



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

EVALUACIÓN DE LACTATO SISTÉMICO Y CK EN CABALLOS SOMETIDOS
A DIFERENTES TIPOS DE EJERCICIO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Médico Veterinario y Zootecnista

Profesora guía

Mary Esmeralda Bernal Sierra

Autores

Daniela Paola González Jaramillo

Trajano Naranjo Santander

Año

2015

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

MVZ. Mary Esmeralda Bernal Sierra
Ci. 1721017026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LOS ESTUDIANTES

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Daniela Paola González Jaramillo
C.I.: 1711705945

Trajano Naranjo Santander
C.I.: 1722251681

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Mary Bernal por ser una guía y ayuda a cada momento.

Al Dr. Marco Coral por guiarnos en el anteproyecto y estadística.

Al Dr. Oswaldo Albornoz por ser un soporte a lo largo de toda la carrera.

A los profesores que fueron parte de nuestra formación académica.

A la Dra. Daniela Jarrín que nos guió en una parte del muestreo.

A los propietarios de los equinos por permitirnos realizar el muestreo.

Y a los 20 equinos por dejarnos muestrearlos ya que sin ellos esto no hubiera sido posible

Gracias a todos ustedes hoy culminamos este camino.

Daniela y Trajano

AGRADECIMIENTOS

A mi Chestito que es mi lección
de vida y mi ángel.

Al Ches y la Sami que son mi todo
y la fuerza que me impulsa a seguir.

A mis papas que tanto admiro,
por su amor infinito, por guiar
mis pasos y cuidarme siempre.

A mis hermanos Tati y Esteban
mis amigos incondicionales,
por estar conmigo siempre.

A mi sobrino Gastón por su amor y
ternura, Da fue su tercera palabra.

Al Benito y Franco, Jack y Suri
por su alegría y gratitud a la vida.

Al Traja por caminar junto a mí
y lograr conmigo esta meta.

A Gustavo y Ani por su cariño y
confianza.

Daniela

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres por todo su apoyo en cada paso que he dado en mi vida, espero ser un reflejo de ustedes.

A ti Da por realizar la tesis junto a mí, tu apoyo y ayuda durante esta tesis y toda la carrera es invaluable, hoy culminamos una meta más juntos.

A mi hermana Faty por ser un apoyo constante durante toda mi vida.

A toda mi familia por su apoyo incondicional.

A mis perros (Jack, Samira, Chester y Suri) que han sido el motor y la razón de mi estudio.

Trajano

DEDICATORIA

A mi Chestito que fue el inicio
y al Ches y la Sami que son el fin,
y le dieron sentido a mi vida.

A mis papas y hermanos
mis incondicionales siempre.

Daniela

Para Sabrina y Tabata, sin ustedes
nada de esto hubiera sido posible.

Trajano

RESUMEN

El reciente incremento y demanda de disciplinas ecuestres como el Salto, Endurance y Carreras de Pura Sangre crean la necesidad de contar con métodos objetivos y prácticos con los cuales se puede determinar la salud del equino durante la competencia. La medición de lactato y Creatina – Quinasa (CK) son dos componentes sanguíneos que evalúan la oxigenación muscular y el desgaste del mismo respectivamente. El lactato es un analito que puede ser medido en campo por medio de un dispositivo portátil que arroja el resultado inmediatamente. La CK es una enzima que debe ser procesada en un laboratorio clínico. Tanto en Salto como Endurance y Carreras de Pura Sangre el lactato y la CK mostraron un incremento acorde al que indica la literatura, siendo este incremento el resultado de un buen entrenamiento enfocado a cada equino y a la disciplina que practica.

ABSTRACT

The recent increase in demand of equestrian disciplines such as jumping, Endurance and Thoroughbred Racing create the need for objective and practical methods by which one can determine the horse's health during competition. Measuring lactate and Creatine - Kinase (CK) are two blood components that assess muscle oxygenation and the damage respectively. Lactate is an analyte that can be measured in the field using a portable device which gives the result immediately. CK is an enzyme that must be processed in a clinical laboratory. Jumping, Endurance and Thoroughbred Racing lactate and CK values showed a consistent increase as indicates the literature, this increase is the result of a good training plan focused on each horse and the discipline he practices.

