

Evaluación del rendimiento deportivo en equinos de la raza Silla Argentino mediante la concentración de lactato plasmático en una banda caminadora

Evaluation of sports performance in horses of the Silla Argentino breed by plasma lactate concentration on a treadmill

Diana Franco¹ , Laura Aguirre-Naranjo¹ , Camilo Herrera³ , Yuly Rincón³ , Angélica Barbosa² , Germán Ramírez-Forero²  y John Infante^{2*} 

¹Fundación Universitaria Agraria de Colombia (UNIAGRARIA), Semillero de Investigación en Ciencias Veterinarias y Seguridad Alimentaria. Bogotá, Cundinamarca, Colombia. ²Fundación Universitaria Agraria de Colombia (UNIAGRARIA), Programa de Medicina Veterinaria. Bogotá, Cundinamarca, Colombia. ³Policía Nacional de Colombia, Escuela de Equitación Policial “Luis Augusto Tello Sánchez” (ESCEQ). Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

*Correo electrónico: infante.john@uniagraria.edu.co

RESUMEN

Las constantes fisiológicas y los diferentes cálculos que se pueden extrapolar a partir de las concentraciones de lactato en sangre, ofrecen información acerca de la salud y del rendimiento deportivo que puede llegar a alcanzar un caballo como deportista de élite. El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el rendimiento deportivo en caballos de salto para la raza Silla Argentino mediante la concentración de lactato en plasma (LAC), y la frecuencia cardíaca (FC), en una banda caminadora comercial a diferentes inclinaciones. Se evaluaron quince caballos de la Escuela de Equitación Policial, ubicada en Bogotá, Colombia. Las muestras de sangre y FC se tomaron en reposo, antes (inclinación 0 %) y durante la prueba (inclinaciones a 5,5; 10,5 y 15,5 %), y al enfriamiento. Los resultados mostraron un valor basal para la LAC y FC de $0,43 \pm 0,15$ mmol·litros⁻¹ (mmol·L⁻¹) y de 36 ± 10 latidos por minutos (lpm), respectivamente. Se evidenció una correlación positiva entre estos parámetros a medida que se incrementaba el porcentaje de inclinación de la banda caminadora. Para las diferentes medias en la LAC no se evidenciaron diferencias significativas ($P > 0,05$), no siendo así para la mayoría de comparaciones entre las medias referentes a la FC ($P < 0,05$). Se determinó que el umbral aeróbico para la población analizada se inicia a una elevación de 10,5 % en la banda caminadora a una FC media de 71 lpm. En conclusión, los caballos de la raza Silla Argentino de salto analizados pueden mantener o mejorar el rendimiento deportivo con las condiciones establecidas por la banda caminadora en velocidad e inclinaciones mejorando el umbral aeróbico.

Palabras clave: Policía nacional de Colombia; caballos de deporte; frecuencia cardíaca; umbral aeróbico; resistencia física

ABSTRACT

Assessment of sports performance in equine breed Silla Argentino by measuring the lactate concentration on a treadmill. Physiological constants, and the different calculations that can be extrapolated from blood lactate concentrations, offer information about the health and athletic performance that an elite athlete horse can attain. This study evaluated the athletic performance of jumping horses of the Silla Argentino breed by monitoring their plasma lactate concentration (LAC) and their heart rate (HR) on a commercial treadmill at different inclinations. Fifteen horses from the Police Riding School, located in Bogotá, Colombia, were assessed. Blood and HR samples were taken at rest (0% inclination), during the test (5.5, 10.5, and 15.5% inclination), and during the cooling period. Results showed a baseline value for LAC of 0.43 ± 0.15 mmol·L⁻¹ and HR of 36 ± 10 beats per minute (bpm). It was evidenced a positive correlation among the variables as the treadmill inclination increased. No significant differences were found for the LAC means ($P > 0.05$), opposite to the comparisons of the HR means ($P < 0.05$). The aerobic threshold for the analyzed population begins at 10.5% elevation in the treadmill with a mean HR of 71 bpm. In conclusion, equines studied from the Silla Argentino jumping breed can maintain, or improve, their athletic performance with the conditions established by the treadmill in speed and inclinations, improving the aerobic threshold.

