATP consumido en exceso, la función de las contracciones musculares y el proceso por el cual existe la producción de fosfocreatina, glucólisis y la oxidación fosfolípida proporcionan energía en la síntesis de adenosin trifosfato principalmente en mecanismos de esfuerzos físicos de larga o corta duración con intensidades máximas (Chauhan & Saha, 2018). El glucógeno intramuscular y los ácidos grasos son reservas como sustratos energéticos (Burke et al., 2011).

Los triglicéridos son grasas que se forma en energía, almacenados en el tejido adiposo y en el músculo esquelético, los triglicéridos acumulados en mayores cantidades que el glucógeno, degrada la oxidación de glucosa circulante en el músculo para el esfuerzo de intensidad moderada sobrepasando el tiempo determinado, dando como resultado el agotamiento (Cermak & Van Loon, 2013).

La oxidación de los músculos al entrenamiento, los triglicéridos almacenados en el tejido adiposo aumentan en la intensidad de VO₂max, la insulina y los ácidos grasos estimulan el proceso de lipogénesis, por acción de la adrenalina, cortisol y noradrenalina (Yao et al., 2019). Cuando el ejercicio continúa se incrementa la energía utilizada, degradando el glucógeno en el mecanismo anaeróbico y si el ejercicio persiste el mecanismo aeróbico actúa, el ATP y fosfocreatina es el comienzo para el ejercicio de máxima intensidad de energía utilizada (Kasper et al., 2019).

El acetil CoA se convierte en ácido cítrico desde la membrana externa mitocondrial combinado con el ácido láctico (Lieberman et al., 2015). Las flavoproteínas de NAD⁺, FAD y NADH se reducen durante la liberación de B- oxidación, iones H⁺ y electrones para el uso en la secuencia respiratoria (Kimber et al., 2003). El ciclo de Krebs en bajas condiciones aeróbicas el

ácido pirúvico es descarboxilado de la mitocondria por complejo enzimático liberando CO₂, citrato y glutamina seguida de la fosforilación oxidativa (Rosenstein et al., 2018).

En el ejercicio el proceso ocurre durante la generación de piruvato y degradación de aminoácidos tales como el aspartato, glutamato y asparagina de energía hacia otros tejidos por medio de células que no tienen mitocondria, catalizados por lactato deshidrogenasa, que después se difunde fuera de la célula (Maddison et al., 2014a). Durante el ejercicio en los animales domésticos ejerce la activación de piruvato carboxilasa, esta se convierte en oxaloacetato que condensa en acetil CoA y se forma el citrato sintasa iniciando el ciclo de Krebs (Lancha et al., 1994).

4.3.2 Ciclo de Cori

Aquel metabolismo requiere de energía, compuesto por átomos de carbono de glucosa, durante el transporte el glucógeno muscular con lactato sanguíneo en el hígado ocasiona la glucogénesis, la oxidación de lactato para la producción de glucosa se debe principalmente de citosólica (c-I-LDH) por vía glucolítica convirtiéndose en piruvato para el inicio de NAD⁺ (Passarella & Schurr, 2018). El lactato sobre el músculo y los eritrocitos liberándose en el torrente sanguíneo en el hígado, transforma la gluconeogénesis en glucosa para el uso en tejidos que requieran de energía para el músculo (Villa Jiménez et al., 2016).

En el ejercicio el ciclo de Cori es de gran importancia para la producción de energía (4 ATP), en las contracciones musculares requiere el transporte de glucógeno muscular con lactato, donde empieza la glucogenólisis muscular para la activación de epinefrina, la glucosa recorre a través del torrente sanguíneo hasta el músculo, el cual produce energía durante el ejercicio intenso, los niveles de glucosa sanguínea provoca la degradación de glucógeno a glucosa 6-fosfato de glucogenolisis para la reactivación de la glucólisis produciendo piruvato para convertirse en acetil-coA enlazando al ciclo de Krebs (Mogollón & Soto, 2013) y forme energía desde el músculo y el hígado (Quiroz et al., 2018).

4.4 Estrés oxidativo y Radicales libres

El ejercicio físico en los equinos genera diferentes tipos de respuestas fisiológicas sea de corta o larga duración (Rabinowitz & Enerbäck, 2020). La acción que ejerce en el organismo a través del metabolismo celular genera los radicales libres (ROS, Reactive Oxygen Species), moléculas que tienen un electrón impar de naturaleza inestable y reactiva (Pizzino et al., 2017).

Las defensas de los antioxidantes que existen en el cuerpo son adecuadas para prevenir un daño en los tejidos, pero, una sobreproducción de radicales libres o por un déficit de las defensas de antioxidantes existirá un desbalance denominado Estrés Oxidativo (EO) (Carvajal

Carlos, 2019), con afección de las macromoléculas biológicas tales como lípidos, proteínas y el ADN (Hu et al., 2021). El daño oxidativo puede ser medido luego de un ejercicio, la peroxidación lipídica es el biomarcador para ser estudiado si existe un daño (Evans et al., 2004).

El estrés oxidativo después o durante el ejercicio genera un exceso de ROS, como resultado a un mecanismo antioxidante deficiente, a procesos de isquemia reperfusion, en oxidación de hemoglobina y mioglobina (Vollaard et al., 2005). Aquellos mecanismos actúan de manera sinérgica en la magnitud de diferentes tipos de ejercicio a realizar en intensidad (Pingitore et al., 2015a).

Las reacciones de los radicales libres de diferentes macromoléculas causan daños celulares llegando a ser irreversibles hasta provocar la muerte celular, los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos son atacados de manera endógena o exógena por ROS. Los metabolitos tóxicos son originados en la membrana por lipoperóxidos y aldehídos capaces de dañar el ADN alterando enzimas (Alkadi, 2018; Pingitore et al., 2015b). Los radicales libres provocan la ruptura doble y simple de la cadena de ADN, con alteraciones de la desoxirribosa, bases y malformaciones en las proteínas (MØLLER et al., 2001).

El resultado de la fatiga muscular, el daño de las células musculares y la disminución del rendimiento físico es causado por el aumento del estrés oxidativo durante el ejercicio, por el comienzo de la producción de los radicales libres (Higgins et al., 2020). La producción de ROS inicia cuando se produce en la disminución del O₂, los compuestos de anión superóxido (O₂⁻), peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y radical hidroxilo (H[•]) (Jakubczyk et al., 2020).

4.5 Solución iónica baleada y lactato de ringer

En caballos el selenio es un mineral que se requiere durante el día en la alimentación el déficit de selenio en caballos enfermos sucede en los desequilibrios de la distrofia muscular, afectando principalmente a los músculos (Alkadi, 2018b). Para un rendimiento en la actuación del deporte se requieren cantidades de Calcio, Fósforo, Sodio, Potasio, Magnesio y Cloruro denominados macroelementos (Firth et al., 2004). Por otro lado, el Hierro, Cobre, Zinc, Manganeso, Cobalto, Selenio y Yodo son microelementos o trazas, elementos que se requieren en menores cantidades son esenciales para el rendimiento (Grace et al., 1999).

Fisiológicamente el selenio durante la actividad bioquímica, este mineral proporciona defensa antioxidante de prevenir daños celulares y controlar la función inmune (Valko et al., 2006). Para mejorar el metabolismo aeróbico durante trabajo físico de alta intensidad y mejorar la producción de energía con protección de las células musculares (Maddison et al., 2014b). Los efectos del selenio en exceso pueden ocasionar problemas podales, la toxicidad se produce

cuando los caballos son administrados en grandes cantidades en un corto periodo (Pitel et al., 2020).

El glutatión peroxidasa (GSH Px) forma parte del selenio cuya función cataliza los tejidos por medio de la desoxidación de peróxidos (Baltaci et al., 2016), donde durante los mecanismos físicos oxida el glutatión reducido (GSH) y la enzima catalasa (CAT) ayuda a la destrucción de los radicales libres oxigenados (Brummer et al., 2013).

La fluidoterapia es una técnica que se utiliza para la reposición hidroelectrolítica del fluido extracelular en estados de deshidratación con pérdidas de electrolitos en animales domésticos, lactato de ringer es una solución para perfusión intravenosa con aquellos componentes de lactato de sodio ($\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$), cloruro de sodio (NaCl), cloruro de potasio (KCl) y cloruro de calcio dihidratado (CaCl_2).

En equinos la fluidoterapia tiene como objetivo corregir de aquellas alteraciones hidroelectrolíticas o en desequilibrios de ácido-base, aportando compuestos energéticos antes o después de una competencia con la finalidad de reponer plasma y hemoderivados (Fielding & Magdesian, 2015). Las deshidrataciones son principalmente a las pérdidas de líquido en problemas gastrointestinales y en esfuerzos prolongados en déficit de sodio, potasio, calcio y cloruro (Sciorsci et al., 2020).

La relación con la actividad deportiva y las condiciones ambientales en caballos sanos por lo tanto las pérdidas ocurren por la sudoración, respiración, heces y orina, ingiriendo agua, alimentos y en el metabolismo ocurre estas condiciones para mantener el volumen de líquido corporal (Monreal, 2019). Para evitar deshidrataciones o golpe de calor mejora el rendimiento muscular, protegiendo la integridad de la célula muscular con la reposición de sales de potasio en caballos dedicados al deporte (Langner et al., 2020).

5 Metodología

5.1 Áreas de Estudio

El presente estudio se desarrolló en el Grupo de Caballería Mecanizada, N° 7 “Cazadores de los Ríos”, ubicado en el sector Zamora Huayco de la ciudad de Loja, con coordenadas 4°00'25.2''S de latitud Sur, con precipitación de 750 mm y altura de 2100 msnm a temperatura de 16,1°C, humedad relativa de 75,6%. Esta investigación se realizó en diciembre de 2022. Las muestras para LDH/D-glucosa y hemograma serán evaluadas en la ciudad de Cuenca en el centro de laboratorio veterinario “Biomicrovet”.

Fuente: Google Earth



Figura 1 Recorrido y distancia de los equinos

Fuente: Apple maps

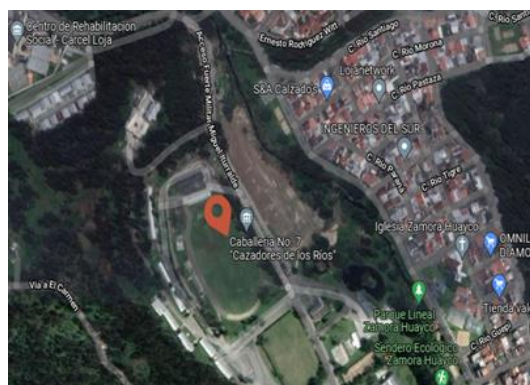


Figura 2 Caballería Cazadores de los Ríos

5.2 Procedimiento

5.2.1 Enfoque Metodológico

Este estudio es de tipo cuantitativo, ya que las variables y los resultados obtenidos se analizarán de forma numérica.