Índice del Contenido

Introducción.....	1
CAPÍTULO I. Generalidades	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Justificación	4
1.3 Objetivo general.....	5
1.4 Objetivos específicos	5
1.5 Situación actual de los equinos en el Distrito Metropolitano de Quito	5
1.6. Competencias ecuestres dentro del Distrito Metropolitano de Quito	6
CAPÍTULO II. Marco Teórico	8
2.1 Lactato	8
2.2 Creatina-Quinasa (CK)	10
2.3 Fisiología.....	12
2.3.1 Producción del ácido láctico	12
2.3.2 Fisiología hídrica.....	14
2.3.3 Desbalance electrolítico.....	15
2.3.4 Fisiología Ácido-Base	17
2.3.5 Termorregulación.....	18
2.4 Aparato Locomotor	20
2.4.1 Tejido Óseo	21
2.4.2 Sistema Muscular	23
2.4.3 Tendones y ligamentos.....	26
2.5 Disciplinas en las que compiten los equinos	27
2.5.1 Salto.....	27
2.5.2 Carreras Pura Sangre.....	31
2.5.3 Endurance	41

CAPÍTULO III. Materiales y Métodos	56
3.1 Ubicación y definición de la zona de estudio	56
3.2 Materiales	56
3.3 Métodos	57
3.3.1 Selección de los equinos	57
3.3.2 Procedimiento para la toma de muestra	58
3.4 Medición de parámetros	58
3.4.1 Medición de lactato	58
3.4.2 Medición de CK	59
3.5 Correlación de la muestra de lactato y CK	59
CAPÍTULO IV. Resultados y discusión.....	61
4.1 Estadísticas Generales	61
4.2 Salto.....	62
4.3 Carreras	66
4.4 Endurance.....	70
CAPÍTULO V. Conclusiones.....	79
5.1 Salto.....	79
5.2 Carreras	79
5.3 Endurance.....	80
CAPÍTULO VI. Recomendaciones	82
Referencias	83
Anexos	86

Índice de Tablas

Tabla 1. Competencias en el Distrito Metropolitano de Quito.....	6
Tabla 2. Concentración máxima de lactato en ejercicio.....	10
Tabla 3. Valores referenciales de CK.....	11
Tabla 4. Tiempo de entrenamiento sugerido para equinos de Endurance.....	50
Tabla 5. Promedio y desviación estándar de lactato y CK en Salto.....	62
Tabla 6. Resultados t-test de lactato en Salto.....	63
Tabla 7. Resultados t-test de CK en Salto.....	65
Tabla 8. Promedio y desviación estándar de lactato y CK en Carreras.....	66
Tabla 9. Resultados t-test de lactato en Carreras.....	67
Tabla 10. Resultados t-test de CK en Carreras.....	69
Tabla 11. Promedio y desviación estándar de lactato y CK en Endurance 80 kilómetros.....	70
Tabla 12. Promedio y desviación estándar de lactato y CK en Endurance 60 kilómetros.....	72
Tabla 13. Promedio y desviación estándar de lactato y CK en Endurance 40 kilómetros.....	75
Tabla 14. Resultados t-test de Lactato en Endurance.....	77
Tabla 15. Resultados t-test de CK en Carreras.....	78

Índice de Figuras

Figura 1. Promedio y desviación estándar de lactato en cada disciplina.....	61
Figura 2. Promedio y desviación estándar de CK en cada disciplina.....	61
Figura 3. Valores de lactato en descanso, competencia y el incremento en Salto.....	64
Figura 4. Valores de CK en descanso, competencia y el incremento en Salto.....	65
Figura 5. Valores de lactato en descanso, competencia y el incremento en Carreras.....	68
Figura 6. Valores de CK en descanso, competencia y el incremento en Carreras.....	69
Figura 7. Valores de lactato en descanso, competencia y el incremento en Endurance 80 kilómetros.....	71
Figura 8. Valores de CK en descanso, competencia y el incremento en Endurance 80 kilómetros.....	72
Figura 9. Valores de lactato en descanso, competencia y el incremento en Endurance 60 kilómetros.....	73
Figura 10. Valores de CK en descanso, competencia y el incremento en Endurance 60 kilómetros.....	74
Figura 11. Valores de lactato en descanso, competencia y el incremento en Endurance 40 kilómetros.....	76
Figura 12. Valores de CK en descanso, competencia y el incremento en Endurance 40 kilómetros.....	77