Key words: Colombian national police; sports horses; heart rate; lactic acid concentration; physical resistance

INTRODUCCIÓN

La Policía Nacional de Colombia utiliza caballos (*Equus ferus caballus*) de las razas Silla Argentino (SA), Pura Raza Española (PRE), Frisón y caballos criollos colombianos para desarrollar distintas funciones zootécnicas. La gran mayoría de caballos son destinados al trabajo, para desempeñar labores, entre las que se encuentra el patrullaje de zonas rurales y urbanas, y el resto de los caballos son destinados a labores lúdicas, como caballos de deporte, entre éstas la doma y el salto. Los caballos de la raza SA sobresalen del resto de razas en la modalidad de salto, esta raza es similar a los de media sangre europeos en calidad de buen desempeño y fuerte estructura, estos caballos son inscritos en el libro genealógico perteneciente a la Asociación Argentina de Fomento Equino desde el año 1941 [3]. Debido a la homogeneidad de los ejemplares que surgieron de las manadas seleccionadas dejó de ser una agrupación caballar para pasar a ser una raza oficialmente reconocida. La raza SA es un equino fuerte, resistente, dócil, rústico y veloz. Se le utiliza para trabajo, silla, exhibición y equitación, especialmente por su aptitud natural para el salto [3].

En los caballos de salto, la fuerza requerida para superar una serie de obstáculos provoca un aumento de la concentración de lactato (LAC) y de frecuencia cardíaca (FC), producto de una mayor demanda de energía muscular, involucrando la participación del metabolismo anaeróbico. La medición de la FC durante el ejercicio en caballos es empleada para cuantificar la intensidad de la carga de trabajo, monitorear el acondicionamiento físico y para estudiar los efectos del ejercicio sobre el sistema cardiovascular [10, 27].

En cuanto al incremento de la LAC, ésta se reduce gradualmente con el entrenamiento, asociado a un incremento de la capacidad oxidativa del músculo, lo cual indica que la medición de lactato sanguíneo es un parámetro bioquímico práctico y útil para determinar la condición física [21].

La producción de lactato está dada por la glucólisis y gluconeogénesis, procesos que ocurren mayormente en las fibras de contracción rápida de los músculos involucrados en el ejercicio. El lactato se produce principalmente en las fibras musculares y en los glóbulos rojos. Este metabolito se forma cuando el cuerpo descompone carbohidratos para utilizarlos como energía y por ello se relaciona su concentración con el desempeño del deportista, a menudo es utilizado de forma indirecta como fuente de energía, en particular por las fibras musculares lentas y por las fibras cardíacas [16]. El lactato se produce siempre, incluso en individuos sanos, en reposo y bien oxigenados, pero la producción se incrementa con la actividad física [1]. El uso del lactato en equinos para evaluar la condición del animal es una técnica que se ha incorporado en los últimos años y que ha sido bien aceptada por sus buenos resultados. Es importante tener en cuenta que estos valores pueden variar según el ambiente, la pista en la que se practique el ejercicio y patologías que presente el animal, entre otras [16].

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento deportivo en caballos de salto para la raza Silla Argentino en Bogotá, pertenecientes a la Policía Nacional de Colombia, mediante la LAC en plasma, y la FC, para diferentes inclinaciones de una banda caminadora comercial *Walk Treadmill S3* (BCS3) (*Horse Gym 2000*) a una velocidad constante de 2,2 metros·segundos⁻¹ (m·s⁻¹).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia –UNIAGRARIA– reunida el 16 de julio del 2020.

Se utilizaron quince caballos, machos castrados, de la raza Silla Argentino destinados a la modalidad ecuestre de salto, con pesos que van desde los 409 kilogramos (kg) hasta los 670 kg, con una media de 510 kg. Las edades de los animales oscilaron en un rango de los 7 a los 17 años, con una media de 11 años, considerados clínicamente sanos, mediante pruebas clínicas físicas. Estos animales pertenecen a la Escuela de Equitación Policial “Luis Augusto Tello Sánchez” (ESCEQ), ubicados en la ciudad de Bogotá, Colombia. Esta ciudad se encuentra a una altura (metros –m– sobre el nivel del mar (msnm)) de 2.600 m, la temperatura local promedio para el mes de agosto del año 2020 (época en la que se realizó el estudio), fue de 14°C, la humedad relativa del 78 %. El estudio se realizó en horario de día (d) (entre las 10:00 am y las 2:00 pm). Todos los animales fueron sometidos al mismo tipo de manejo alimentario y sanitario. La alimentación de los animales se basó en agua *ad libitum*, 20 kg de pasto kikuyo de corte (*Pennisetum clandestinum*) y 1 kg de fibra peletizada comercial (Fortín Fibra, Solla) una vez al d, 1,5 kg de heno, dos veces al d (mañana y tarde), y 3 kg de alimento comercial (Campeón Derby, Solla), con 13 % de proteína cruda, al 1 % del peso corporal, dividido tres veces al d.