5.2.2 Procesamiento y análisis de la información

Para las variables se utilizó una regresión logística por medio del procedimiento de análisis de medidas repetidas utilizando el PROMIXIN del SAS (SAS on Demand for Academics) en la que se incluye como factores fijos de variación al tratamiento, tiempo y la interacción del tratamiento por tiempo y como variable aleatoria de animal al tratamiento. Utilizando una matriz de varianza covarianza tipo simetría compuesta de carácter CS. La probabilidad de $p \leq 0,05$ indica que hubo diferencia significativa y la probabilidad de 0,05 menor o 0,1 indica que la diferencia se aproximó de ser significativo en haber tendencia.

5.2.3 Diseño de la Investigación

La investigación fue de tipo experimental, donde se aplicó el diseño *case-crossover*.

5.2.4 Tamaño de la Muestra y Tipo de Muestreo

En el presente estudio fueron utilizados 8 equinos (4 machos y 4 hembras) mestizos con línea de polo de edad entre 5 -15 años con peso promedio de 300-350 kg en condiciones corporales de 4 – 5 (con escala del 1 – 9). Seleccionados como condición física para la toma de constantes fisiológicas previas, durante y después del ejercicio.

El total de 8 caballos, fueron sometidos por 2 ocasiones a un ejercicio intenso de corta duración con distancia de 6,75 Km durante 1 hora a 12 km/h y altitud entre 2100 a 2279 msnm.

Previamente al ejercicio se aplicó uno de los siguientes tratamientos de forma aleatorizada:

- Tratamiento antioxidante (n=8): se aplicaron 100 ml/animal (Top Race®, Argentina)
- Control (n=8): se aplicaron 100 ml/animal de lactato de ringer.

En un primer periodo se aplicó el tratamiento antioxidante a 4 caballos y el tratamiento control a otros 4 caballos. Posterior a 15 días, en el segundo periodo los animales fueron intercambiados. Todos los animales pasaron por ambos tratamientos y para evitar variabilidad fueron cabalgados por los mismos jinetes.

Fueron evaluadas las siguientes variables: frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, tiempo de llenado capilar (TPC), tiempo de recuperación del pliegue cutáneo (TRPC), presión arterial y temperatura, además se tomaron muestras de sangre total de la vena yugular antes y después del ejercicio para hemograma; así mismo se tomaron muestras de suero antes, en el pico máximo de ejercicio y después para medir lactato y glucosa.

5.2.5 Técnicas

La utilización de materiales y equipos tanto a campo como de laboratorio permitió la recolección de datos.

- **Constates fisiológicas**

Se utilizaron fichas médicas para el registro de las constantes, siendo la frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria medida utilizando un estetoscopio. Antes, durante y después del ejercicio (*Fig. 3*). Se evitó comportamientos de nerviosismo en equinos antes del ejercicio para la determinación del ritmo cardíaco y respiratorio sin alterar los promedios normales en reposo.

La presión arterial fue medida mediante un tensiómetro (BSP-21, SCANMED®, china) debajo de las vértebras del maslo de la cola generando presión en la arteria coccígea. Se observaron la coloración de las mucosas, tiempo de llenado capilar (TLC) y tiempo de recuperación de pliegue cutáneo (TRCP); se verificó la temperatura con un termómetro rectal (modelo VT 1831 marca microlife®, Switzerland), antes y después del ejercicio.

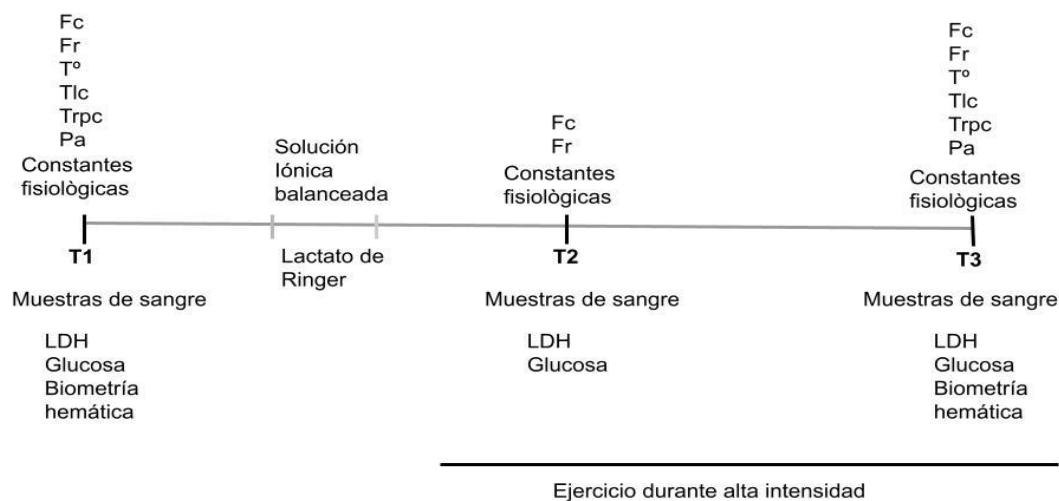


Figura 3 Esquema experimental.

- **Muestras de sangre para hemograma y metabolitos**

Después de la antisepsia y mediante la punción de la vena yugular con aguja 21G con tubos vacutainer sin anticoagulante (modelo tapa roja con gel Serum Sep Clot Activator de 5 ml, VACUETTE®, USA) y tubo tapa lila (modelo K3EDTA de 4 ml, VACUETTE®, USA) se recolectó sangre para obtener valores de hemograma y evaluación de lactato/glucosa.

Se procedió a identificar los tubos con los nombres de los pacientes y fueron almacenados en la caja de refrigeración colocada en el portatubos con la utilización de geles de hielo para su respectivo envío de las muestras al laboratorio.

- **Aplicación de tratamientos**

En el primer periodo, los animales seleccionados recibieron la respectiva aplicación de 100 ml de lactato de ringer (marca life®, Ecuador) y 100 ml de solución iónica balanceada (marca Top Race®, Argentina) mediante la utilización de venoclisis (impromedica®, Ecuador) y catéteres 14G (modelo safelet, marca nipro medical®, Brasil) antes del ejercicio.

En el segundo periodo, se aplicó el diseño *cross-over*, donde fueron administrados los tratamientos de forma cruzada, utilizando la misma técnica del primer período.

- **Exámenes sanguíneos**

Se realizó el hemograma completo donde se utilizó un analizador hematológico (RT-7600, RAYTO®, China) para medir los valores de eritrocitos, hemoglobina y hematocrito. Así mismo, para obtener los niveles de lactato y glucosa sanguíneos, se usó el analizador bioquímico por espectrofotometría automatizado (cobas c311, Roche®, Japón) y reactivos Glucosa/LDH marca Roche®.

6 Resultados

6.1 Frecuencia cardiaca y respiratoria

Tanto en la frecuencia cardíaca como respiratoria no se observó efecto del tratamiento ($p > 0,05$), pero sí un efecto del tiempo ($p < 0,001$), donde ambas frecuencias fueron más elevadas durante el pico máximo del ejercicio, seguidas de la frecuencia al final de trabajo físico y fueron menores antes de iniciar el recorrido (Fig. 4 y 5).

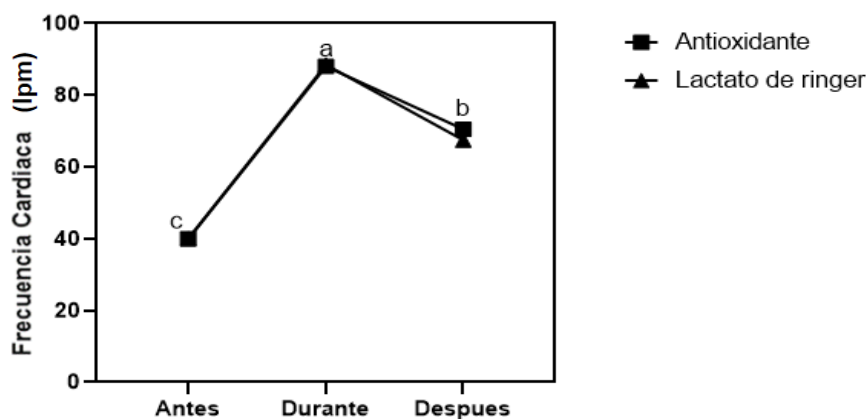


Figura 4 Media \pm desviación estándar de frecuencia cardiaca (lpm) de equinos ($n=8$) antes, durante y después del ejercicio intenso de corta duración (1h) después de la aplicación de antioxidante y ringer

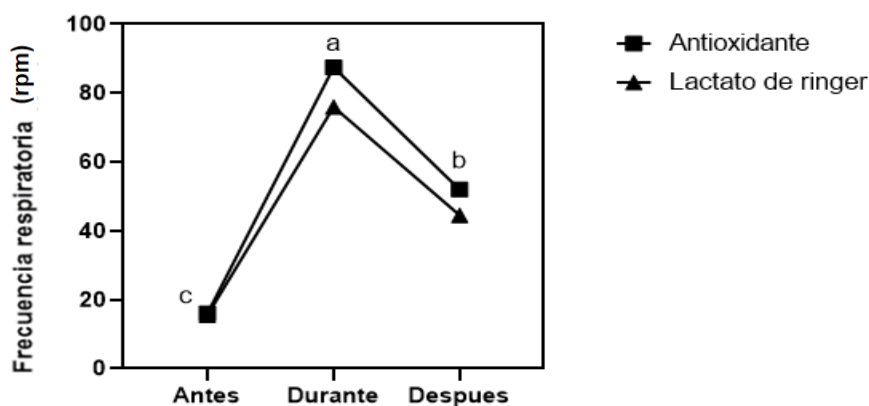


Figura 5 Media \pm desviación estándar de frecuencia respiratoria (rpm) de equinos ($n=8$) antes, durante y después del ejercicio intenso de corta duración (1h) después de la aplicación de antioxidante y ringer lactato (IV) previo al esfuerzo físico.

6.2 Temperatura

No hubo efecto del tratamiento ($p > 0,05$), ni interacción entre tratamiento y tiempo. Sin embargo, si existió un efecto del tiempo ($p < 0,0005$), la temperatura de los animales aumentó después del ejercicio aproximadamente $0,6^{\circ}\text{C}$ (Fig. 6).

