



Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia

ISSN: 0120-2952

ISSN: 2357-3813

Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia  
Universidad Nacional de Colombia

Arias, M. P.; Maya, J. S.; Arango, L.  
Efectos de dos protocolos de entrenamiento sobre el lactato sanguíneo en caballos de paso fino  
Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia,  
vol. 66, núm. 3, 2019, Septiembre-Diciembre, pp. 219-230  
Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia Universidad Nacional de Colombia

DOI: <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v66n3.84259>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407663035003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

## Efectos de dos protocolos de entrenamiento sobre el lactato sanguíneo en caballos de paso fino

M. P. Arias<sup>1</sup>\*, J. S. Maya<sup>1</sup>, L. Arango<sup>1</sup>

*Artículo recibido: 18 de septiembre de 2019 · Aprobado: 10 de diciembre de 2019*

### RESUMEN

**Objetivo:** comparar los efectos de un protocolo de entrenamiento de resistencia (ER) con un protocolo tradicional (ET) sobre la concentración sanguínea de lactato (L) y la creatin kinasa (CK). **Materiales y Métodos:** se aplicaron dos protocolos de entrenamiento durante 6 meses divididos en tres etapas. Se realizaron pruebas de esfuerzo antes de comenzar los protocolos de entrenamiento y al finalizar cada una de las etapas. En cada prueba se tomaron muestras de sangre venosa en reposo, durante el ejercicio y en recuperación para medir el lactato (L) y al inicio y al final para medir la creatin kinasa (CK) e inferir las adaptaciones metabólicas y musculares. Se calculó la diferencia de medianas del lactato basal por medio de la U Mann Whitney y se comparó la diferencia de medias del porcentaje de aclaramiento entre los grupos a través de la T de Students. **Resultados:** se encontró una diferencia significativa en el porcentaje de depuración de lactato entre ER y ET. También hubo un aumento significativo de los valores de CK intra-grupos, antes y después de las pruebas, pero manteniéndose dentro de los rangos de referencia. **Discusión:** el ER aumentó la capacidad de metabolizar el lactato pos-ejercicio en potros con entrenamiento de resistencia, aunque no hubo diferencias entre la máxima producción de L entre el grupo ER y ET. El comportamiento de la CK dentro de los rangos de referencia indica que no hubo daño muscular en los potros de ambos grupos. **Palabras clave:** adaptaciones, entrenamiento, fisiología del ejercicio, metabolismo aeróbico, resistencia.

## Effects of two training protocols on blood lactate in paso fino horses

### ABSTRACT

**Objective:** To compare the effects of a resistance training protocol (ER) with a traditional protocol (ET) on blood lactate concentration and CK. **Materials and methods:** Two training protocols were applied for 6 months divided into three stages. Effort tests were performed before beginning the training protocols and at the end of each stage. In each test, samples of venous blood were taken at rest, during exercise and in recovery to measure lactate (L), and at the beginning and at the end to measure creatine kinase (CK) and infer metabolic and muscular adaptations. The difference in baseline lactate medians was calculated using Mann Whitney U and the mean difference in the percentage

<sup>1</sup> Grupo INCA-CES, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad CES. Calle 10A Nro. 22-04, Medellín (Colombia).

\* Autor para correspondencia: [marias@ces.edu.co](mailto:marias@ces.edu.co).

of clearance between the groups was compared through the Students' T test. **Results:** A significant difference in the percentage of lactate clearance between ER and ET was found. There was also a significant increase in intra-group CK values, before and after the tests, but remaining within the reference ranges. **Discussion:** ER increased the ability to metabolize post-exercise lactate in foals with resistance training, although there was no difference between the maximum production of L between the ER group and ET. The behavior of CK within the reference ranges indicates that there was no muscle damage in the foals of both groups of foals.

**Keywords:** adaptations, training, exercise physiology, aerobic metabolism, endurance.

## INTRODUCCIÓN

Las adaptaciones cardiovasculares, respiratorias, metabólicas y musculo esqueléticas a los diversos tipos de entrenamiento han sido estudiadas en caballos atletas que compiten en varias disciplinas deportivas lo cual ha permitido generar programas de entrenamiento de acuerdo con la capacidad física de trabajo de estas razas (Guerrero *et al.* 2009; Adamu *et al.* 2013; Navas de Solis 2019; Parkes *et al.* 2019). Sin embargo, ninguno de estos estudios se ha llevado a cabo en el Caballo Criollo Colombiano (CCC) que se desempeña en competencias de pista, por lo cual, los protocolos de entrenamiento implementados hoy día son basados en la experiencia de los criadores o jinetes.