Durante 5 meses (mes), antes de realizar el presente estudio, los caballos fueron aclimatados al uso de la BCS3 para minimizar los efectos adversos que pudiesen existir debido al estrés. El entrenamiento semanal (sem) consistió en ejercicio con el animal en paso y trote durante un período desde 10 a 15 minutos (min) hasta 20 a 30 min en la BCS3, dos veces por sem, alternando en los otros tres d con ejercicios montados de salto y en marcha en picadero de la ESCEQ, de 2 a 3 horas (h). Los fines de sem los animales descansaban.

La toma de muestra de sangre y FC para cada uno de los animales se realizó de la siguiente manera: muestra 1, TR: en reposo (tomada antes de la prueba de ejercicio); T1: muestra 2, calentamiento (tomada al pasar cinco min del inicio de la actividad física y en la cual se llevó al animal a una velocidad de 2,2 m·s⁻¹); T2: muestra 3, a 5,5 % de inclinación (tomada al pasar 10 min del inicio de la actividad física); T3: muestra 4, a 10,5 % de inclinación (tomada al pasar 15 min del inicio de la actividad física); T4: muestra 5, a 15,5 % de inclinación (tomada al pasar 20 min del inicio de la actividad física); y TE: muestra 6, enfriamiento (obtenido 5 min después de finalizada la prueba de ejercicio). Todas las inclinaciones en la BCS3, los animales realizaron trote de trabajo a una velocidad de 2,2 m·s⁻¹ constante (FIG. 1).

Para la toma de muestras de sangre se realizó venopunción de la yugular (de manera previa se hace antisepsia local) con agujas desechables calibre 21 (25 milímetros (mm) x 0,8 mm) utilizando un sistema de extensión. La sangre fue depositada en tubos Vacutainer® (tapa gris, los cuales contienen fluoruro y oxalato de potasio) con capacidad de 4 mililitros (mL) de volumen. Cada muestra fue inmediatamente centrifugada a 1.098 G durante 10 min (centrifuga PRO 800-1, ZENY®, China) para separación de suero/plasma, el plasma se almacenó en tubos Eppendorf con capacidad de 2 mL de volumen. Las muestras se conservaron a 4°C (nevera Centrales CCN325PQJS, MABE®, Colombia) y fueron transportadas al laboratorio Clínico Veterinario del Centro Universitario de Atención Veterinaria Agraria de Colombia. En este laboratorio se procesaron las muestras según la metodología enzimática colorimétrica, según indicaciones del fabricante (Spinreact®, España) en un equipo de espectrofotometría Chem Touch