Índice de Anexos

Anexo 1. Registro equinos de Carreras Pura Sangre.....	87
Anexo 2. Resultados Salto.....	91
Anexo 3. Resultados Carreras.....	91
Anexo 4. Resultados Endurance.....	92

Introducción

Sin importar la disciplina en la que se desempeñe el equino siempre será un atleta extraordinario debido a la conformación anatómica de su aparato locomotor. La domesticación y cría selectiva busca potenciar esta característica mediante la obtención de animales mejor conformados a fin de alcanzar una mayor velocidad y resistencia física según el deporte a realizar (Hinchcliff, Geor, Kaneps, 2008, p. 2).

El reciente crecimiento de los deportes ecuestres en el Distrito Metropolitano de Quito, crea la necesidad de contar con médicos veterinarios profesionales que controlen el estado físico general de los equinos, principalmente en aquellas disciplinas que requieren de mayor exigencia física. No obstante estos chequeos deberían realizarse en todos los equinos y en todas las competencias para asegurar el buen estado de salud del animal.

En el Distrito Metropolitano de Quito existen 9 Clubes Hípicos en los cuales se realizan competencias ecuestres anuales. El Salto es una de las disciplinas con mayor número de participantes a pesar de eso y al igual que en el resto de las disciplinas de mayor exigencia como Carreras y Endurance no se realizan exámenes sanguíneos que determinen el estado muscular antes, durante y/o después de la competencia.

Los deportes ecuestres demandan gran exigencia en el equino, disciplinas como el Salto y las Carreras de Pura Sangre tienen una mayor intensidad en comparación con el Endurance que es una disciplina de resistencia (Hinchcliff, 2014, p. 1083).

El entrenamiento produce cambios fisiológicos en el animal según la disciplina en la que participe, dichos cambios sirven para que el caballo logre un rendimiento óptimo con el riesgo mínimo de presentar una lesión. Es importante contar con un buen plan de entrenamiento a fin de que el equino pueda desempeñarse correctamente en las competencias que participe (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 8).

El lactato es un producto del metabolismo muscular que se acumula en la sangre y en el músculo cuando se practica un ejercicio de alta intensidad. Uno de los objetivos del entrenamiento es llegar al umbral del ejercicio donde el lactato se empieza a acumular a nivel sanguíneo. Con esto se logra que cada vez el equino mejore su velocidad y que los efectos de la acumulación de lactato ocurran a mayor velocidad conforme pasan las sesiones de entrenamiento (Hodgson, Harrington, McGowan, 2014, p. 301).

Una de las enzimas más específicas para la evaluación del sistema muscular es la creatina-quinasa (CK). Un incremento de esta enzima dentro de los rangos de referencia es normal, sin embargo un incremento mayor podría ser el indicador de necrosis celular, daño en la salida de la enzima del músculo, entre otros. Por lo cual esta enzima es muy útil e indispensable en la evaluación integral del equino deportista (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 494).

CAPÍTULO I. Generalidades

1.1 Antecedentes

La Federación Ecuatoriana de Deportes Ecuestres (FEDE) es la institución deportiva equina fundada como tal en 1957 para el control de las actividades olímpicas ecuestres en el país. La FEDE planifica, dirige y ejecuta a nivel nacional el deporte ecuestre, impulsando el alto rendimiento de los deportistas a fin de representar al país en competencias internacionales. La FEDE está además reconocida por la Federación Ecuestre Internacional (FEI) (<http://www.fede.ec>).

La Asociación de Deportes Ecuestres de Pichincha (AEP) es el organismo provincial encargado del desarrollo integral de las disciplinas ecuestres, organiza competencias, fomenta e incentiva el alto rendimiento de las mismas a fin de obtener logros nacionales e internacionales (<http://www.caballosecuador.com>).