Debido a que se ha demostrado una variabilidad intra-especie en las diferentes razas equinas en cuanto al metabolismo, la capacidad cardiorespiratoria y la composición muscular (Enríquez *et al.* 2015) no es posible extrapolar protocolos de entrenamiento establecidos en unas modalidades deportivas a otras. El entrenamiento permite mejorar la resistencia o la capacidad aeróbica, incrementar la velocidad y la fuerza muscular, disminuir el riesgo de lesiones musculo-esqueléticas, mejorar las habilidades biomecánicas y la coordinación neuromuscular y buscar que el caballo mantenga su disposición

para realizar las actividades que el jinete requiera (Hodgson *et al.* 2014).

En el CCC el entrenamiento o “adiestramiento” comienza entre los 24 y 28 meses de edad y dura entre seis y ocho meses, de tal forma que los animales participan en la primera competencia de pista a los 36 meses de edad. Durante esta etapa se hacen ejercicios de aprendizaje de ordenes básicas, trabajo a la cuerda, trabajo de rienda y cortos desplazamientos en el paso fino, que se ejecuta en cuatro tiempos por bípedos laterales. Luego de esta fase inicial, los caballos comienzan un entrenamiento en el cual básicamente se trabaja en la reunión, el manejo de la rienda y la velocidad del andar. Se buscan caballos veloces, pero en esta disciplina deportiva la velocidad se mide en número de batidas o pisadas por minuto (Fedequinas 2018). Durante una competencia de pista el caballo ejecuta en su andar unos ejercicios de rutina que pueden durar desde 2 hasta 8 minutos a una intensidad entre moderada y alta (160 y 200 lpm). Por la intensidad y duración del ejercicio, esta disciplina requiere del desarrollo de *stamina* (resistencia para mantener la velocidad) y de habilidades biomecánicas; el proceso de entrenamiento para lograr estos objetivos y alcanzar un alto rendimiento dura de dos a tres años (Arias *et al.* 2006).

Aún no se han descrito parámetros de acondicionamiento inicial ni de en-

trenamiento para mejorar la resistencia o la velocidad en caballos de paso fino; sin embargo, se toma como base el hecho de que, para aumentar la capacidad aerobia muscular, se recomienda trabajar al caballo a baja intensidad, es decir, a una frecuencia cardiaca menor de 140 lpm, mientras que para mejorar la fuerza y velocidad se debe ejercitar a una frecuencia cardiaca mayor de 160 lpm (Ferraz *et al.* 2008). Tampoco se ha establecido si los programas de entrenamiento tradicional basados en la experiencia del jinete o los protocolos de ejercicio a una intensidad controlada son adecuados para mejorar el rendimiento deportivo del CCC. El objetivo del presente estudio fue describir el comportamiento del lactato y la creatin kinasa (CK) bajo dos protocolos de entrenamiento, uno tradicional y otro de resistencia, en CCC de paso fino que inician su entrenamiento para competir en pistas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Tipo de estudio

Ensayo clínico controlado, longitudinal.

### Lugar de estudio

Se realizó en varios criaderos en el municipio de Rionegro (Colombia), a una altitud de 2130 m s.n.m. y una temperatura promedio de 18°C.

### Animales

Se tomó una muestra por conveniencia de 12 potros y potrancas de la raza CCC de paso fino, entre 24 y 36 meses, los cuales se encontraban registrados en alguna de las asociaciones equinas del país y estaban comenzando un programa de entrenamiento para competir en pista. A todos los caballos se les realizó un examen físico

general al inicio del estudio para verificar su buen estado de salud y el propietario firmó el consentimiento para participar en el estudio. Se dividieron los caballos en dos grupos: 6 equinos sometidos a un protocolo de entrenamiento de baja a moderada intensidad para mejorar la resistencia (ER), y otros 6 realizaron el entrenamiento como tradicionalmente lo hacen los jinetes de esta disciplina deportiva (ET). Los dos grupos se sometieron al entrenamiento durante un periodo de 6 meses.

### Protocolo de entrenamiento

El protocolo de entrenamiento en el grupo ER e realizó en un ciclo de seis meses con tres etapas de dos meses de duración cada una. Cada semana los caballos tuvieron 3 sesiones de ejercicio controlado y los 3 días alternos hicieron trabajo de adiestramiento a baja intensidad, con ejercicios de manejo de la rienda y del freno, flexibilidad, posición de la cabeza y reunión.

Las zonas de intensidad del ejercicio se clasificaron según la frecuencia cardiaca máxima (FC<sub>máx</sub>) del CCC (Arias *et al.* 2006). La zona 5, o de máxima intensidad, correspondió al 85% o más de la FC<sub>máx</sub> (200 lpm o más); la zona 4, o de alta intensidad, al 75 a 85% de la FC<sub>máx</sub> (entre 180 y 200 lpm); la zona 3, o de moderada intensidad, al 65 a 75% de la FC<sub>máx</sub> (entre 160 y 180 lpm); la zona 2, o de baja intensidad, al 58 a 65% de la FC<sub>máx</sub> (entre 140 y 160 lpm), y la zona 1, o de muy baja intensidad, correspondió a menos del 58% de la FC<sub>máx</sub> (140 lpm o menos).