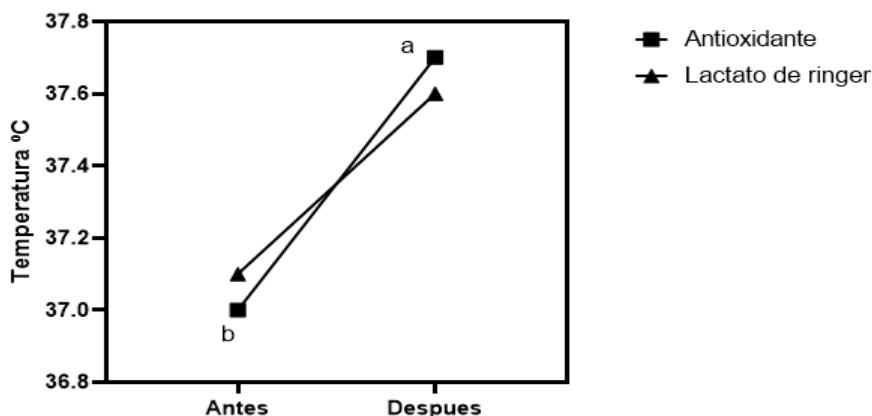


Figura 6 Media \pm desviación estándar de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de equinos ($n=8$) antes y después del ejercicio intenso de corta duración (1h), después de la aplicación de antioxidante y ringer lactato (IV) previo al esfuerzo físico.

6.3 Presión arterial Sistólica, diastólica y pulso

No existió un efecto del tratamiento sobre la presión arterial sistólica y diastólica ($p > 0,05$), ni efecto del tiempo y sin interacción del tratamiento*tiempo (*Anexo 10*). Por otro lado, en el pulso no hubo efecto del tratamiento ($p > 0,05$), pero sí existió un efecto del tiempo ($p < 0,0001$), elevándose en los animales post ejercicio, sin interacción del tratamiento*tiempo (*Fig. 7*).

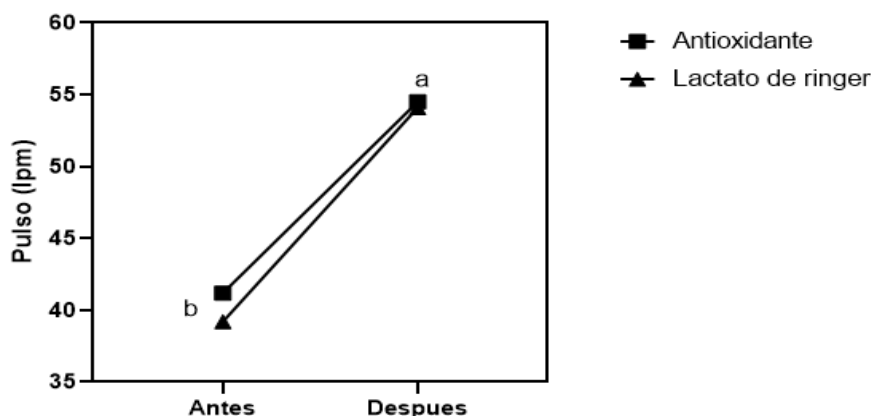


Figura 7 Media \pm desviación estándar del pulso de equinos ($n=8$) antes, durante y después del ejercicio intenso de corta duración (1h) después de la aplicación de antioxidante y ringer lactato (IV) previo al esfuerzo físico.

6.4 Tiempo de llenado capilar (TLC) y tiempo de recuperación del pliegue cutáneo (TRCP)

No se observó efecto en el tratamiento, tiempo o interacción del tratamiento*tiempo ($p > 0,05$), ya que al ser evaluando el flujo sanguíneo sobre la mucosa gingival, tejido cutáneo y grado de deshidratación no hubo diferencias significativas en reposo y post ejercicio.

6.5 Lactato deshidrogenasa (LDH)

No existió efecto del tratamiento ($p > 0,05$), pero sí un efecto del tiempo ($p < 0,0004$), ya que durante el ejercicio los niveles de LDH aumentaron pero manteniéndose dentro de los rangos

fisiológicos para la especie, y posteriormente al terminar el ejercicio aún los valores fueron mayores que los obtenidos en reposo (Fig. 8). Por otro lado, no hubo una interacción entre el tratamiento*tiempo ($p>0,05$).

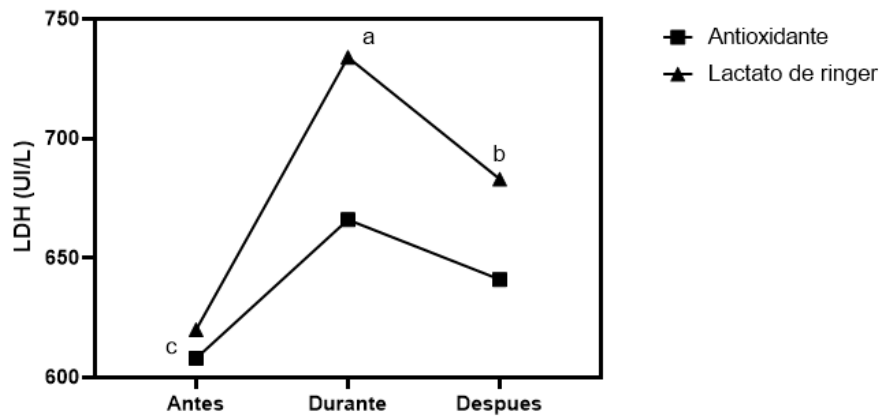


Figura 8 Media \pm desviación estándar de niveles de lactato deshidrogenasa (LDH) de equinos ($n=8$) antes, durante y después del ejercicio intenso de corta duración (1h) después de la aplicación de antioxidante y ringer lactato (IV) previo al esfuerzo físico.

6.6 Glucosa

No existió un efecto del tratamiento ($p>0,05$), pero sí hubo efecto del tiempo ($p < 0,05$), sin embargo no se encontró interacción entre el tratamiento*tiempo ($p > 0,05$) (Fig. 9). Los valores de glucosa en sangre referentes son de (60 - 110 mg/dl) manteniéndose dentro de los rangos fisiológicos de la especie durante el ejercicio.

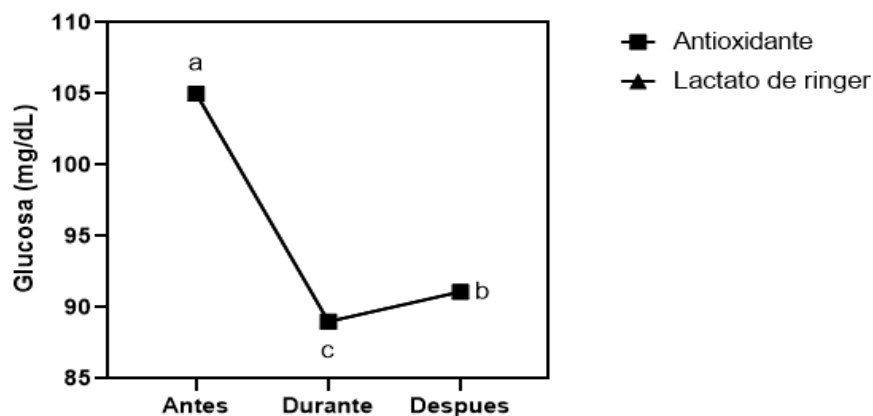


Figura 9 Media \pm desviación estándar de niveles de glucosa de equinos ($n=8$) antes, durante y después del ejercicio intenso de corta duración (1h) después de la aplicación de antioxidante y ringer lactato (IV) previo al esfuerzo físico.

6.7 Eritrocitos

No hubo un efecto del tratamiento ($p > 0,05$), pero sí existe un efecto del tiempo ($p < 0,05$) y no hay interacción del tratamiento*tiempo ($p > 0,05$) (Fig. 10). El conteo de eritrocitos se mantuvo dentro de los rangos fisiológicos de la especie después del ejercicio ($5,3-13 \times 10^{12}/l$).

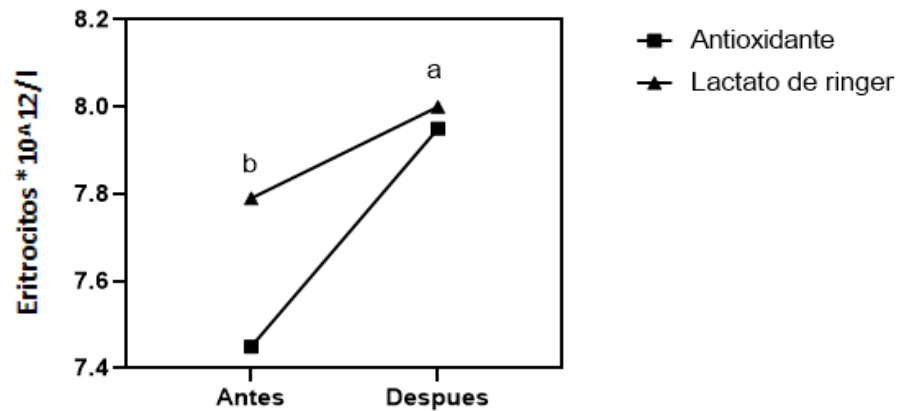


Figura 10 Media \pm desviación estándar de eritrocitos de equinos ($n=8$) antes, durante y después del ejercicio intenso de corta duración (1h) después de la aplicación de antioxidante y ringer lactato (IV) previo al esfuerzo físico.

6.8 Hemoglobina

No existió un efecto del tratamiento ($p > 0,05$), pero sí existe un efecto del tiempo ($p < 0,04$) y no hay interacción entre tratamiento y tiempo ($p > 0,05$) (Fig. 11). Los niveles de hemoglobina aumentaron después del ejercicio manteniéndose dentro de los rangos fisiológicos de la especie (10,8-15 g/dl).

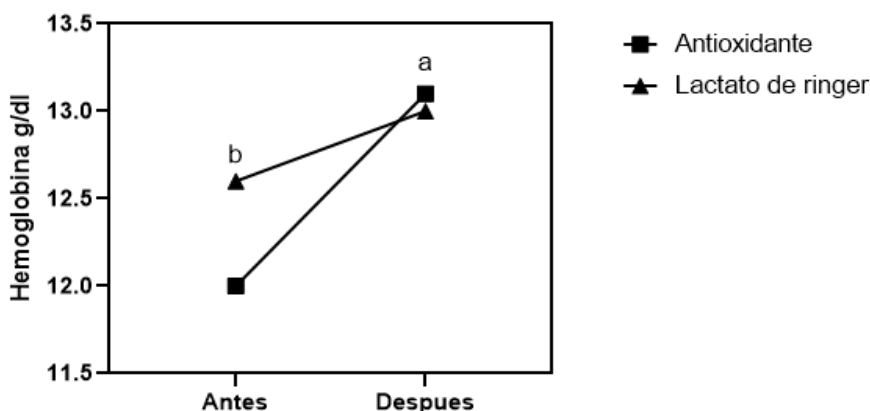


Figura 11 Media \pm desviación estándar niveles de hemoglobina de equinos ($n=8$) antes, durante y después del ejercicio intenso de corta duración (1h) después de la aplicación de antioxidante y ringer lactato (IV) previo al esfuerzo físico.