La FEDE exige a los comités organizadores la presencia de un veterinario en cada competencia. El control veterinario a realizar es específico según el tipo de prueba en la que participa el equino, este puede ser realizado antes, durante y/o después del concurso (Reglamento General FEDE 2015 www.fede.ec), sin embargo, el chequeo veterinario incluye únicamente el examen físico del equino, tanto en Carreras como Salto y Endurance, con este método se puede evaluar de manera completa el estado general de salud del equino, aunque este examen está sujeto a la subjetividad del médico que lo realiza.

Debido al incremento y demanda de disciplinas como el Salto, Endurance y las Carreras de Pura Sangre se ve la necesidad de buscar métodos objetivos bajo los cuales se pueda determinar la salud del equino en competencia. Además

los planes de entrenamiento deben ser específicos tanto para cada disciplina como para cada animal, a fin de asegurar el mejor rendimiento del caballo, sin interferir en el bienestar del mismo (Hinchcliff, 2014, p. 1083).

1.2 Justificación

Además del examen físico general es necesario realizar pruebas de sangre que determinen el desgaste del músculo y la recuperación del mismo, una de esas pruebas es la medición de lactato, un analito que puede ser medido en campo y que arroja resultados inmediatamente sobre el estado metabólico del animal (Back, Clayton, 2013, p. 283), otra prueba es la medición de Creatina-Quinasa (CK) una enzima que evalúa el estado muscular del equino, esta prueba debe ser procesada en un laboratorio, el resultado ayuda a determinar el tiempo que el caballo debe descansar para recuperarse satisfactoriamente antes de reanudar el entrenamiento (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2008 p. 404).

El presente trabajo busca mediante métodos objetivos y prácticos brindar a las diferentes competencias ecuestres una herramienta diagnóstica que complemente de manera objetiva el chequeo físico general realizado por el médico veterinario, a fin de conocer el estado de salud del animal en cualquier momento de la prueba y determinar si el equino se encuentra en óptimas condiciones para seguir dentro de la competencia.

Este estudio se centra en 3 de las disciplinas ecuestres que mayor exigencia física demandan en el equino y en aquellas disciplinas ecuestres de mayor crecimiento en el Distrito Metropolitano de Quito. Tanto para el Endurance que es un deporte de resistencia como para el Salto y las Carreras Pura Sangre que son disciplinas explosivas, el equino requiere de un buen entrenamiento a fin de mantener en óptimas condiciones su estado salud.

Se pretende realizar este estudio en animales aparentemente sanos que participen en competencias oficiales a fin de obtener el valor máximo en sangre tanto de CK como de lactato para de esta manera determinar mediante estos dos componentes sanguíneos el estado muscular antes y después de las competencias a fin de conocer el efecto que tiene el entrenamiento en el equino y si este es el indicado para el animal.

1.3 Objetivo general

Evaluar sistémicamente los niveles de lactato y de CK en equinos que participan en disciplinas ecuestres como Salto, Endurance y Carreras Pura Sangre.

1.4 Objetivos específicos

- Medir y evaluar los niveles de lactato y CK antes y después de las competencias para identificar el cambio pos-competencia de los mismos.
- Relacionar los niveles de lactato y CK respectivamente en cada tipo de competencia a fin de conocer el intervalo de confianza de estos valores en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Identificar si el incremento encontrado es significativo en cada disciplina para determinar la intensidad de ejercicio y el desgaste muscular en él equino.

1.5 Situación actual de los equinos en el Distrito Metropolitano de Quito

Aproximadamente 276 equinos participan en la modalidad de Salto, 92 equinos en Endurance (Falconí, 2015) y 200 equinos en Carreras de Pura sangre (<http://www.samborondon.gob.ec>). En Ecuador las Carreras de Pura Sangre se realizan solo en la ciudad de Guayaquil, no obstante, aproximadamente 80 de estos equinos viven en el Distrito Metropolitano de Quito.

En todos los equinos que participan en competencias ecuestres se realizan chequeos veterinarios físicos, sin embargo, en la mayoría de los casos no se hacen exámenes complementarios para determinar el estado de salud general del animal.

Los equinos deportistas ubicados en el Distrito Metropolitano de Quito se alimentan a base de carbohidratos como avena y cebada y fibra como raigrás y alfalfa, tienen acceso a fuentes de agua de buena calidad, la altura promedio a la que se encuentran es de 2800 msnm y el manejo es el mismo en todos los caballos. Por lo cual estas no son variables que influyan en el rendimiento deportivo del equino ni en el estado muscular de los mismos.