En cada etapa la sesión de ejercicio controlado incluyó: una etapa de calentamiento, en la cual se caminó el caballo en un picadero a su paso, con montura y se mantuvo en la zona de muy baja

intensidad y una sesión de ejercicio en la cual se montó al caballo en su andar a baja intensidad, al galope a moderada intensidad, nuevamente en su andar a alta intensidad con aumento de la velocidad y un estiramiento en el cual el caballo caminó con la rienda suelta durante 15 minutos. Las sesiones fueron similares, pero se aumentó el tiempo al galope y en el andar. El esquema de ejercicio puede verse en la Tabla 1.

El grupo ET realizó un entrenamiento libre durante el mismo período de seis meses. La FC se midió en este grupo, pero no se controló la intensidad del ejercicio.

### Pruebas de esfuerzo en campo

Se realizaron pruebas de esfuerzo en campo para medir las variables de estudio en cuatro momentos: antes de iniciar el protocolo de entrenamiento (M0), a los dos (M2), cuatro (M4) y seis meses (M6) de entrenamiento. Dichas pruebas consistieron en: una etapa de calentamiento de 15 minutos durante la cual el caballo caminó con su jinete manteniendo una frecuencia cardíaca por debajo de 140 lpm o al 60% de la FC FCmáx, tres sesiones de ejercicio de 5 minutos con una pausa de 1 minuto entre ellas a intensidad creciente, en las cuales el caballo se desplazó en su andar a una frecuencia cardíaca entre 140 y 160 lpm o entre el 60 y 70% de la FCmáx, 160 y 180 lpm o al 75% de la FCmáx, 180 y 200 lpm o entre el 75 y 85% de la FCmáx y una etapa de recuperación en la cual el caballo caminó sin jinete durante 20 minutos. Se utilizó un pulsómetro para caballos marca *Polar RX-800*® para controlar la intensidad del ejercicio y para registrar: frecuencia cardíaca inicial, frecuencia cardíaca máxima en cada etapa del ejercicio y frecuencia cardíaca al minuto 20 de la recuperación.

Para construir la curva de lactato se midió esta variable en reposo (L0), al final del ejercicio (L1) y a los 20 minutos de recuperación (L2) utilizando el analizador portátil de iones y gases, *Epoc Blood Analyzer*®. El aclaramiento de lactato se calculó según la definición de Menzies *et al.* (2010), como la diferencia en porcentaje entre el valor máximo medido al final del ejercicio y a los 15 minutos de la recuperación. Adicionalmente, se midieron los valores de CK antes de la prueba (CK0) y al finalizar la misma (CK1) mediante el método de colorimetría enzimática.

### Análisis de los datos

Se probó el supuesto de normalidad para las variables continuas mediante la prueba de Shapiro-Wilk, se calculó la diferencia de medianas del lactato basal por medio de la prueba de U Mann Whitney y se representaron las mismas con una figura de cajas y bigotes. Posteriormente, se comparó la diferencia de medias del porcentaje de aclaramiento entre los grupos a través de la T de Student. Además, se midió la diferencia intra mediciones del porcentaje de aclaramiento de cada grupo por medio de una Anova pareada paramétrica, donde se realizó la comparación múltiple mediante la prueba de Bonferroni y se probó el supuesto de esfericidad o varianzas diferentes entre cada nivel, mediante la prueba de Greenhouse-Geisser. Se presentan los valores  $p$  ( $<0,05$ ) e intervalos de confianza del 95%. Para el análisis de los datos se empleó el software SPSS® versión 22 (licencia Universidad CES).

### Consideraciones éticas

Este proyecto acató la Ley 527 de 2000 del Código de Ética Profesional de Medicina Veterinaria y la Ley 84 de 1989 sobre la protección de animales, garantizando así

que los caballos no sufrieron dolor ni maltrato. Por su parte, la toma y el procesamiento de las muestras cumplieron con lo estipulado en la Resolución 008430 de 1993 sobre protocolos de bioseguridad. Los resultados fueron comunicados a los propietarios y se cumplió con el principio de confidencialidad.

### RESULTADOS

En las pruebas de esfuerzo en campo todos los animales del estudio se ejercitaron entre el 80 y 90% de la FCM<sub>máx</sub> (183 a 208 lpm), y los valores de lactato al final del ejercicio se encontraron por encima de 10 mmol/l en ambos grupos. No se presentó diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos de caballos en la medición de lactato en ninguno de los tiempos, aunque se pudo observar una tendencia a la baja en los valores de L2 en T2 y T3 con respecto a T1 en ambos grupos (Tabla 2).