6.9 Hematocrito

No existió un efecto del tratamiento ($p > 0,05$), o del tiempo ($p > 0,007$) y no hay interacción entre tratamiento y tiempo ($p > 0,05$) (*Anexo II*). El valor de hematocrito en los caballos sanos se mantuvo en promedios normales de 28-46 % dentro de los parámetros fisiológicos considerados de la especie.

7 Discusión

Para evitar la oxidación y formación de radicales libres en la membrana plasmática de las células de los animales domésticos, se utilizan antioxidantes durante el ejercicio y metabolismo aeróbico, las vitaminas y minerales son suplementos primordiales para prevenir enfermedades metabólicas como fatigas musculares (Sánchez & Méndez, 2013).

La frecuencia cardiaca (FC) en equinos sanos en reposo es de 20 a 40 latidos por minuto (Scott & Martin, 2016) y el ritmo respiratorio es de 8-20 rpm (Guerrero Nieto et al., 2009a). En este estudio la FC en reposo de los animales fue de 40 lpm con aplicación de antioxidante y con lactato de ringer fue de 40 lpm. Por otro lado, la frecuencia respiratoria (FR) fué de 16 rpm con antioxidante y 15,5 rpm con lactato de ringer. Las cuales están dentro del rango normal que mencionan los autores, recordando que se evitó causar miedo o excitación a los animales en el lugar.

El umbral anaeróbico de un caballo atleta está asociado a una frecuencia cardiaca de 200 lpm, que coincide con el inicio del acúmulo de lactato sérico en sangre (Perez et al., 1997). Por otro lado, el umbral aeróbico está relacionado a ejercicios de mediana intensidad con frecuencia cardiaca que oscila de 120 a 150 lpm, momento en que el lactato sérico aumenta en sangre por encima de los valores fisiológicos de reposo (Frippiat et al., 2021).

Los equinos al realizar una transición de ejercicio aeróbico para anaeróbico conforme aumenta la intensidad del trabajo físico, se activa la glucólisis anaeróbica asociado a 150 - 200 lpm (Perez et al., 1997). La intensidad del ejercicio depende de la velocidad de los andares, por ejemplo; la frecuencia cardiaca en ejercicios de baja intensidad se encuentra por debajo de 120 lpm, distancia recorrida que durante un tiempo de trabajo físico las actividades depende a la raza o línea de trabajo (Arias & Pérez, 2006).

En este estudio FC y FR fue semejante en los caballos tratados con antioxidante y aquellos que recibieron Lactato de Ringer. En el pico máximo del ejercicio la FC fue de 88 lpm con aplicación de antioxidante y 88,5 lpm con lactato de ringer. Al finalizar el ejercicio fue de 70 lpm y 67 lpm respectivamente. Por otro lado, la FR durante el ejercicio fue de 87,5 rpm con antioxidante y 76 rpm con lactato de ringer y, post-ejercicio fue de 52 rpm y 44,5 rpm para cada tratamiento. Momentos en que los niveles de lactato sérico se encontraron elevados durante el ejercicio siendo 666 UI/l con antioxidante y 734 UI/l con lactato de ringer, y después disminuyó a 641 UI/l con antioxidante y 683 UI/l con lactato de ringer, recordando que los valores normales son entre 210 a 490 UI/l.

Estudios muestran que equinos de salto al finalizar una prueba de obstáculos de 1,20m con 430 m de extensión a 5,8 m/s presentan FC de 184 lpm y en estera a una velocidad constante

de 5 m/s durante 40 min su frecuencia cardiaca fue de 60 lpm, sin elevación del lactato en sangre. Estos mismos caballos, al finalizar 40 minutos de ejercicio realizado al paso, trote y galope la FC fue de 124 lpm y solamente en este ejercicio presentaron aumento de la LDH, mostrando mecanismos principalmente anaeróbicos (Santos, 2006).

Según (Gómez et al., 2004), utilizando caballos de salto Holsteiner en un programa de ejercicio de trote y galope a una velocidad entre 3 - 6,5 m/s y distancia total recorrida de 10 km al finalizar el ejercicio la FC promedio fue de 76,5 lpm y FR fue de 76,9 rpm. Mientras que (Mejia, 2008) en su estudio utilizó caballos de salto, criollos colombiano (CCO), y pura sangre inglés (PSI), e inmediatamente después de 40 minutos de ejercicio incluyendo paso, trote y galope la FC fue de 66,6 lpm y la FR de 32,6 rpm.

Durante el ejercicio la FR puede aumentar hasta 120 rpm (Scott & Martin, 2016). Las respiraciones en equinos en buenas condiciones físicas disminuyen considerablemente luego de 15 – 20 minutos del ejercicio físico a 40-50 rpm (Scott & Martin, 2016). Los valores mínimos obtenidos durante el ejercicio fueron de 76 rpm aplicado con lactato de ringer y máximos de 87 rpm con antioxidante, esta frecuencia es considerable por el esfuerzo físico realizado. Es importante considerar las diferencias entre los mecanismos anaeróbicos y aeróbicos dependiendo de las disciplinas practicadas a diversas velocidades.

Por ello, el ejercicio realizado en el presente estudio se consideró ser de alta intensidad y de corta duración siendo 70 % aeróbico al trote a una velocidad entre 3,8 -5,4 m/s y 30% de mecanismos anaeróbicos de alta intensidad con impulsión realizando un recorrido de 6,75 Km desde el punto de partida a 2100 msnm en una región montañosa hasta la altura máxima de 2279 msnm, totalizando la subida de 179m a una velocidad de 2 m/s.

La concentración de lactato en sangre durante en una prueba de salto con rápido ejercicio anaeróbico aumenta hasta 3,14 mmol/L sin aumento de la LDH. Por otro lado entrenamientos que incluyen paso, trote y galope con un aumento paulatino del esfuerzo anaerobio la enzima LDH aumenta para evitar el acumulo de lactato sangre (Santos, 2006). El lactato acumulado en la musculatura es transportado hacia los riñones, corazón e hígado para convertirse en piruvato y ser generado ATP por la gluconeogénesis (Auer & Stick, 2012).

El aumento de LDH por metabolismos aeróbicos y anaeróbicos regula el lactato sérico durante el ejercicio. En este estudio no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo durante intensidad máxima del ejercicio se incrementaron los valores de LDH en $734 \pm 92,5$ UI/L con aplicación de lactato de ringer y $666 \pm 92,5$ UI/L con aplicación de antioxidante

Guerrero Nieto et al., (2009b) no obtuvo diferencias a lo largo del tiempo durante la competencia de salto en valores de LDH siendo 417,680 UI/L antes de la competencia; 457,680 UI/L inmediatamente después de la competencia y 457,160 UI/L 6 horas post ejercicio. Los valores de estos estudios se deben a las diferentes actividades físicas, tales como salto, velocidad, paso, trote y galope realizados; en diversas altitudes, medios y tiempos que pueden ser manipulados. Levy et al., (2000) menciona que el aumento de la adrenalina promueve la conversión de glucógeno en glucosa para activar la producción de ATP y proporcionar energía, el piruvato aumenta saturando LDH y hay aumento de lactato basal.

En equinos adultos sanos en reposo los valores en glucosa el rango de referencia va de 62 a 134 mg/dl (Barreto et al., 2005). Gómez (2004), determinó la concentración sérica de glucosa en 10 equinos de salto holsteiner y obtuvo en promedio valores de 91,8 mg/dl en reposo y 84,2 mg/dl post- ejercicio independientemente del tiempo de entrenamiento. En este estudio se obtuvo valores de 105 mg/dl en reposo, 89 mg/dl durante y 91,1 mg/dl después del ejercicio con antioxidante y 106 mg/dl en reposo, 99 mg/dl durante y 94 mg/dl después del ejercicio con lactato de ringer, sin haber efecto de los tratamientos aplicados, y son valores que se encuentran dentro del rango de referencia.

Narváez et al., (2018) encontraron que el valor promedio de eritrocitos de caballos en reposo criados en la altitud de 500 m.s.n.m. fue en promedio $6,96 \times 10^6/\mu\text{L}$, variando entre $4,90 - 9,38 \times 10^6/\mu\text{L}$. Sin embargo, Izurieta et al., (2016) determinó los valores de eritrocitos de caballos criollos en reposo en altitudes de 3000 m.s.n.m, y obtuvo valores mínimos y máximos de $6,23$ y $10,84 \times 10^6/\mu\text{L}$, siendo en promedio $8,3 \times 10^6/\mu\text{L}$. En el presente estudio el recuento de eritrocitos fue de $7,45 \times 10^6/\mu\text{L}$ en reposo; $7,95 \times 10^6/\mu\text{L}$ post-ejercicio con la aplicación de antioxidante y $7,79 \times 10^6/\mu\text{L}$ en reposo; $8 \times 10^6/\mu\text{L}$ con lactato de ringer valores considerados dentro del rango fisiológico sin efecto del tratamiento, pero si hubo un aumento del tiempo causado por el ejercicio.

A pesar de no haber diferencia significativa, se observa un incremento de la glucosa durante el ejercicio en el grupo que fue aplicado lactato de ringer, así como el aumento en los valores de LDH, y el recuento de eritrocitos es menor en este grupo con relación al que recibió solución antioxidante. Posiblemente la aplicación de antioxidante retarda el mecanismo anaerobio en caballos atletas.

Por otro lado, se observó un aumento significativo de los valores de hematocrito y hemoglobina después del ejercicio, en comparación a los obtenidos en reposo. Gómez et al., (2004) verificó que el volumen globular aglomerado (VGA) o hematocrito aumentó significativamente post-ejercicio en los días 45 y 60 con respecto al día 0 del entrenamiento al

igual que la concentración de hemoglobina (HB). Se sabe que el bazo es reservorio de eritrocitos con el 33 % aproximadamente en reposo y 50% para el máximo rendimiento durante el ejercicio (Ingelfinger & Madias, 2014). El hematocrito aumenta como consecuencia de la liberación esplénica de eritrocitos a la circulación sanguínea mediante las contracciones de la musculatura lisa del bazo debido al aumento de las catecolaminas circulantes durante el ejercicio interfiriendo en el grado de hemoconcentración (Snow, 1990; Gomez et al., 2004).