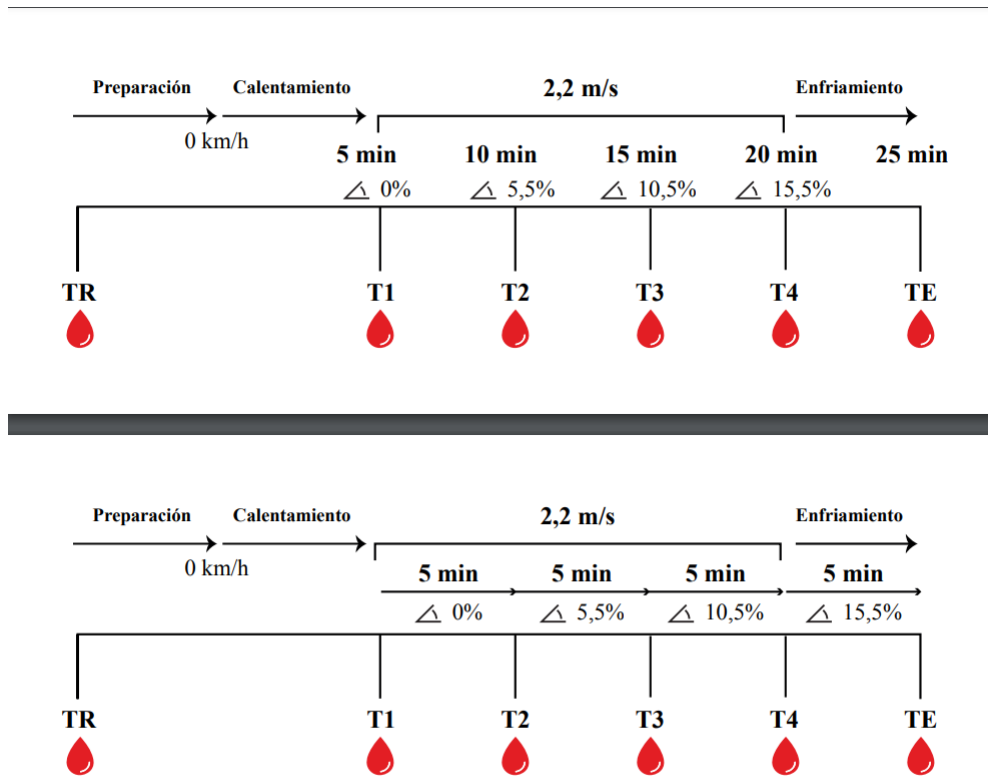


FIGURA 1. Esquema del ejercicio estandarizado en la banda caminadora BCS3 al que fueron sometidos los equinos y los momentos de la toma de muestras de sangre y frecuencia cardíaca: TR, T1, T2, T3, T4 Y TE

(ERBA Diagnostics Mannheim, EUA), se utilizó un analizador de química clínica semiautomática Erba Chem 7 (ERBA Diagnostics Mannheim, EUA). La FC fue monitorizada de manera permanente por medio de un reloj pulsómetro (Onrhythm 110, Geonaute®, Francia), el cual fue ajustado y ubicado alrededor del tórax del animal.

El análisis de los resultados se realizó mediante el estadístico T-Student con el programa estadístico computarizado PAST (versión 4.0) [14] para comparar las medias de las distintas variables (FC y LAC) para los distintos tiempos, e inclinaciones, de la prueba física. Los datos se evaluaron mediante pruebas paramétricas (análisis de varianza - ANOVA) seguido de la comparación entre medias (prueba de Tukey) con un nivel de significancia del 5 %. En estos análisis se tuvo en cuenta la influencia del ejercicio físico en las concentraciones de las variables estudiadas (análisis de varianza unidireccional). Finalmente, con este mismo programa estadístico, se calculó el umbral aeróbico mediante el valor de la pendiente de la curva entre las diferentes mediciones para la LAC en función de las inclinaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación física de los equinos por medio de las variables fisiológicas y mediciones de ciertos parámetros bioquímicos es importante ya que determina de manera previa el condicionamiento físico del animal antes de la competencia [11]. Los valores que se reportan en este estudio sirven, además de referencia, tanto para la especie equina como para la raza SA, y es valioso resaltar que hasta

el momento no se tiene información sobre el tema en el trópico alto, especificando raza y usando estas dos variables (LAC y FC).

La población equina de la raza SA tuvo un valor para la media de LAC de $0,43 \pm 0,15 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, siendo un valor que se encuentra por debajo de los valores reportados por diferentes autores, quienes reportan valores basales para la especie equina que van entre $0,5$ y $1 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ [16, 20, 23, 24]. El valor, ligeramente más bajo que el mínimo reportado por otros autores puede deberse a factores extrínsecos al animal, como el hecho que los equinos se encuentran a un nivel de 2.600 msnm, como a factores intrínsecos, como el alto nivel de entrenamiento que tienen estos caballos diariamente. Aunque en el estudio realizado por Hauss y col. [15], en el cual realizan una comparación del método enzimático colorimétrico, reportan una media para la LAC en plasma de $0,41 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ en la raza Árabe, siendo un valor muy similar a los resultados obtenidos.

Con respecto a los valores obtenidos para las medias de las LAC se evidencia un incremento gradual en función del tiempo, aunque no existe significancia estadística entre estos valores para cada toma ($P < 0,05$). El incremento en promedio, entre las diferentes tomas, fue del $0,01 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ para cada grado de inclinación desde TR hasta T4, a partir de ahí se observa cómo descienden rápidamente los niveles de la LAC hasta TE (TABLA I). El valor para la T1 de $0,45 \pm 0,19 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ es similar a los obtenidos por Contreras y col. [7] y Couroucé y col. [8] para el 0 % de inclinación, aunque para velocidades entre los $4,17$ y $7,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, esto demuestra que independientemente la velocidad en una banda sin inclinación y en corto tiempo no se obtiene mayor relevancia

TABLA I
Análisis de la varianza para el efecto concentración de lactato en plasma para la raza Silla Argentino

LAC (mmol·L ⁻¹)				
Variable	Media	Min	Max	SD
TR	0,43	0,23	0,81	0,15
T1	0,45	0,25	1,01	0,19
T2	0,44	0,16	0,82	0,18
T3	0,46	0,10	1,27	0,26
T4	0,56	0,29	1,58	0,30
TE	0,54	0,23	1,12	0,18