Se aplicó prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para todas las variables continuas, donde se observó que el lactato basal en M0 no distribuyó normal (p: 0,006). El 50% de los equinos tenían 0,72 mmol/l de lactato o menos y al comparar las medianas no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (p: 0,748).

El porcentaje de depuración de lactato en M2 (0,128), M4 (0,052) y M6 (0,109) tuvo una distribución normal. En la Figura 1 se presentan la tendencia del porcentaje de aclaramiento de lactato según grupo.

Para establecer las diferencias intra-mediciones del porcentaje de aclaramiento en el grupo entrenado, se aplicó prueba Anova pareada paramétrica, donde se observó mediante prueba de Greenhouse-Geisser que la matriz de varianzas y covarianzas es esférica (p: 0,643). En las comparaciones múltiples se observó que existe un efecto significativo en el mejoramiento del

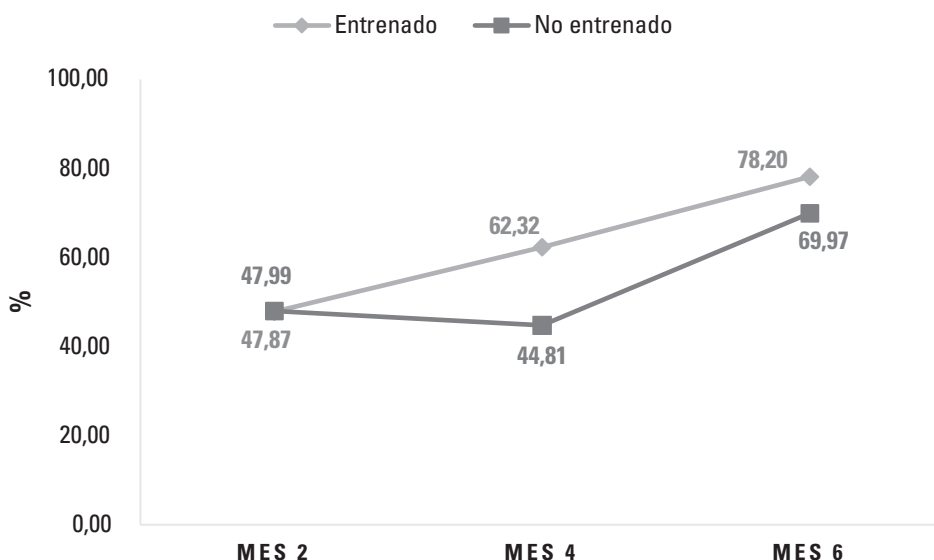
**TABLA 1.** Protocolo de ejercicio controlado a intensidad creciente aplicado en el grupo ER.

Etapa 1: Actividades de 0 a 2 meses	Etapa 2: Actividades de 2 a 4 meses	Etapa 3: Actividades de 4 a 6 meses
Calentamiento: 15 minutos al paso		
Tiempo de ejercicio: 12 min	Tiempo de ejercicio: 15 min	Tiempo de ejercicio: 18 min
Andar 3 min	Andar 3 min	Andar 5 min
Galope 3 min	58 al 66% de la FCM <sub>máx</sub>	Galope 5 min
Andar 1 min	Galope 5 min	Andar 3 min
Andar 5 min	65 a 75% de la FCM <sub>máx</sub>	
	Andar 2 min	Andar 5 min
	75 a 85% de la FCM <sub>máx</sub>	
	Andar 5 min	
	58 a 65% de la FCM <sub>máx</sub>	
	Estiramiento: caminar al paso 15 min	

**TABLA 2.** Valores de mediana y error estándar de lactato en cada uno de los momentos de estudio en los grupos ER y ET.

	M0	M2	M4	M6
<b>L0 ER</b>	0,72 ± 0,08	0,71 ± 0,29	0,89 ± 0,15	0,8 ± 0,26
<b>L1 ER</b>		10,91 ± 2,4	10,05 ± 1,41	10,01 ± 2,06
<b>L2 ER</b>		5,21 ± 1,0	4,57 ± 1,04	2,1 ± 0,59
<b>CK0 ER</b>	296 ± 18	276 ± 70	263 ± 123	238 ± 47
<b>CK1 ER</b>		588 ± 321 *	643 ± 177 *	431 ± 120
<b>L0 ET</b>	0,67 ± 0,16	0,79 ± 0,16	0,98 ± 0,54	0,82 ± 0,19
<b>L1 ET</b>		11,78 ± 0,65	11,48 ± 2,37	11,92 ± 2,39
<b>L2 ET</b>		5,69 ± 1,24	5,64 ± 1,74	3,89 ± 0,52
<b>CK0 ET</b>	290 ± 67	273 ± 84	323 ± 157	239 ± 47
<b>CK1 ET</b>		480 ± 124 *	619 ± 226 *	500 ± 172 *

M0: antes de comenzar el protocolo de ejercicio; M2: a los dos meses de entrenamiento; M4: a los 4 meses de entrenamiento y M6: a los seis meses de entrenamiento; L0: lactato en reposo; L1: al finalizar la sesión de ejercicio; L2: 20 minutos después de haber finalizado el ejercicio. \*Superíndices indican diferencias estadísticas intra-grupo ( $p < 0,05$ ).