8 Conclusiones

En caballos de polo, el ejercicio intenso de corta duración genera una alteración de las constantes fisiológicas y de los valores hematológicos observados en reposo. Este aumenta la frecuencia cardíaca, respiratoria, la temperatura, los niveles de lactato deshidrogenasa, recuento de eritrocitos y hemoglobina. Por otro lado, disminuye los niveles de glucosa, pero no interfiere en la presión arterial, tiempo de llenado capilar, o de recuperación de pliegue cutáneo y valores de hematocrito. La utilización de una solución iónica balanceada con compuestos antioxidantes como selenio, a pesar de ser recomendada para mejorar la condición física del animal y disminuir la oxidación en el músculo previo a un ejercicio de alta intensidad, en el presente estudio se concluye que no hubo efecto del tratamiento, con las dosis utilizadas en los equinos realizando este tipo de actividad.

9 Recomendaciones

- Se recomienda realizar más investigaciones semejantes a nivel local, de modo que sea posible estudiar otros tratamientos y variables, para la obtención de datos y poder valorar el estado físico de los equinos de competencia de forma más adecuada.
- Es importante que en futuros trabajos se puedan evaluar resultados de lactato en sangre, junto con lactato deshidrogenasa, además de creatinfosfoquinasa (CK) para el seguimiento a las competencias, ya que son informaciones que se complementan.
- Se recomienda evaluar la medición de Lactato con la utilización de (LactoSpark, medidor de lactato con tiras reactivas) y glucómetro antes, durante y después del ejercicio para determinar una adecuada cantidad en el momento exacto sobre la máxima resistencia, incluyendo valorar con distintos equipos y posibles diferencias que exista y diversas situaciones clínicas incluyendo la medición de niveles de cortisol.

10 Bibliografía

- Afonso, T., Giguère, S., Brown, S. A., Barton, M. H., Rapoport, G., Barba, M., Dembek, K. A., Toribio, R. E., & Coleman, A. E. (2018). Preliminary investigation of orally administered benazepril in horses with left-sided valvular regurgitation. *Equine Veterinary Journal*, 50(4), 446–451. <https://bit.ly/3NCg5uZ>
- Alkadi, H. (2018a). A Review on Free Radicals and Antioxidants. *Infectious Disorders - Drug Targets*, 20(1), 16–26. <https://bit.ly/3QwznSb>
- Alkadi, H. (2018b). A Review on Free Radicals and Antioxidants. *Infectious Disorders - Drug Targets*, 20(1), 16–26. <https://bit.ly/3QwznSb>
- Arias, M. P., & Pérez, P. C. (2006). Comparación de los valores del Hemoleucograma entre caballos de carreras Pura Sangre Inglés velocistas y fondistas del hipódromo Los Comuneros de Guarne , Antioquia . Comparison of Hemogram values among velocity and endurance Toroughbred horses of Los Co. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 1(1), 7–13.
- Atiés, D. A. M., Peña, C. M. G., Porto, Y. M. D. O., Borges, L. G., Espinosa, V. M., Fernández, M. M., García, Y. G., & Hernández, Y. Á. (2015). Estabilidad de una formulación de adrenalina 1 mg/mL inyectable, para uso veterinario. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(3). <https://bit.ly/43C7Mvr>
- Auer, J., & Stick, J. (2012). Equine Surgery. In *Equine Surgery*. <https://bit.ly/3NctWGP>
- Baltaci, A. K., Mogulkoc, R., Akil, M., & Bicer, M. (2016). Selenium: Its metabolism and relation to exercise. In *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences* (Vol. 29, Issue 5, pp. 1719–1725). <https://bit.ly/3peC6q3>
- Barrena, J. P. (2022). *CAPÍTULO 6 Enfermedades del aparato cardiovascular de los equinos*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://bit.ly/43Zuarq>
- Barreto, M., Aixa, C., Jimenez, P., & Elena, T. (2005). Determinación y análisis de valores de nitrógeno ureico en sangre (bun), glucosa, creatin kinasa (ck) y ácido láctico pre y post ejercicio en una población de atletas equinos de salto en Bogotá, D.C. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, VI(2), 1–28.
- Boakari, Y. L., Alonso, M. A., Riccio, A. V., Affonso, F. J., Losano, J. D. de A., Nichi, M., Belli, C. B., & Fernandes, C. B. (2021). Evaluation of Blood Glucose and Lactate Concentrations in Mule and Equine Foals. *Journal of Equine Veterinary Science*, 101, 103369. <https://bit.ly/3NcI0Ae>
- Boffi, F. M. (2008). Entrenamiento y adaptación muscular: sustratos y vías metabólicas para la producción de energía. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(spe), 197–201.

<https://bit.ly/3NkN6dQ>

- Bonagura, J. D. (2019). Overview of Equine Cardiac Disease. In *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice* (Vol. 35, Issue 1, pp. 1–22). W.B. Saunders.
<https://bit.ly/3PiQOOh>
- Brummer, M., Hayes, S., Dawson, K. A., & Lawrence, L. M. (2013). Measures of antioxidant status of the horse in response to selenium depletion and repletion. *Journal of Animal Science*, 91(5), 2158–2168. <https://bit.ly/43Khcyh>
- Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H. S., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 29(SUPPL. 1). <https://bit.ly/467RTaY>
- Cairns, S. P. (2006). Lactic acid and exercise performance : culprit or friend? *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(4), 279–291. <https://bit.ly/43IkMZR>
- Carvajal Carlos. (2019). ESPECIES REACTIVAS DEL OXÍGENO: FORMACIÓN, FUNCION Y ESTRÉS OXIDATIVO. *REVISTA MEDICINA LEGAL DE COSTA RICA*, 36(1), 92–100.
<https://bit.ly/43LwAdB>
- Cermak, N. M., & Van Loon, L. J. C. (2013). The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid. In *Sports Medicine* (Vol. 43, Issue 11, pp. 1139–1155). Sports Med.
<https://bit.ly/3PeWL83>
- Chauhan, P., & Saha, B. (2018). Metabolic regulation of infection and inflammation. *Cytokine*, 112, 1–11. <https://bit.ly/43Lfe7c>
- Cheng, A. J., Jude, B., & Lanner, J. T. (2020). Intramuscular mechanisms of overtraining. *Redox Biology*, 35. <https://bit.ly/3XdLghV>
- Conley, K. E., & Jones, C. (1996). Myoglobin content and oxygen diffusion: Model analysis of horse and steer muscle. *American Journal of Physiology - Cell Physiology*, 271(6 40-6).
<https://bit.ly/42MogJe>
- Couetil, L., Ivester, K., Barnum, S., & Pusterla, N. (2021). Equine respiratory viruses, airway inflammation and performance in thoroughbred racehorses. *Veterinary Microbiology*, 257, 109070. <https://bit.ly/466Z03p>
- Cruz-Lopez, F., Newton, R., Sanchez-Rodriguez, A., Ireland, J., Mughini-Gras, L., Moreno, M. A., & Fores, P. (2017). Equine viral arteritis in breeding and sport horses in central Spain. *Research in Veterinary Science*, 115, 88–91. <https://bit.ly/46cMfEG>
- Duncker, D. J., & Bache, R. J. (2008). Regulation of coronary blood flow during exercise. *Physiological Reviews*, 88(3), 1009–1086. <https://bit.ly/3PeWUID>
- Escobedo-Monge, M. F., Barrado, E., Vicente, C. A., Escobedo-Monge, M. A., Torres-Hinojal, M. C., Marugán-Miguelsanz, J. M., & Del Río, M. P. R. (2020). Copper and copper/zinc

- ratio in a series of cystic fibrosis patients. *Nutrients*, 12(11), 1–16. <https://bit.ly/3Pdpjip>
- Evans, D. L., & Rose, R. J. (1988). Cardiovascular and respiratory responses in thoroughbred horses during treadmill exercise. *Journal of Experimental Biology*, 134, 397–408. <https://doi.org/10.1242/jeb.134.1.397>
- Evans, M. D., Dizdaroglu, M., & Cooke, M. S. (2004). Oxidative DNA damage and disease: Induction, repair and significance. In *Mutation Research - Reviews in Mutation Research* (Vol. 567, Issue 1, pp. 1–61). Elsevier. <https://bit.ly/3CzNDDr>
- Fernandez, A. (2017). Exploración Física General De Equinos. *Hospital Veterinario Universidad de Leon*, 1–7. <https://bit.ly/43y1ITc>
- Fielding, C. L., & Magdesian, K. G. (2015). Equine Fluid Therapy. In *Equine Fluid Therapy*. <https://bit.ly/43RqrNi>
- Finaud, J., Lac, G., & Filaire, E. (2006). Oxidative stress: Relationship with exercise and training. In *Sports Medicine* (Vol. 36, Issue 4, pp. 327–358). <https://bit.ly/3VRv44V>
- 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://bit.ly/4645CzH>
- Fontecilla-Camps, J. C. (2021). Primordial bioenergy sources: The two facets of adenosine triphosphate. In *Journal of Inorganic Biochemistry* (Vol. 216). Elsevier Inc. <https://bit.ly/43M0FK5>
- Francisco, P., & Montijano, C. (2019). CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DEL CABALLO ATLETA. *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 1–17.
- Franklin, S. H., Naylor, J. R. J., & Lane, J. G. (2006). Videoendoscopic evaluation of the upper respiratory tract in 93 sport horses during exercise testing on a high-speed treadmill. *Equine Veterinary Journal*, 38(SUPPL.36), 540–545. <https://bit.ly/3XchATC>
- Frippiat, T., van Beckhoven, C., Moyses, E., & Art, T. (2021). Accuracy of a heart rate monitor for calculating heart rate variability parameters in exercising horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 104. <https://bit.ly/3NxKaf8>
- Gómez, C., Petró, P., Andaur, M., Pére, R., & Matamoros, R. (2004). Medición post-ejercicio de variables fisiológicas, hematológicas y bioquímicas en equinos de salto holsteiner. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia*, 14(3), 244–253.
- Grace, N. D., Pearce, S. G., Firth, E. C., & Fennessy, P. F. (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://bit.ly/3Xaj159>
- Gray, A. (2022). Equine sport must “follow the evidence base.” In *The Veterinary record* (Vol. 190, Issue 2, p. 60). Vet Rec. <https://bit.ly/3NcGga6>
- Grünberg, W., Scherpenisse, P., Cohrs, I., Golbeck, L., Dobbelaar, P., van den Brink, L. M., & Wijnberg, I. D. (2019). Phosphorus content of muscle tissue and muscle function in dairy cows fed a phosphorus-deficient diet during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 4072–4093. <https://bit.ly/3Ncvssv>
- Guerrero Nieto, P. A., Portocarrero Aya, L., Mutis Barreto, C. A., & Ramírez Troncoso, J. (2009a). Determinación de frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, lactato deshidrogenasa, creatinkinasa y ácido láctico en caballos durante competencia de salto en la Sabana de Bogotá. *Revista Medicina Veterinaria*, 17, 37–52. <https://bit.ly/3pb1RYu>
- Guerrero Nieto, P. A., Portocarrero Aya, L., Mutis Barreto, C. A., & Ramírez Troncoso, J. (2009b). Determinación de frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, lactato deshidrogenasa, creatinkinasa y ácido láctico en caballos durante competencia de salto en la Sabana de Bogotá. *Revista Medicina Veterinaria*, 17, 37–52. <https://bit.ly/3pb1RYu>
- Hewson, J., & Arroyo, L. G. (2015). Respiratory Disease. Diagnostic Approaches in the Horse. In *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice* (Vol. 31, Issue 2, pp. 307–336). W.B. Saunders. <https://bit.ly/3CAyPEU>
- Higgins, M. R., Izadi, A., & Kaviani, M. (2020). Antioxidants and exercise performance: with a focus on vitamin e and c supplementation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), 1–26. <https://bit.ly/442jngi>
- Hill, Wyse, A. (2004). La interaccion entre el catabolismo aerobico y el anaerobico durante el ejercicio. In A. Alcocer (Ed.), *Fisiologia animal* (Medical Pa, pp. 188–192). <https://bit.ly/3Jg69oc>
- Hinchcliff, K. W., Kaneps, A. J., & Geor, R. J. (2013). Equine sports medicine and surgery: Second edition. In *Equine Sports Medicine and Surgery: Second Edition*. Elsevier Ltd. <https://bit.ly/3JipXr4>
- Hodgson, D. R., McKeever, K. H., & McGowan, C. M. (2014). The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine: Second Edition. In *The Athletic Horse: Principles and Practice of Equine Sports Medicine: Second Edition*. Elsevier Inc. <https://bit.ly/3Pjy8XZ>
- Hovey, M. R., Davis, A., Chen, S., Godwin, P., & Porr, C. A. S. (2021). Evaluating Stress in Riding Horses: Part One-Behavior Assessment and Serum Cortisol. *Journal of Equine Veterinary Science*, 96. <https://bit.ly/3X9tihX>