LAC: concentración de lactato; mmol·L⁻¹: milimol por litro; Min: mínimo; Max: máximo; SD: desviación estándar

en la LAC. Para T2 se obtuvo una media de $0,44 \pm 0,18$ mmol·L⁻¹, no se explica el porqué de la disminución en la concentración LAC, frente a otros autores [11, 26], en los cuales reportan niveles más altos, aclarando velocidades y tiempos mayores, en un grado de inclinación del 6 %, y en los cuales se demuestra una curva exponencial. Sin embargo, Contreras y col. [7] reportan tener una curva no siempre exponencial, encontrándose una ligera baja frente a la media durante las primeras tomas de la LAC.

Con base a los resultados de la LAC obtenidos en T3 y T4, los cuales fueron $0,46 \pm 0,26$ y $0,56 \pm 0,30$ mmol·L⁻¹, se observan niveles bajos en comparación con otros estudios [15, 17, 19], en los cuales usaron inclinaciones similares, puesto que usan velocidades y tiempos mayores en la prueba física. Sin embargo, se encontró similitud de resultados a los obtenidos por un estudio realizado por Eaton y col. [12], en cuanto a valores de la LAC en plasma, medidos en baja velocidad en diferentes inclinaciones, en donde se demuestra que, a mayor inclinación usada, mayor es la LAC, independientemente de la velocidad experimentada (TABLA I). No se pueden comparar estudios realizados en inclinaciones específicamente de 15,5 % ya que no se encontraron tales investigaciones, se relacionó con la inclinación del 17 % puesto que fue la inclinación mayor reportada.

Hinchcliff y col. [16] reportan hasta los 4 mmol·L⁻¹ como buen predictor de capacidad aeróbica y se observa un aumento de la LAC en respuesta a aumentos adicionales a la velocidad y el tiempo que el animal la mantiene. Varios autores [11, 15, 17, 19, 26] reportan que, a velocidades entre 3 y 8 m·s⁻¹, a partir de inclinaciones del 6 % en adelante, alcanzan los 4 mmol·L⁻¹. También es importante tener en cuenta la altura msnm a la que los animales son evaluados ya que, a mayor altura, menor es la disponibilidad de oxígeno; por lo tanto, menos lactato es acumulado en sangre durante el ejercicio, este fenómeno se ha descrito como la paradoja del lactato [1].

En cuanto a los resultados de los valores basales para la FC en la raza SA se obtuvo una media de $36 \pm 10,32$ lpm, valor que se encuentra dentro del rango de referencia reportado por diferentes autores [4, 9, 10, 27]. Para los caballos de salto en Bogotá, diferentes autores reportan valores para la media de 41 lpm en reposo [6, 13], valor que se ajusta al reportado en el presente estudio. De manera significativa, un individuo para la FC obtuvo un valor por encima de la media (68 lpm), este valor se puede atribuir a que el caballo se encontraba nervioso en el momento de iniciar la prueba.

Los valores obtenidos para la FC aumentaron de manera significativa para la mayoría de medias entre las tomas realizadas. Se incrementa paulatinamente desde TR hasta T4 a medida en que se incrementa el porcentaje de inclinación durante la prueba. El aumento de la FC se explica por los requerimientos que exige el ejercicio y es directamente proporcional a la velocidad y a la demanda de oxígeno [6]. La FC registrada por otros autores [2, 6, 9, 15, 27] es coherente a la obtenida en función de las inclinaciones, aunque la mayoría de estos trabajos que se reportan llegan a evaluar velocidades mayores (hasta los 8,3 m·s⁻¹) y obtienen resultados para la FC iguales o superiores a los 200 lpm, la cual puede variar en función de la raza, peso, edad, condiciones climáticas, trabajo y altura, entre otras [3]. Los valores obtenidos son relacionados, puesto que los caballos usados en el presente estudio mantuvieron siempre una gráfica lineal en función a la velocidad y grados de inclinación implementados, al no llegar a una FC máxima o superior a 200 lpm, en la cual alcanzarían un metabolismo anaerobio o superior de los 4 mmol·L⁻¹, se puede decir que los equinos mantuvieron el metabolismo aerobio durante la prueba. En TE se observa cómo desciende rápidamente en la recuperación hasta llegar a su FC basal en menos de 10 min, esto también muestra la buena condición física y atlética del animal (TABLA II).