**FIGURA 1.** Curvas de porcentaje de aclaramiento de lactato según grupos.

porcentaje de aclaramiento del lactato a medida en el tiempo, así, al comparar la proporción del mes 6 con la del mes 2, se evidenció una diferencia de medias de 30,33 (IC95% 3,01 a 57,65, p: 0,03) al igual que la mejoría en el porcentaje de aclaramiento observada al comparar el mes 6 con el mes 4 (diferencia de medias: 15,87 IC95% 2,10 a 29,64, p: 0,03) (Tabla 3).

También se evaluó si hubo diferencias intra-mediciones del porcentaje de aclaramiento en el grupo no entrenado, se observó el cumplimiento del supuesto de esfericidad (p: 0,885) y se comprobó que no hubo diferencias estadísticamente

significativas en el porcentaje de aclaramiento del lactato comparado según los tiempos de entrenamiento (Tabla 4).

Además, se presenta la curva de producción de lactato y disminución por aclaramiento en M2, M4 y M6. Aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas los promedios del porcentaje de aclaramiento de los equinos regidos bajo el protocolo de entrenamiento de resistencia mostraron una tendencia a ser mayores que la media del porcentaje de aclaramiento de los caballos que recibieron entrenamiento tradicional, siendo más evidente la tendencia en M6 (Figura 1).

**TABLA 3.** Diferencias intra-mediciones en cada momento de estudio del porcentaje de aclaramiento de lactato en el grupo ER.

Porcentaje de aclaramiento de lactato		Diferencia de medias	Intervalo de confianza	Valor p*
M2	Mes 4	-14,45	-33,93 a 5,02	0,14
	Mes 6	-30,33	-57,65 a -3,01	0,03*
M4	Mes 2	14,45	-5,02 a 33,93	0,14
	Mes 6	-15,87	-29,64 a -2,10	0,02*
M6	Mes 2	30,33	3,01 a 57,65	0,03*
	Mes 6	15,87	2,10 a 29,64	0,02*

\*p < 0,05.

**TABLA 4.** Diferencias intra-mediciones en cada momento de estudio del porcentaje de aclaramiento de lactato en el grupo ET.

Porcentaje de aclaramiento de lactato		Diferencia de medias	Intervalo de confianza	Valor p*
M2	Mes 4	3,18	-42,45 a 48,83	1,00
	Mes 6	-21,97	-57,02 a 13,07	0,23
M4	Mes 2	-3,18	-48,83 a 42,45	1,00
	Mes 6	-25,16	-73,75 a 23,42	0,38
M6	Mes 2	21,97	-13,07 a 57,02	0,23
	Mes 6	13,74	-23,42 a 73,75	0,38



## DISCUSIÓN

Las respuestas del lactato sanguíneo al ejercicio han sido utilizadas como un parámetro para evaluar la intensidad del ejercicio y del entrenamiento, el rendimiento deportivo en equinos (Navas de Solis 2019) y la capacidad aeróbica de individuos entrenados (Ferraz *et al.* 2008). En CCC adultos se ha medido los valores de lactato pos-ejercicio (Arias *et al.* 2006), pero hasta el momento no se ha evaluado en animales jóvenes que apenas comienzan su periodo de adiestramiento y entrenamiento. El objetivo del presente estudio fue comparar los efectos de dos protocolos de entrenamiento, uno tradicional y otro de resistencia, sobre la síntesis y el metabolismo de lactato en potros y potrancas que iniciaron su entrenamiento para competir en pistas.

Se ha reportado una relación proporcional entre el lactato y la FC que ha sido ampliamente descrita en deportistas humanos (Millan y Brooks 2018; Montalvo *et al.* 2018) y en caballos de otras disciplinas deportivas (Ferraz *et al.* 2008; Hodgson *et al.* 2014). Una de las variables más útiles para evaluar el rendimiento deportivo es el umbral anaerobio, que se define como el punto en el cual se pierde el equilibrio dinámico entre la producción y remoción de lactato en sangre debido al exceso de su síntesis, de manera que el lactato se empieza a acumular en sangre de manera exponencial (Hodgson *et al.* 2014). En equinos, al igual que en humanos, el umbral anaerobio se alcanza cuando la concentración de lactato en sangre se encuentra alrededor de 4 mmol/l (Hauss *et al.* 2014). En las pruebas de campo de este estudio se ejercitaron los potros a una intensidad creciente para alcanzar un esfuerzo máximo, de manera que los valores de lactato alcanzados en estas pruebas

aumentaron de manera proporcional a la FC en ambos grupos y sobrepasaron por mucho el umbral anaerobio.