1.6. Competencias ecuestres dentro del Distrito Metropolitano de Quito

Dentro del año calendario, cada disciplina cuenta con numerosas válidas que se realizan a lo largo del país, las provincias que más competencias tienen son Azuay, Guayas y Pichincha, siendo el Distrito Metropolitano de Quito la sede de un mayor número de competencias.

Tabla 1. Competencias en el Distrito Metropolitano de Quito

x= 1 competencia mensual, xx= 2 competencias mensuales

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Salto	x		xx	x	xx				x		X	x
Endurance			x	x		x			x	x	X	
Carreras	Para carreras no se maneja un calendario en la FEDE											

Adaptado de Endurance Ecuador.

Para el año 2015, se programaron 15 válidas para la modalidad de Salto en el país y en el Distrito Metropolitano de Quito se disputaran 8 de ellas, distribuidas entre los clubes de la ciudad (<http://www.fede.ec>).

Para Endurance se programaron 10 válidas a lo largo del año, de las cuales 6 se disputan en el Distrito Metropolitano de Quito (<http://www.fede.ec>).

En Guayaquil se realizan competencias todos los domingos, sin embargo las Carreras de Pura Sangre más destacadas se realizan en los meses de julio, septiembre y octubre (www.samborondon.gob.ec), donde participan la mayor cantidad de equinos que residen en el Distrito Metropolitano de Quito

CAPÍTULO II. Marco Teórico

2.1 Lactato

El lactato es el analito resultante del aporte insuficiente de oxígeno a la mitocondria muscular, el piruvato resultante de la glucólisis anaeróbica no puede ser convertido en acetil-CoA convirtiéndose en lactato. Cuando la demanda de energía aumenta la oxidación del piruvato provoca un cambio hacia la β -oxidación de los ácidos grasos libres. La oxidación de ácidos grasos es el efecto de la caída de la glucogénesis en el músculo. A pesar de que los lípidos son utilizados mayoritariamente en el ejercicio en una intensidad del 85% del Volumen de O₂ máximo (VO₂) .la fatiga muscular llega cuando se empiezan a agotar los lípidos en el músculo. Cuando la intensidad del entrenamiento es más del 85% el glucógeno intracelular y la glucosa sanguínea son los elementos predominantes para restaurar el ATP a través de la glicólisis anaeróbica. Como resultado tenemos un incremento del lactato a nivel intramuscular el cual es removido por transporte activo hacia la sangre, pero la saturación de este mecanismo provoca una acumulación del lactato llegando al umbral anaeróbico que generalmente coincide con el valor sanguíneo de 4mmol/L. Así mismo este incremento produce una reducción del pH a nivel citoplasmático, y esta es la principal causa de la fatiga muscular en el ejercicio (Back, Clayton, 2013, 283-284).

El sarcolema del músculo posee dos tipos de transportadores de lactato llamados transportadores de monocarboxilato (MCT). El MCT1 se expresa mayoritariamente en el proceso oxidativo del músculo y facilita la extracción de lactato del líquido extracelular, mientras que el MCT4 se expresa en el músculo glucolítico y facilita la salida neta de lactato (Lindinger, 2011, 261).

El equino Pura Sangre es capaz de activar prácticamente toda su musculatura cuando está galopando a máxima velocidad. El gasto metabólico que le representa al equino la transición de descanso a ejercicio en apenas segundos

requiere una abundante provisión de ATP a nivel muscular. El metabolismo aeróbico provee ATP de forma lenta y limitada por medio de la vía de la fosfocreatina, aumentando el requerimiento de producción de ATP glucolítico (Lindinger, 2011, 261).

Los equinos a galope presentan altos niveles de producción de lactato a nivel muscular y los niveles plasmáticos que se pueden encontrar superan los 30 mmol/L. Altos niveles de lactato conllevan a una acidosis intramuscular y fatiga, siendo esta la consecuencia de las altas velocidades a las que los equinos se mueven (Lindinger, 2011, 261).