TABLA II
Análisis de la varianza para el efecto frecuencia cardiaca para la raza Silla Argentino

FC (lpm)				
Variable	Media	Min	Max	SD
TR	36	28	68	10,32
T1	54,26	22	72	12,28
T2	66,93	44	84	9,05
T3	70,93	56	84	9,95
T4	78,13	64	88	7,98
TE	47,6	32	60	8,64

FC: frecuencia cardiaca; lpm: latidos por minuto; Min: mínimo; Max: máximo; SD: desviación estándar

En cuanto a la correlación de la curva de la LAC y FC por medio de los valores obtenidos, se puede observar que las dos variables están correlacionadas en función del tiempo e inclinaciones (FIG. 2). A medida que aumenta el porcentaje de inclinación, el equino debe realizar un esfuerzo mayor en la banda caminadora, la LAC y la FC ascienden de forma gradual por la mayor demanda para mantener el ritmo [6], igual a como se ha evidenciado en los diferentes artículos mencionados [5, 8, 9, 12]. Se determinó que el umbral aeróbico para la población analizada se inicia a una elevación de 10,5 % en la banda caminadora a una FC media de 71 lpm. El análisis en conjunto de estas dos variables (LAC y la FC) hace tener mayor precisión a la hora de calcular el estado de trabajo del equino, ya que la sola FC no es un indicador confiable, por lo que su aumento queda sujeto a la excitación cardiaca provocada por el sistema simpático y el sistema nervioso autónomo [4].

Los resultados obtenidos en el presente estudio expresan que los equinos mantuvieron un metabolismo aeróbico eficiente, y no alcanzaron en ninguna etapa los 4 mmol·L⁻¹, esto debido al

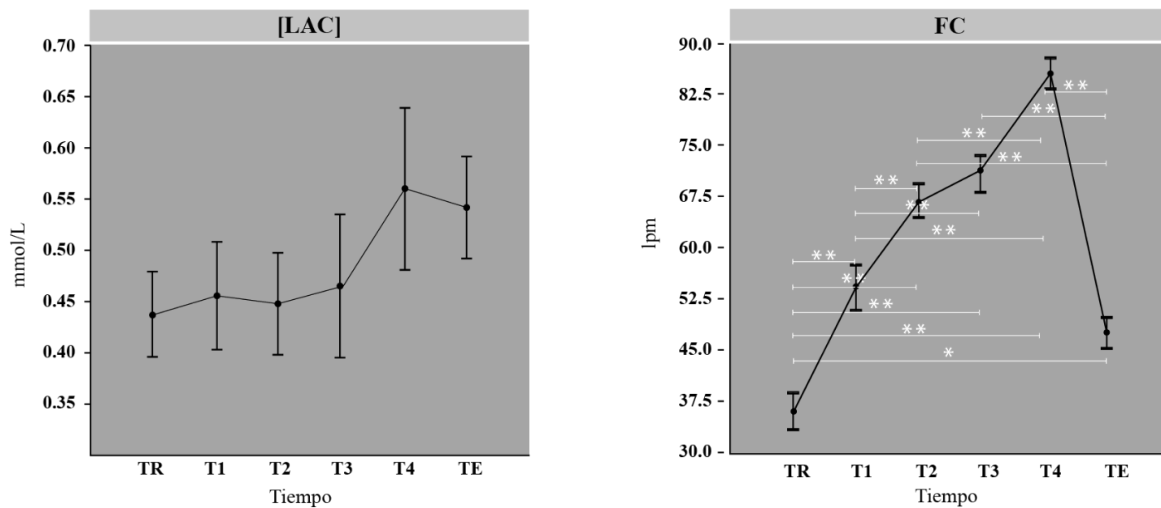


FIGURA 2. Resultados promedios obtenidos en plasma sanguíneo para la LAC (Lactato) y con un reloj pulsómetro para FC (Frecuencia Cardiaca)

entrenamiento que estos equinos realizan en las clases de salto y competencias. Diferentes autores [2, 4, 5, 13, 18, 22, 23] concluyen que caballos en buen estado físico tienen menores niveles de LAC y de FC, ya que su metabolismo aeróbico es eficiente, tienen una mejor tasa de eliminación del lactato producido por el músculo, el cual mejora su capacidad, y por el contrario, un equino que es expuesto a una alta intensidad con un bajo estado físico presenta niveles más altos de lactato, ya que su aporte de oxígeno es insuficiente; estos equinos poco entrenados pueden llegar a obtener LAC de 30 mmol·L⁻¹ por lo que se produce un cambio del pH sanguíneo, como consecuencia de la falla en el aclaramiento del lactato acumulado, llevando a la acidemia, fatiga muscular y miopatía [16, 25].