La hipótesis inicial del presente estudio fue que el entrenamiento de resistencia de baja a moderada intensidad mejora el metabolismo aerobio u oxidativo y, por ende, disminuye la concentración sanguínea de lactato. Nogueira *et al.* (2002) reportaron una concentración más alta de lactato en potros PSI de 2 a 3 años que en los animales de 4 años y lo relacionaron con una mayor masa muscular, por ende, una mejor capacidad metabólica del lactato en los animales mayores. Contrario a lo esperado, la síntesis de lactato en los potros de ambos grupos fue mayor de 10 mmol/l y no hubo diferencia significativa entre grupos, aunque el lactato pos-ejercicio mostró una tendencia a ser mayor en el grupo ER. Sin embargo, el hallazgo más importante fue que el porcentaje de aclaramiento fue significativamente mayor en el grupo ER durante todo el estudio. El aclaramiento de lactato se define como el porcentaje de disminución de lactato en sangre o diferencia porcentual entre el valor máximo alcanzado durante el ejercicio y el valor medido luego de un periodo de recuperación (Rivero 2007). Se considera que entre 50 y 60% del lactato generado se aclara en el hígado, 40% en el riñón y 10% en el corazón; sin embargo, luego de un ejercicio máximo, el músculo esquelético, específicamente las fibras musculares tipo I, utilizan el lactato como sustrato siendo el principal sitio de aclaramiento de lactato (Gladden 2004). El mejor aclaramiento de lactato en el grupo ER puede explicarse porque sus fibras lentas, o tipo I, responden más rápido ya que fueron acondicionadas en las sesiones de ejercicio del protocolo de resistencia.

Lo que regula la concentración de lactato en la sangre es su tasa de aclaramiento, que es independiente de su concentración máxima en condiciones de reposo y más aún durante el ejercicio. En humanos, el aclaramiento de lactato está comprendido entre 4 y 16 mmol/l en un tiempo estimado de 15 minutos (López y Vaquero 2006; Montalvo *et al.* 2018). Aproximadamente el 75 a 80% del lactato es eliminado por oxidación y el restante 20% transformado en glucosa y glucógeno; este equilibrio reversible de lactato es un proceso dinámico entre los distintos tejidos. Varios autores han explicado el proceso de transporte del lactato a través de la membrana celular (Gladden 2004). El principal mecanismo mediante el cual el lactato atraviesa el sarcolema es la difusión facilitada mediante los transportadores de monocarboxilatos (MCT). Se ha descrito que, como adaptación al ejercicio, aumenta la capacidad de los MCT para transportar lactato al interior de las células que lo usan como sustrato y acelerar los procesos de metabolismo mitocondrial, agilizando la movilización y distribución de este sustrato para asegurar una fuente de energía potencial durante el esfuerzo físico (Brooks 2009). En este estudio, a los 20 minutos de la recuperación, los potros del grupo ER mostraron una concentración sanguínea de lactato significativamente menor que el grupo ET, lo cual puede explicarse, en parte, por la mejor utilización de lactato como intermediario metabólico por parte de las fibras musculares tipo I u oxidativas, utilizadas para caminar durante la recuperación activa.

Se han descrito numerosas adaptaciones musculares al ejercicio en varias razas equinas, sin embargo, es difícil hacer comparaciones por la gran variabilidad de los protocolos de entrenamiento en

cuanto a tiempo e intensidad. Bond *et al.* (2019) encontraron que los caballos Pura Sangre Inglés (PSI) jóvenes que se ejercitan de 15 a 25 min al día por debajo del umbral anaerobio pueden mejorar la estamina muscular y que el entrenamiento de resistencia mejora la capacidad aerobia para generar ATP. Por su parte, Rivero (2007) demostró que se desarrolla una hipertrofia significativa de las fibras tipo I y Fibras IIA del musculo glúteo medio en caballos de enduro de buen rendimiento deportivo, lo cual conlleva a una mejor capacidad aeróbica, con una disminución proporcional de la capacidad anaeróbica. En el presente estudio se evidenció que el entrenamiento de resistencia logró generar una adaptación metabólica al aumentar la capacidad oxidativa en estos potros, que como se mencionó anteriormente, se refleja en una mayor capacidad para metabolizar el lactato pos-ejercicio en el grupo ER. Es necesario realizar estudios que nos permitan determinar mediante biopsia muscular cuáles son las adaptaciones musculares desarrolladas en CCC que son sometidos a ejercicios de resistencia.