Esto se encuentra en relación directa con el nivel de entrenamiento, caballos en buen estado físico tienen menores niveles de lactato ya que su metabolismo aeróbico es eficiente, por el contrario un equino expuesto a una alta intensidad con un bajo estado físico presenta niveles más altos de lactato ya que su aporte de oxígeno es insuficiente (Reed, Bayly, Sellon, 2010, 103), por lo cual el lactato es un indicador del estado físico del caballo, información que podría ser utilizada para decidir si un equino puede o no participar en una competencia.

El lactato en los músculos se vuelve más tolerable conforme se incrementan las cargas de entrenamiento y la intensidad del mismo; resultando en una eficiente eliminación del ácido láctico mientras el músculo continúa con sus movimientos de contracción. A fin de evitar los efectos producidos por la acumulación de lactato en el músculo, se produce rápidamente y en grandes cantidades ATP glucolítico (Lindinger, 2011, 261).

Cuando el lactato es eliminado de los músculos es metabolizado en CO₂ y agua o reciclado para ser glucosa o glicógeno en el hígado, riñones y grupos musculares inactivos.

El rango del valor de lactato en descanso es de 1.1 mmol/L a 1.78 mmol/L sin importar si se trata de un equino activo o inactivo (Reece, 2015, p. 76).

Dentro de cada competencia existen valores de lactato máximo y sus márgenes de error:

Tabla 2. Concentración máxima de lactato en ejercicio

Evento	Distancia	Concentración máxima de Lactato sanguíneo (mmol/L)
Endurance	80 – 100 km	1.78 +- 0.1 (Reece, 2015, p. 76)
Carreras	1.1 – 3.8 km	29.6 +- 4.7
Salto		9.0 +- 0.9 (Valor plasmático)

Tomado de Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2008, p. 256.

2.2 Creatina-Quinasa (CK)

La CK es la enzima muscular responsable del desdoblamiento del fosfato de creatina en fosfato y creatina, produciendo así energía para la contracción muscular. Al principio del ejercicio, esta reacción o proceso es la única fuente de energía para el músculo, posteriormente la energía es provista por la oxidación de la glucosa y los ácidos grasos libres (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 494).

La CK una vez secretada en las células musculares es transportada por la linfa por medio del líquido intersticial para ingresar al torrente sanguíneo. Bajo condiciones normales el valor sanguíneo de CK es el equivalente a la cantidad de CK en 1g de músculo, por lo cual un incremento de 3 a 5 veces su valor normal puede ser resultante de una destrucción muscular de 20g de músculo. Las células musculares pueden liberar CK abundantemente sin que éstas estén en un proceso de destrucción, por lo cual poder determinar el área o la cantidad de músculo dañado es muy difícil (Reed, Bayly, Sellon, 2010, pp. 494-495).

La CK tiene una vida plasmática aproximada de 2 horas. En el músculo la CK vuelve al ATP disponible para la contracción muscular mediante la fosforilación del ADP del fosfato de creatina. El incremento de la CK puede ser originado por un daño muscular o bien por un daño en algunos órganos donde también está presente esta enzima como son: hígado, sistema gastrointestinal, útero, vejiga urinaria, riñones, corazón y glándula tiroides (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2008, p. 404).

Los valores sanguíneos referenciales normales plasmáticos de CK en un equino son los siguientes:

Tabla 3. Valores referenciales de CK

Etapa	Valor referencial normal
Descanso	<470 UI/L
2 a 4 horas post ejercicio	No debe exceder el doble del valor obtenido en descanso, máximo 940 UI/L
24 horas post ejercicio	Valores en descanso
No deben haber signos de rigidez muscular	

Tomado de Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 499.

En respuesta al ejercicio se pueden encontrar incrementos de CK a nivel plasmático. Estos incrementos pueden ser por daños en las fibras musculares o por un aumento temporal en la permeabilidad de las mismas. El grado del daño que se pudiera encontrar depende del tipo de ejercicio que realice el equino. La CK aumenta en ejercicios extenuantes, mientras que en ejercicios ligeros a no tan exigentes no se presentan cambios significativos, por lo cual la intensidad del ejercicio está directamente ligada a las variaciones en los niveles de CK. El tiempo o la duración del ejercicio o competencia también influyen en los valores de esta enzima (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2008, p. 405).