- Hu, L., Wang, Z., Carmone, C., Keijer, J., & Zhang, D. (2021). Role of oxidative dna damage and repair in atrial fibrillation and ischemic heart disease. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 22, Issue 8). MDPI. <https://bit.ly/3Xfc1Eb>
- Indahningrum, R. putri, Naranjo, J., Hernández, Naranjo, J., Peccato, L. O. D. E. L., & Hernández. (2020). GUÍA DE EXPLORACIÓN CLÍNICA EN EQUINOS COMO MATERIAL DIDÁCTICO PARA EL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN ASISTIDA “LABIRA.” *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2507(1), 1–9.
- Ingelfinger, J. R., & Madias, N. E. (2014). *Lactic Acidosis*. The New England Journal of Medicine. <https://bit.ly/449sQ5D>
- Ingrid., V. (2011). *Equine Nutrition & Health Congress (EENHC), 2011 - Waregem, Belgium. Reprinted in IVIS with the permission of the Scientific Committee of the European Equine Health & Nutrition Congress* (pp. 26–32). <https://bit.ly/46cvAkk>
- Inoue, M., Sato, E. F., Nishikawa, M., Park, A.-M., Kira, Y., Imada, I., & Utsumi, K. (2005). Mitochondrial Generation of Reactive Oxygen Species and its Role in Aerobic Life. *Current Medicinal Chemistry*, 10(23), 2495–2505. <https://bit.ly/3CxllIog>
- Izurieta Barzola, J. L., Luna, D., Cedeño Prócel, Y. M., & Chacha Vega, S. R. (2016). DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE REFERENCIA EN EL HEMOGRAMA DE CABALLOS NACIDOS O CRIADOS A MÁS DE 3000 M.S.N.M. EN LA SIERRA CENTRO NORTE ECUATORIANA. *La Granja*, 25(1), 62. <https://bit.ly/4479n5m>
- Jakubczyk, K., Dec, K., Kałduńska, J., Kawczuga, D., Kochman, J., & Janda, K. (2020). Reactive oxygen species - sources, functions, oxidative damage. In *Polski merkuriusz lekarski : organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego* (Vol. 48, Issue 284, pp. 124–127). Pol Merkur Lekarski. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32352946/>
- Johnston, C., Holmt, K., Faber, M., Erichsen, C., Eksell, P., & Drevemo, S. (2002). Effect of conformational aspects on the movement of the equine back. *Equine Veterinary Journal. Supplement*, 34, 314–318. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05439.x>
- Kasper, J. D., Meyer, R. A., Beard, D. A., & Wiseman, R. W. (2019). Effects of altered pyruvate dehydrogenase activity on contracting skeletal muscle bioenergetics. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 316(1), R76–R86. <https://bit.ly/3PiGCi1>
- Kędzierski, W., Cywińska, A., Wawak, T., Janczarek, I., Wilk, I., & Kowalik, S. (2019). Plasma Apelin Concentration in Exercised Horses: Preliminary Study. *Journal of Equine Veterinary Science*, 80, 16–19. <https://bit.ly/3peFlhd>

- Kimber, N. E., Heigenhauser, G. J. F., Spriet, L. L., & Dyck, D. J. (2003). Skeletal muscle fat and carbohydrate metabolism during recovery from glycogen-depleting exercise in humans. In *Journal of Physiology* (Vol. 548, Issue 3, pp. 919–927). J Physiol. <https://bit.ly/467zg6Z>
- Kingston, J. K., & Bayly, W. M. (1998). Effect of exercise on acid-base status of horses. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 14(1), 61–73. <https://bit.ly/3NzXuiY>
- Klein, D. J., Anthony, T. G., & McKeever, K. H. (2021a). Metabolomics in equine sport and exercise. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(1), 140–148. <https://bit.ly/43M3ISx>
- Klein, D. J., Anthony, T. G., & McKeever, K. H. (2021b). Metabolomics in equine sport and exercise. In *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* (Vol. 105, Issue 1, pp. 140–148). Blackwell Publishing Ltd. <https://bit.ly/43M3ISx>
- Lancha, A. H., Recco, M. B., & Curi, R. (1994). Pyruvate carboxylase activity in the heart and skeletal muscles of the rat - Evidence for a stimulating effect of exercise. *Biochemistry and Molecular Biology International*, 32(3), 483–489. <https://bit.ly/441CV4s>
- Langner, K., Hörügel, U., Donat, K., & Vervuert, I. (2020). [Assessment of selenium status in relation to the supplementation of selenium enriched mineral licks and mineral feeds in equines in Thuringia]. *Tierärztliche Praxis. Ausgabe G, Grosstiere/Nutztiere*, 48(6), 398–405. <https://bit.ly/3p37jN9>
- Levine, D. G. (2015). The Normal and Abnormal Equine Neonatal Musculoskeletal System. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 31(3), 601–613. <https://bit.ly/442h7pl>
- Levy, B., Sadoune, L. O., Gelot, A. M., Bollaert, P. E., Nabet, P., & Larcen, A. (2000). Evolution of lactate/pyruvate and arterial ketone body ratios in the early course of catecholamine-treated septic shock. *Critical Care Medicine*, 28(1), 114–119. <https://bit.ly/3Pdt2wp>
- Lewis, S. S., Nicholson, A. M., Williams, Z. J., & Valberg, S. J. (2017). Clinical characteristics and muscle glycogen concentrations in warmblood horses with polysaccharide storage myopathy. *American Journal of Veterinary Research*, 78(11), 1305–1312. <https://bit.ly/3qR5u6s>
- Lieberman, A., M., & Ricer, R. (2015). BIOQUIMICA, BIOLOGIA MOLECULAR Y GENÉTICA (6 EDICION). In L. W. A. WILKINS. (Ed.), *ICB Research Reports* (ES, Issue 9). Lippincott Williams and Wilkins. <https://bit.ly/3NznsDj>
- Lindinger, M. I. (2011). Lactate: Metabolic fuel or poison for racehorses? In *Experimental Physiology* (Vol. 96, Issue 3, pp. 261–261). Blackwell Publishing Ltd. <https://bit.ly/3qJ1mFj>
- Lording, P. M. (2008). Erythrocytes. In *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*

- (Vol. 24, Issue 2, pp. 225–237). <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2008.04.002>
- Maddison, L., Karjagin, J., Tenhunen, J., Kirsimägi, Ü., & Starkopf, J. (2014a). 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. <https://bit.ly/3JiTgKf>
- Maddison, L., Karjagin, J., Tenhunen, J., Kirsimägi, Ü., & Starkopf, J. (2014b). 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. <https://bit.ly/3N7Y2ey>
- Manohar, M. (1987). Blood flow in respiratory muscles during maximal exertion in ponies with laryngeal hemiplegia. *Journal of Applied Physiology*, 62(1), 229–237. <https://bit.ly/3JnWHiD>
- Mariella, J., Pirrone, A., Gentilini, F., & Castagnetti, C. (2014). Hematologic and biochemical profiles in Standardbred mares during peripartum. *Theriogenology*, 81(4), 526–534. <https://bit.ly/3NAKJF2>
- Marr, C. M. (2015). The Equine Neonatal Cardiovascular System in Health and Disease. *Veterinary Clinics of North America - Equine Practice*, 31(3), 545–565. <https://bit.ly/42Q1LmK>
- McIlwraith, C. W., Frisbie, D. D., Rodkey, W. G., Kisiday, J. D., Werpy, N. M., Kawcak, C. E., & Steadman, J. R. (2011). Evaluation of intra-articular mesenchymal stem cells to augment healing of microfractured chondral defects. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 27(11), 1552–1561. <https://bit.ly/3NcN3ka>
- Mckenzie, E. (2011). Muscle physiology and nutrition in exercising horses. In *Equine Veterinary Journal* (Vol. 43, Issue 6, pp. 637–639). <https://bit.ly/3p3BoMy>
- Mejia, G. y arias maria. (2008). Evaluación del estado físico de caballos de salto mediante algunas variables fisiológicas. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 3(2), 31–41–41.
- Mickelson, J. R., & Valberg, S. J. (2015). The genetics of skeletal muscle disorders in horses. *Annual Review of Animal Biosciences*, 3, 197–217. <https://bit.ly/3Po4ZLr>
- Minami, Y., Kawai, M., Migita, T. C., Hiraga, A., & Miyata, H. (2011). Free radical formation after intensive exercise in thoroughbred skeletal muscles. *Journal of Equine Science*, 22(2), 21–28. <https://bit.ly/3iub4Yp>
- Mogollón, F. C., & Soto, J. L. P. (2013). Planteamientos relevantes sobre el metabolismo del lactato y su relación con el ejercicio físico. *Actividad Física y Desarrollo Humano*, January 2012. <https://bit.ly/3Xclufe>