Mare y col. [17] reportan que, es la inclinación ideal para este tipo de caballos para obtener un umbral anaeróbico de lactato, con esta disciplina (salto y tropa), es de 10 %, y la velocidad constante adecuada es de aproximadamente 10-11 m·s⁻¹, lo que puede explicar los bajos niveles de lactato plasmático obtenidos en el presente estudio, además estos mismos autores afirman que equinos de salto alcanzan FC y niveles de LAC en sangre mucho más bajos durante la competencia, que los semovientes equinos de resistencia o las razas estándar utilizadas para trotar, esto se debe a que son semovientes que constantemente se encuentran en una preparación física (entrenamiento diario) y su sistema muscular y metabolismo logran alcanzar un nivel de resistencia mayor generando el menor daño posible a nivel músculo esquelético de los mismos.

Estudios realizados en campo [13, 24, 28] muestran niveles para la LAC y la FC mayores que los obtenidos en el presente estudio en la BCS3, ya que estas investigaciones en campo han establecido que diferentes factores, como la acción del jinete, la biomecánica locomotora, el tipo de suelo, las condiciones ambientales y también los factores psicógenos, influyen directamente en la producción de LAC y de FC, además estos valores, en respuesta a un test de ejercicio, disminuyen en caballos aclimatados a la banda caminadora [5].

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio demostraron que el uso de una banda caminadora a una velocidad máxima, y constante, de 2,2 m·s⁻¹, y una elevación de hasta 15,5 % mejoran el umbral aeróbico más no el umbral anaeróbico, puesto que nunca se superaron los 4 mmol·L⁻¹ para la concentración de ácido láctico en plasma. La medición de la frecuencia cardiaca es una constante fundamental en las pruebas físicas de los equinos de elite, pues aporta información, tanto del animal como de la intensidad del ejercicio ejecutado, además de estar correlacionado su incremento con el de la concentración de ácido láctico, con lo que es posible establecer un entrenamiento en el equino apropiado.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaramos que no existe ningún conflicto de interés en este documento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ÁLVAREZ, J. Evaluación fisiológica del lactato como marcador bioquímico utilizado para indicar la intensidad del ejercicio. Departamento de Ciencias Fisiológicas. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Tesis de Grado. Pp 36-59. 2014.
- [2] ART, T.; LEKEUX, P. Exercise - induced physiological adjustments to stressful conditions in sport horses. **Livest. Prod. Sci.** 92(2): 101-111. 2005.
- [3] ASOCIACIÓN ARGENTINA DE FOMENTO EQUINO (AAFE). Silla Argentino destacados. 2019. En línea: <https://bit.ly/3cYyu53>. 24/01/2021.
- [4] BOFFI, F. Respuesta y adaptación. **Fisiología del ejercicio en equinos**. 1ª. Ed. Inter - Medica. Pp 123-132. 2007.
- [5] CASTEJÓN, C. Field and treadmill exercise tests in the endurance horse: methodology, measurements and interpretation. Universidad de Córdoba, España. Tesis de Grado. Pp 34-256. 2014.