Varios autores han descrito el aumento de la CK pos-ejercicio ejercicio por el aumento de la permeabilidad del sarcolema (Piccione *et al.* 2009; Jović *et al.* 2013; Mami *et al.* 2019). Según Piccione *et al.* (2009), los niveles de CK se relacionan con el estado de entrenamiento. En el presente estudio se observó un aumento significativo de CK inmediatamente después del ejercicio en los períodos iniciales de entrenamiento (M2 y M4) en los caballos de ambos grupos, pero en M6 no se observó este cambio. Lo anterior puede explicarse porque ambos programas de entrenamiento produjeron en los caballos más adaptaciones musculares al ejercicio que realizaron, independiente-

mente si fue de intensidad controlada o no. Una de las limitaciones del presente estudio es que no se midió la CK a las 6 horas de haber finalizado las pruebas, por ende, no se puede concluir como se comportó esta enzima durante la fase de recuperación lenta.

Ahora bien, el entrenamiento de fondo se recomienda para los caballos que no tienen un entrenamiento previo, ya que ayuda a mejorar la resistencia osteotendinosa, musculoesquelética (Gladden 2004) y la capacidad aeróbica, de manera que disminuye la incidencia de enfermedades locomotoras (Boffi *et al.* 2011). En general, cuando el caballo se ejercita por debajo del 75 a 80% de la FC<sub>máx</sub> se considera que el lactato en sangre estará por debajo de 4 mmol/l y el metabolismo es predominantemente aeróbico (Trilk *et al.* 2002). En este estudio, se pretendió realizar un entrenamiento de fondo ejercitando a los caballos entre el 60 y 75% de la FC<sub>máx</sub> (140 a 180 lpm) durante las sesiones de entrenamiento, aunque fue difícil mantener esta intensidad de ejercicio en el periodo inicial de entrenamiento (M0 a M2), ya que a esta edad los potros son muy nerviosos y deben acostumbrarse a los ruidos, el contacto con perros o gatos presentes en el criadero y otras circunstancias desconocidas para ellos. Se recomienda para futuras investigaciones controlar estos factores para mantener la intensidad baja durante el ejercicio en los animales jóvenes.

Una de las limitaciones más importantes del presente estudio es el bajo número de animales evaluados ya que fue difícil que los propietarios aceptaran cumplir el protocolo de entrenamiento durante seis meses. Es importante continuar estudiando las respuestas y las adaptaciones fisiológicas

al ejercicio en CCC ya que esta información permitirá conocer mejor su PWC y diseñar protocolos de entrenamiento que mejoren el rendimiento deportivo y ayuden a prevenir lesiones musculoesqueléticas o enfermedades derivadas del sobreentrenamiento, al mismo tiempo que permitan desarrollar más el potencial deportivo en esta raza.

## CONCLUSIONES

En este estudio, el mayor aclaramiento de lactato en el grupo ER permite inferir que un protocolo de entrenamiento de resistencia tiene efectos positivos sobre la capacidad metabólica oxidativa de potros que inician su proceso de preparación física para competir en esta disciplina deportiva.

## Agradecimientos

Al Laboratorio de Medicina Tropical de la Universidad CES. Al personal del criadero El Encanto por su valiosa colaboración. A Rhemo por su apoyo en el procesamiento de la información.

## REFERENCIAS

- Adamu L, Noraniza MA, Rasheed A, Bashir A. 2013. Effect of Age and Performance on Physical, Hematological, and Biochemical Parameters in Endurance Horses. *J Equine Vet Sci.* 33: 415-420. Doi: 10.1016/j.jevs.2012.07.015.
- Arias MP, Sanchez HE, Duque EC, Maya LA, Becerra JZ. 2006. Estimación de la intensidad de trabajo en un grupo de caballos criollos colombianos en diferentes andares. *Rev CES Med Vet Zootec.* 2(2): 18-32.
- Boffi F, Lindner A, Lopez RA, Botta V, Sabada S, Muriel M. 2011. Effect of Recovery Periods during Conditioning of Horses on Fitness Parameters. *J Equine Vet Sci.* 31(11): 661-666. Doi: 10.1016/j.jevs.2011.05.005.
- Bond S, Greco Otto P, Sides RH, Wuong G. 2019. Assessment of 2 methods to determine the rela-