- Mohar Hernández, F. (1996). *Bioquímica y Metabolismo animal* (L. H. Santacoloma (ed.); Medica Pan). Facultad de Ciencias Agrarias. <https://bit.ly/3PiWjpE>
- MØLLER, P., LOFT, S., LUNDBY, C., & OLSEN, N. V. (2001). Acute hypoxia and hypoxic exercise induce DNA strand breaks and oxidative DNA damage in humans. *The FASEB Journal*, *15*(7), 1181–1186. <https://doi.org/10.1096/fj.00-0703com>
- Monreal, L. (2019). *Fluidoterapia en equidos.pdf* (B.Braun Medical SA (ed.)). División Veterinaria.
- Narváez, D. F. L., Toro, K. E. H., Vega, S. R. C., & Prócel, Y. M. C. (2018). Determination of the reference values in the blood count of horses born or reared between 0 and 500 m.a.s.l. In the coastal region of Ecuador. *Granja*, *28*(2), 92–102. <https://bit.ly/445NXpq>
- Nolfi-Donagan, D., Braganza, A., & Shiva, S. (2020). Mitochondrial electron transport chain: Oxidative phosphorylation, oxidant production, and methods of measurement. In *Redox Biology* (Vol. 37). Elsevier B.V. <https://bit.ly/3Jk4CO9>
- Park, J. W., Kim, K. H., Choi, J. K., Park, T. S., Song, K. D., & Cho, B. W. (2021). Regulation of toll-like receptors expression in muscle cells by exercise-induced stress. *Animal Bioscience*, *34*(10), 1590–1599. <https://bit.ly/3NzoEGN>
- Passarella, S., & Schurr, A. (2018). L-lactate transport and metabolism in mitochondria of Hep G2 cells-the cori cycle revisited. In *Frontiers in Oncology* (Vol. 8, Issue APR). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fonc.2018.00120>
- Perez, R., Garcia, M., Cabezas, I., Guzman, R., Merino, V., Valenzuela, S., & Gonzalez, C. (1997). Actividad física y cambios cardiovasculares y bioquímicos del caballo chileno a la competencia de rodeo. *Archivos de Medicina Veterinaria*, *29*(2), 221–234. <https://bit.ly/3CAC9Qo>
- Piercy, R. J., Hinchcliff, K. W., DiSilvestro, R. A., Reinhart, G. A., Baskin, C. R., Hayek, M. G., Burr, J. R., & Swenson, R. A. (2000). Effect of dietary supplements containing antioxidants on attenuation of muscle damage in exercising sled dogs. *American Journal of Veterinary Research*, *61*(11), 1438–1445. <https://bit.ly/3CxeCQ8>
- Pingitore, A., Lima, G. P. P., Mastorci, F., Quinones, A., Iervasi, G., & Vassalle, C. (2015a). Exercise and oxidative stress: Potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. In *Nutrition* (Vol. 31, Issues 7–8, pp. 916–922). Nutrition. <https://bit.ly/3JkZ5Xz>
- Pingitore, A., Lima, G. P. P., Mastorci, F., Quinones, A., Iervasi, G., & Vassalle, C. (2015b). Exercise and oxidative stress: Potential effects of antioxidant dietary strategies in sports. In *Nutrition* (Vol. 31, Issues 7–8, pp. 916–922). Elsevier Inc. <https://bit.ly/46ahujl>
- Pitel, M. O., McKenzie, E. C., Johns, J. L., & Stuart, R. L. (2020). Influence of specific

- management practices on blood selenium, vitamin E, and beta-carotene concentrations in horses and risk of nutritional deficiency. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34(5), 2132–2141. <https://bit.ly/46IUvbQ>
- Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., Squadrito, F., Altavilla, D., & Bitto, A. (2017). Oxidative Stress: Harms and Benefits for Human Health. In *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* (Vol. 2017). Hindawi Limited. <https://bit.ly/3qR8pMn>
- Pohanka, M. (2020). D-Lactic Acid as a Metabolite: Toxicology, Diagnosis, and Detection. *BioMed Research International*, 2020. <https://bit.ly/3NAiOF6>
- Poole, D. C., & Erickson, H. H. (2013). Heart and vessels: Function during exercise and training adaptations. In *Equine Sports Medicine and Surgery: Second Edition* (Second Edi). Elsevier Ltd. <https://bit.ly/42M6o12>
- Quiroz, B. E. P., Ernesto, B. R. N., Camila, C. M. A., Ximena, C. M. N., Danessa, H. O. W., & Sebastián, M. B. J. (2018). Glucose and cortisol levels in urban traction horses in Florencia (Caquetá). *Revista Electronica de Veterinaria*, 19(5).
- Rabinowitz, J. D., & Enerbäck, S. (2020). Lactate: the ugly duckling of energy metabolism. *Nature Metabolism*, 2(7), 566–571. <https://bit.ly/3CADhDC>
- Ramzan, P. H. L. (2014). *The racehorse : a veterinary manual*. <https://www.routledge.com/The-Racehorse-A-Veterinary-Manual/Ramzan/p/book/9780367428310>
- Reyes-Bossa, B., Medina-Ríos, H., Cardona-Álvarez, J. A., Reyes-Bossa, B., Medina-Ríos, H., & Cardona-Álvarez, J. A. (2020). Evaluación de medidas morfométricas de tendones y ligamentos metacarpales palmares por ultrasonografía en caballos criollos colombianos. *Revista MVZ Córdoba*, 25(2), 71–80. <https://bit.ly/3JkKYBI>
- Rivero, J. L. L., & Hill, E. W. (2016). Skeletal muscle adaptations and muscle genomics of performance horses. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*, 209, 5–13. <https://bit.ly/46IVPFg>
- Rivero, J., Of, R. P.-E. exercise physiology: the science, & 2008, U. (2008). Muscle physiology: responses to exercise and training. *Books.Google.Com*, 463.
- Ropka-Molik, K., Stefaniuk-Szmukier, M., Żukowski, K., Piórkowska, K., & Bugno-Poniewierska, M. (2017). Exercise-induced modification of the skeletal muscle transcriptome in Arabian horses. *Physiological Genomics*, 49(6), 318–326. <https://bit.ly/3NA2nIM>
- Rosenstein, P. G., Tennent-Brown, B. S., & Hughes, D. (2018). Clinical use of plasma lactate concentration. Part 1: Physiology, pathophysiology, and measurement. *Journal of*

- Veterinary Emergency and Critical Care*, 28(2), 85–105. <https://bit.ly/43IrChZ>
- Ryan, K. D., Brodine, J., Pothast, J., & McGoldrick, A. (2020). Medicine in the Sport of Horse Racing. *Current Sports Medicine Reports*, 19(9), 373–379. <https://bit.ly/3qNEVyT>
- Sánchez-Valle, V., & Méndez-Sánchez, N. (2013). Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad ARTÍCULO DE REVISIÓN. *Rev Invest Med Sur Mex, Julio-Septiembre*, 20(3), 161–168.
- Santos, V. P. dos. (2006). Variações Hemato-Bioquímicas Em Quinos De Salto Submetidos a Diferentes Protocolos De Exercício Físico. In *Tese*.
- Schenkman, K. A., Marble, D. R., Burns, D. H., & Feigl, E. O. (1997). Myoglobin oxygen dissociation by multiwavelength spectroscopy. *Journal of Applied Physiology*, 82(1), 86–92. <https://bit.ly/3qKaBoR>
- Sciorsci, R. L., Lillo, E., Occhiogrosso, L., & Rizzo, A. (2020). Ozone therapy in veterinary medicine: A review. *Research in Veterinary Science*, 130, 240–246. <https://bit.ly/3qR9q79>
- Scott, B. D., & Martin, M. (2016). Entendiendo Los Signos Vitales De Vida En Caballos. *Texas Help*, 4. <https://bit.ly/43NVhWU>
- Shapoval, G. S., & Gromovaya, V. F. (2003). The mechanism of antioxidant protection of organism from “oxygen stress.” In *Ukrain'skyi Biokhimichnyi Zhurnal* (Vol. 75, Issue 2, pp. 5–13). <https://bit.ly/3IxVO7J>
- Snow, D. H. (1990). Haematological, biochemical and physiological changes in horses and ponies during the cross country stage of driving trial competitions. *Veterinary Record*, 126(10), 233–239. <https://bit.ly/46dsblh>
- Teerlink, T., Hennekes, M., Bussemaker, J., & Groeneveld, J. (1993). Simultaneous determination of creatine compounds and adenine nucleotides in myocardial tissue by high-performance liquid chromatography. *Analytical Biochemistry*, 214(1), 278–283. <https://bit.ly/43O3j2a>
- TRAININI1, J., , JORGE LOWENSTEIN2, , ALEJANDRO TRAININI1, 3 , MARIO BERAUDO, M. W., HABER2, D. L., LLABATA5, V. M., , FRANCESC CARRERAS COSTA6, B. E., & BASTARRICA3, M. E. (2022). The helical heart and its implication in the consequent spatial anatomical arrangement of its chambers. *Rev ARgent CARDiol*, 90, 469–472. <https://bit.ly/46bkEni>
- Uchida-Fujii, E., Kinoshita, Y., Niwa, H., Maeda, T., Nukada, T., & Ueno, T. (2021). High prevalence of *Mycoplasma equirhinis* in Thoroughbred horses with respiratory symptoms in autumn 2018. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 83(12), 1907–1912. <https://bit.ly/3qQa3hl>
- Ujueta Rodríguez, S. S. (2019). Análisis de la casuística equina del área de Grandes Animales de