- [6] CHAPARRO, J. Determinación de parámetros fisiológicos frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y pH sanguíneo de caballos paso fino colombiano en reposo, ejercicio y post ejercicio en la sabana de Bogotá. Universidad de la Salle, Bogotá. Tesis de Grado. Pp 14–18. 2015.
- [7] CONTRERAS, M.; CERÓN, J.; MUÑOZ, A.; AYALA, I. Changes in saliva biomarkers during a standardized increasing intensity field exercise test in endurance horses. **Anim.** 15(6): 100–236. 2021.
- [8] COUROUCÉ, A.; CORDE, R.; VALETTE, J.; CASSIAT, G.; HODGSON, D.; ROSE, R. Comparison of some Responses to Exercise on the Track and the Treadmill in French Trotters: Determination of the Optimal Treadmill Incline. **The Vet. J.** 159(1): 57–63. 2000.
- [9] COUROUCÉ, A.; CHRÉTIEN, M.; VALETTE, J. Physiological variables measured under field conditions according to age and state of training in French Trotters. **Equine Vet. J.** 34(1): 91–97. 2002.
- [10] CUNNINGHAM, J. Actividad eléctrica del corazón. **Fisiología Veterinaria**. 5ta. Ed. Elsevier España S.A. Pp 171–186. 2002.
- [11] D'ANGELIS, F.; FERRAZ, G.; BOLELI, I.; LACERDA-NETO, J.; QUEIROZ-NETO, A. Aerobic training, but not creatine supplementation, alters the gluteus medius muscle. **J. Anim. Sci.** 83(3): 579–585. 2005.
- [12] EATON, M.; EVANS, D.; HODGSON, D.; ROSE, R. Effect of treadmill incline and speed on metabolic rate during exercise in thoroughbred horses. **J. Appl. Physiol.** 79(3): 951–957. 1995.
- [13] GUERRERO, P.; PORTOCARREÑO, L.; MUTIS, C.; RAMÍREZ, J. Determinación de frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, lactato deshidrogenasa, creatinquinasa y lactato en caballos durante competencia de salto en la Sabana de Bogotá. **Rev. Med. Vet.** 17: 37–52. 2009.
- [14] HAMMER, O.; HARPER, D.; RYAN, D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontol. Electr.** 4(1): 9. 2001.
- [15] HAUSS, A.; STABLEIN, C.; FISHER, A.; GREENE, H.; NOUT-LOMAS, Y. Validation of the Lactate Plus Lactate Meter in the horse and its use in a conditioning program. **J. Equine Vet. Sci.** 34(9): 1064–1068. 2014.
- [16] HINCHCLIFF, K.; KANEPS, A.; GEOR, R. Muscle physiology: responses to exercise and training. **Medicine and surgery of equine sport, Equine Sports Medicine and Surgery Basic and clinical sciences of the equine athlete**. 2nd. Ed. Saunders/ Elsevier. Pp 69–109. 2014.
- [17] LINDNER, A.; MOSEN, H.; KISSENBECK, S.; FUHRMANN, H.; SALLMANN, H. Effect of blood lactate-guided conditioning of horses with exercises of differing durations and intensities on heart rate and biochemical blood variables. **J. Anim. Sci.** 87(10): 3211–3217. 2009.
- [18] MARE, L.; BOSHUIZEN, B.; PLANCKE, L.; MEEUS, C.; BRUIJN, M.; DELESALLE, C. Standardized exercise tests in horses: current situation and future perspectives. Ghent University, Salisburylaan 133, Belgium. **Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift**. 86(2): 63–70. 2017.
- [19] MARTIN, A.; GONZALES, C.; LLOP, F. Presente y futuro del ácido láctico. **Rev. AMD**. 4(120): 270–284. 2007.
- [20] MCGOWAN, C. Clinical pathology in the racing horse: the role of clinical pathology in assessing fitness and performance in the racehorse. **The Vet. Clin. North Amer.: Equine Pract.** 24(2): 405–421. 2008.
- [21] MEJIA, G.; ARIAS, M. Evaluación del estado físico de caballos de salto mediante algunas variables fisiológicas. **CES Med. Zoot.** 3(2): 31–41. 2008.
- [22] MIRIAN, M. Padronização de teste incremental de esforço máximo a campo para cavalos que pratiquem “hipismo clássico”. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. Tesis de Grado. Pp 32–60. 2008.
- [23] NOGUEIRA, J.; SOUZA, M.; PEREIRA, E.; CUÑA, R.; COELHO, C. Concentrações séricas de aspartato aminotransferase e creatinoquinase e concentrações plasmáticas de lactato em equinos da raça Mangalarga Marchador após exercício físico. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.** 49(6): 480–486. 2012.
- [24] PICCIONE, G.; MESSINA, V.; CASELLA, S.; GIANNETTO, C.; CAOLA, G. Blood lactate levels during exercise in athletic horses. **Comparat. Clin. Pathol.** 19(6): 535–539. 2010.
- [25] PÖSÖ, A. Monocarboxylate transporters and lactate metabolism in equine athletes: a review. **Acta Vet. Scand.** 43(2): 63–74. 2002.
- [26] RIVERO, J.; RUZ, A.; MARTI-KORFF, S.; LINDNER, A. Contribution of exercise intensity and duration to training-linked myosin transitions in Thoroughbreds. **Equine Vet. J.** 38(Suppl.36): 311–315. 2006.
- [27] SERRANO, M.; EVANS, D.; HODGSON, J. Heart rate and blood lactate response during exercise in preparation for eventing competition. **Equine Vet. J.** 34: 135–139. 2002.
- [28] VERGARA, F.; TADICH, T. Effect of the Work Performed by Tourism Carriage Horses on Physiological and Blood Parameters. **J. Equine Vet. Sci.** (35): 213–218. 2015.