- tive contributions of the aerobic and anaerobic energy systems in racehorses. *J Appl Physiol.* 126(5). Doi: 10.1152/japplphysiol.00983.2018.
- Brooks GA. 2009. Cell-cell and intracellular lactate shuttles. *J Physiol.* 587(23): 5591-6032. Doi: 10.1113/jphysiol.2009.178350.
- Enríquez V, Granados S, Arias M, Calderón J. 2015. Muscle fiber types of gluteus medius in the colombian creole horse. *J Equine Vet Sci.* 35: 524-30. Doi: /10.1016/j.jevs.2015.02.010.
- [Fedequinas] Federación Nacional Colombiana de Asociaciones Equinas. 2018. Reglamento de las exposiciones, actos y demás actividades del ámbito de la Federación Nacional Colombiana de Asociaciones Equinas [Internet]. Bogotá(CO): Fedequinas; [citado 2019 sept. 18]. Disponible en: <https://asocaba.org.co/wp-content/uploads/2017/08/FEDEQUINAS-REGLAMENTO.pdf>.
- Ferraz GC, D'Angelis FHF, Teixeira-Neto AR, Freitas EVV, Lacerda-Neto JC, Queiroz-Neto A. 2008. Blood lactate threshold reflects glucose responses in horses submitted to incremental exercise test. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 60(1). Doi: 10.1590/S0102-09352008000100035.
- Gladden LB. 2004. Lactate metabolism: A new paradigm for the third millennium. *J Physiol.* 558(1): 5-30. Doi: 10.1113/jphysiol.2003.058701.
- Guerrero PA, Portocarrero L, Aixa C, Ramírez J. 2009. Determinación de frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, lactato deshidrogenasa, creatinquinasa y ácido láctico en caballos durante competencia de salto en la Sabana de Bogotá. *Revista de Medicina Veterinaria.* 17: 37-52.
- Hauss AA, Stablein CK, Fisher AL, Greene HM, Nout-Lomas Y. 2014. 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. Doi: 10.1016/j.jevs.2014.06.006.
- Hodgson DR, McKeever KH, McGowan CM, editores. 2014. *The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine.* 2nd ed. St. Louis(US): Saunders/Elsevier. 397 p.
- Jović S, Stevanović J, Borozan S, Dimitrijević B, Milosavljević P. 2013. Influence of Physical Activity of Race Horses on Lactate Dehydrogenase and Creatine Kinase Activities, and Protein Synthesis. *Acta Vet.* 63: 549-568. Doi: 10.2298/avb1306549j.
- López J, Vaquero A. 2006. *Fisiología del ejercicio.* 3° ed. España. Editorial Medica Panamericana.
- Mami S, Shahriari A, Khaje G, Gooraninejad S. 2019. Evaluation of Biological Indicators of Fatigue and Muscle Damage in Arabian Horses After Race. *J Equine Vet Sci.* 78: 74-79. Doi: 10.1016/j.jevs.2019.04.007.
- Menzies P, Menzies C, McIntyre L, Paterson P, Wilson J, Kem OJ. 2010. Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery. *Sports Sci.* 28(9): 975-982. Doi: 10.1080/02640414.2010.481721.
- Millan IS, Brooks GA. 2018. Assessment of Metabolic Flexibility by Means of Measuring Blood Lactate, Fat, and Carbohydrate Oxidation Responses to Exercise in Professional Endurance Athletes and Less-Fit Individuals. *Sports Med.* 48(2): 467-479. Doi: 10.1007/s40279-017-0751-x.
- Montalvo MP, Velez JL, Jara F, Velarde G, Velez P, Paredes J. 2018. Aclaramiento de lactato: revisión de literatura. *Rev Metrociencia.* 26(1): 39-42.
- Navas de Solis C. 2019. Cardiovascular response to exercise and training, exercise testing in horses. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 35(1): 159-173. Doi: 10.1016/j.cveq.2018.11.003.
- Nogueira GDP, Barnabe RC, Bedran-de-Castro JC, Moreira AF, Fernandes WR, Mirandola R, Howard DS. 2002. Serum cortisol, lactate and creatinine concentrations in Thoroughbred fillies of different ages and states of training. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 39 -1: 54-57. Doi: 10.1590/S1413-95962002000100010.
- Parkes RSV, Weller R, Pfau T, Witte TH. 2019. The Effect of Training on Stride Duration in a Cohort of Two-Year-Old and Three-Year-Old Thoroughbred Racehorses. *Animals.* 9(7): 466. Doi: 10.3390/ani9070466.
- Piccione G, Giannetto C, Fazio F, Casella S, Caola G. 2009. A comparison of daily rhythm of creatinine and creatine kinase in the sedentary and athlete horse. *J Equine Vet Sci.* 29(7): 575-580. Doi: 10.1016/j.jevs.2009.05.013.

Rivero JL. 2007. A scientific background for skeletal muscle conditioning in equine practice. J Vet Med. 6(54): 321-332. Doi: 10.1111/j.1439-0442.2007.00947.x.

Trilk JL, Lindner AJ, Greene HM, Alberghina D, Wickler SJ. 2002. A lactate guided con-

ditioning programme to improve endurance performance. Equine Vet. J. 34(34): 122-125. Doi: 10.1111/j.2042-3306.2002.tb05403.x.

### Article citation

Arias MP, Maya JS, Arango L. 2019. Efectos de dos protocolos de entrenamiento sobre el lactato sanguíneo en caballos de paso fino. [Effects of two training protocols on blood lactate in *paso fino* horses]. Rev Med Vet Zoot. 66(3): 219-230. Doi: 10.15446/rfmvz.v66n3.84259.