- la Clínica Veterinaria U.D.C.A, Bogotá, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1). <https://bit.ly/3qQa059>
- Valberg, S. J., Iglewski, H., Henry, M. L., Schultz, A. E., & McKenzie, E. C. (2022). Skeletal Muscle Fiber Type Composition and Citrate Synthase Activity in Fit and Unfit Warmbloods and Quarter Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 118, 104123. <https://bit.ly/3CzW0yR>
- Valko, M., Rhodes, C. J., Moncol, J., Izakovic, M., & Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*, 160(1), 1–40. <https://doi.org/10.1016/J.CBI.2005.12.009>
- Valko, Marian, Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T. D., Mazur, M., & Telser, J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. In *International Journal of Biochemistry and Cell Biology* (Vol. 39, Issue 1, pp. 44–84). <https://bit.ly/3QqBxm9>
- van der Kolk, J. H., Thomas, S., Mach, N., Ramseyer, A., Burger, D., Gerber, V., & Nuoffer, J. M. (2020). Serum acylcarnitine profile in endurance horses with and without metabolic dysfunction. *Veterinary Journal*, 255, 105419. <https://bit.ly/3PjHVNI>
- Vargas, M. I. A. R. B. J.-P. L. (2019). MicroRNA-221 is overexpressed in the equine asthmatic airway smooth muscle and modulates smooth muscle cell proliferation. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*. <https://bit.ly/3CzTTuY>
- Villa Jiménez, I., Aguilar Cordero, M. J., Guisado Barrilao, R., Naranjo Orellana, J., & Guerrero Almeida, L. (2016). In Process Citation. *Nutricion Hospitalaria*, 33(2), 132. <https://bit.ly/3XbgZl8>
- Vollaard, N. B. J., Reeder, B. J., Shearman, J. P., Menu, P., Wilson, M. T., & Cooper, C. E. (2005). A new sensitive assay reveals that hemoglobin is oxidatively modified in vivo. *Free Radical Biology and Medicine*, 39(9), 1216–1228. <https://bit.ly/3qFP9Bi>
- Votion, D. M., Fraipont, A., Goachet, A. G., Robert, C., Van Erck, E., Amory, H., Ceusters, J., De La Rebière De Pouyade, G., Franck, T., Mouithys-Mickalad, A., Niesten, A., & Serteyn, D. (2010). Alterations in mitochondrial respiratory function in response to endurance training and endurance racing. *Equine Veterinary Journal. Supplement*, 42(38), 268–274. <https://bit.ly/3qGXDIIm>
- Wallsten, H., Olsson, K., & Dahlborn, K. (2012). Temperature regulation in horses during exercise and recovery in a cool environment. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 54, 42. <https://bit.ly/3NxvBvJs>
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2014). Fisiología del esfuerzo y del deporte. In *Igarss 2014*

(Issue 21). <https://bit.ly/3NAEbGr>

Yao, C. H., Wang, R., Wang, Y., Kung, C. P., Weber, J. D., & Patti, G. J. (2019). Mitochondrial fusion supports increased oxidative phosphorylation during cell proliferation. *ELife*, 8. <https://doi.org/10.7554/eLife.41351>

11 Anexos



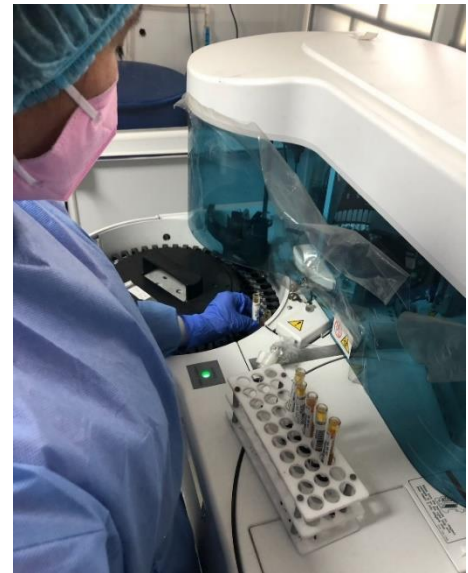
Anexo 1 Determinación de FC, FR, T°, TLC, TRPC, presión



Anexo 2 Aplicación de antioxidante y lactato de ringer previo al ejercicio.



Anexo 3 Toma de muestras de sangre



Anexo 4 Analizador bioquímico por espectrofotometría automatizada y reactiva Glucosa/LDH



Anexo 5 Analizador hematológico (RT-7600, RAYTO®, China).



Anexo 6 Recorrido y distancia durante el ejercicio.



Anexo 7 Toma de muestras de sangre Para LDH, glucosa.



Anexo 8 Determinación de frecuencia cardiaca y respiratoria durante el ejercicio.



Anexo 9 Post-ejercicio

Variables	Antioxidante (n=8)			Lactato de ringer (n=8)		
	Antes	Durante	Después	Antes	Durante	Después
F.C (lpm)	40±4,69 ^c	88±4,69 ^a	70,5b±4,69 ^b	40±4,69 ^c	88,5±4,69 ^a	67,5±4,69 ^b
F.R (rpm)	16±5,73 ^c	87,5±5,73 ^a	52±5,73 ^b	15,5±5,73 ^c	76±5,73 ^a	44,5±5,73 ^b
Temperatura (°C)	37±0,17 ^b		37,7±0,17 ^a	37,1±0,17 ^b		37,6±0,17 ^a
PA (Sys)	101±4,91		97,2±4,91	109±4,91		93,5±4,91
PA (Dya)	60,1±3,45		60±3,45	65,5±3,45		54,1±3,45
PA (Pul)	41,2±2,38 ^b		54,5±2,38 ^a	39,2±2,38 ^b		54,1±2,38 ^a
TLC	2,37±0,18 ^b		2,62±0,18 ^a	2,37±0,18		2,37±0,18

Anexo 10 Frecuencia cardiaca (F.C.), frecuencia respiratoria (F.R.), presión arterial (rpm), Sistólica (Sys), Diastólica (Dya), Pulso (pul) y tiempo de llenado capilar (TLC).

	Antioxidante			Lactato de ringer		
	Antes	Durante	Después	Antes	Durante	Después
LDH U/I	608±92,5 ^c	666±92,5 ^a	641±92,5 ^b	620±92,5 ^c	734±92,5 ^a	683±92,5 ^b
Glucosa mg/dl	105±5,55 ^a	89±5,55 ^c	91,1±5,55 ^b	106±5,55 ^a	99±5,55 ^c	94±5,55 ^b
Eritrocitos 10^{^12/l}	7,45±0,4 ^b		7,95±0,4 ^a	7,79±0,4 ^b		8±0,4 ^a
Hemoglobina g/dl	12±0,57 ^b		13,1±0,57 ^a	12,6±0,57 ^b		13±0,57 ^a
Hematocrito %	35,4±1,54 ^b		38,3±1,54 ^a	37,1±1,54 ^b		38±1,54 ^a

Anexo 11 Variable hematocrito no existió un efecto del tratamiento, tiempo y tratamiento*tiempo ($p > 0,05$).

Los animales fueron manejados con las normas para el cuidado y uso de animales en investigación según el “Código Orgánico del Ambiente” (ROS N° 983, Ecuador).

Anexo 12 Consideraciones éticas



The Youth English Project
Academia de Inglés

Loja, 20 de junio del 2023

David Andrés Araujo Palacios.

TRADUCTOR E INTÉRPRETE DE IDIOMAS (INGLÉS-ESPAÑOL-INGLÉS)

CERTIFICO:

Que se ha realizado la traducción de español a inglés del resumen derivado del trabajo de titulación denominado **“Evaluación de estrés oxidativo y aplicación de antioxidante durante ejercicio intenso de corta duración”** de autoría del Sr. **Bryan Alexander Castillo Ramón** portador de la cédula de identidad número **1900480250** estudiante de la carrera de **Medicina Veterinaria** de la **Facultad de Recursos Renovables Naturales** de la **Universidad Nacional de Loja**, mismo que se encuentra bajo la dirección de la **DVM. Elena Carolina Serrano Recalde MSc, PhD.**

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que considere conveniente.



Escanea el código QR para:
DAVID ANDRÉS ARAUJO
PALACIOS

Traductor

Registro: **MDT-3104-CCL-252098**

Teléfono: **0963660998**

Anexo 13 Certificado de traducción de resumen del Trabajo de Integración Curricular.



**LABORATORIO VETERINARIO
MALDONADO Y ASOCIADOS BIOMICROVET CIA. LTDA.**

QUÍMICA SÉRICA

Fecha: 12 de diciembre de 2022

Orden: 8269

Especie: Equina

Propietario:

A petición de: Sr. Alexander Castillo

DESHIDROGENASA LÁCTICA (Referencia: 210 – 490 U/l)			
IDENTIFICACIÓN	ANTES	DURANTE	DESPUÉS
Caballo 1	1148 UI	1211 U/l	1147 U/l
Caballo 2	599 UI	677 U/l	654 U/l
Caballo 3	485 UI	950 U/l	670 U/l
Caballo 4	725 UI	801 U/l	794 U/l

GLUCOSA (Referencia: 60 – 110 mg/dl)			
IDENTIFICACIÓN	ANTES	DURANTE	DESPUÉS
Caballo 1	64,20 mg/dl	85,50 mg/dl	80,14 mg/dl
Caballo 2	132,84 mg/dl	120,10 mg/dl	122,13 mg/dl
Caballo 3	94,67 mg/dl	73,96 mg/dl	74,85 mg/dl
Caballo 4	86,10 mg/dl	79,59 mg/dl	71,60 mg/dl

Estos resultados son válidos solo para las muestras analizadas
Y deben ser evaluados en su contexto clínico por un médico veterinario.

Dr. Jaime Maldonado R.

Anexo 14 Valores de referencia de laboratorio.



**LABORATORIO VETERINARIO
MALDONADO Y ASOCIADOS BIOMICROVET CIA. LTDA.**

HEMATOLOGICO

Fecha: 02 de diciembre de 2022

Orden: 8254

Nombre: Caballo 1

Edad:

Especie: Equina

Sexo:

Propietario:

A petición de: Sr. Alexander Castillo

	Lectura A	Lectura D	Referencia
Eritrocitos	6,92	8,09	5,3 – 13 x 10 ¹² /l
Hemoglobina	10,30	12,4	10,8 – 15 g/dl
Hematocrito	31,70	37,4	28 – 46 %
VCM	45,90	46,20	36 – 55 fL
HbCM	14,80	15,30	14 – 19 pg
CHbCM	32,30	33,20	30 – 37 g/dl
RDWCV	15,60	15,90	15 – 21 %
RDWSD	33,40	34,00	35 – 56 fL
Plaquetas	157	181	95 – 660 x 10 ⁹ /ul
MPV	6,70	6,90	5 – 9 fL
PDW	18,60	16,40	10 – 18 fL
PCT	0,105	0,124	0,1 – 0,5 %
P – LCR	11,30	14,10	13 – 43 %
Leucocitos	8,85	12,23	5 – 11 x 10 ⁹ /l

FORMULA LEUCOCITARIA

	Lectura A %	Lectura D %	Referencia %	Lectura A #	Lectura D #	Referencia #
Granulocitos	61,10	58,90	20 – 70	5,41	7,21	28 – 68
Linfocitos	35,40	38,30	20 – 80	3,13	4,68	1,4 – 5,6
Monocitos	3,50	2,80	2 – 8,0	0,31	0,34	0,2 – 0,8

Estos resultados son válidos solo para las muestras analizadas
Y deben ser evaluados en su contexto clínico por un médico veterinario.

Dr. Jaime Maldonado R.

Anexo 15 Valores de referencia de laboratorio.