Un incremento significativo en los valores de CK plasmáticos puede ser causado por un daño muscular (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 494). Se recomienda realizar un muestreo 24 horas después de la competencia, ya que en este punto el equino debería tener todas sus funciones fisiológicas normales y de esa manera diferenciarlos de aquellos equinos que presentan patologías o respuestas anormales al ejercicio (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2008, p. 405).

La vida media de la CK plasmática es de 108 minutos con un aclaramiento de 0.36 ± 0.1 ml/kg/min (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 495).

2.3 Fisiología

2.3.1 Producción del ácido láctico

Glucólisis anaerobia

En la glucólisis anaerobia el piruvato se reduce a lactato debido al aporte de dos hidrógenos de NADH que provienen de la oxidación del 3 fosfogliceraldehído, en esta reacción interviene la lactato deshidrogenasa (LDH) (Mohar, 1996 pp. 271, 272).

Piruvato + NADH +H – Lactato deshidrogenasa → lactato + NAD (Teijón, Garrido, Blanco, Villaverde, Mendoza, Ramírez, 2006, pp. 38-40).

La presencia de LDH acelera la reacción de reducción de piruvato en lactato, sin embargo, dicha reacción no modifica a la molécula de LDH, por lo cual una sola molécula de LDH es capaz de catalizar la reducción de varias moléculas de piruvato (Hill, Wyse, Anderson, 2004 p. 47).

Para que una célula pueda realizar la glucólisis anaerobia debe sintetizar cantidades importantes de una o más formas de LDH que sean eficaces para catalizar la conversión de ácido pirúvico en ácido láctico (Hill, Wyse, Anderson, 2004 p. 181).

Durante la contracción muscular intensa, esta vía se intensifica notablemente por las necesidades de energía de la célula en contracción, disminuyendo en ese momento el aporte de oxígeno considerablemente en el músculo, debido a la dificultad de la circulación sanguínea de llevar oxígeno a todas las células (Mohar, 1996 pp. 272).

Al no contar con la presencia de oxígeno es imposible continuar con la vía aerobia por lo cual las células conjugan el NADH reducido con el piruvato que es el producto final de esta etapa, liberando NAD oxidado que puede continuar la vía Embdem – Meyerhof desarrollándose la glucólisis en ausencia de oxígeno (Mohar., 1996 pp. 272).

Una célula que presente una cantidad apropiada de LDH se encuentra en capacidad de convertir cada NADH en NAD sin la presencia de O₂, lo cual le

permite mantener una producción estable de ATP (Hill, Wyse, Anderson, 2004 p. 181).

Por esta vía la ganancia de ATP es menor ya que solo una pequeña fracción de aproximadamente el 7% de la energía libre de la glucosa disponible a partir de este azúcar se libera mediante la conversión de glucosa en lactato (Hill, Wyse, Anderson, 2004 p. 181).

El ácido láctico abandona rápidamente la célula muscular, al llegar a un medio aerobio se transforma nuevamente en piruvato el cual según las necesidades de la célula puede oxidarse a CO₂ o ser utilizado para formar glucosa nuevamente por la vía de la gluconeogénesis (Mohar, 1996 pp. 272).

2.3.2 Fisiología hídrica

El equino pierde líquido mediante el sudor a través del sistema tegumentario, este líquido proviene del espacio intersticial disminuyendo de igual manera la cantidad de líquido del espacio intercelular. En el Endurance el equino puede perder aproximadamente un 15% de líquido corporal, llevándole a una disminución de peso, así mismo en carreras puede darse una pérdida importante de líquido en el sudor. Sin embargo, los equinos pueden absorber por vía enteral más de 20 litros desde la reserva de líquido del tubo gastrointestinal (Whiting, 2009 p. 926).

Las condiciones ambientales como la temperatura y humedad influyen en la evaporación del sudor, si estas condiciones se encuentran elevadas, el equino produce más sudor desfavoreciendo el enfriamiento de la piel aumentando la pérdida de líquido hasta 10 a 15 L/h a una velocidad de 16 km/h (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

La producción de sudor es la principal vía en la que el equino pierde líquido así como electrolitos del cuerpo que llevan a una pérdida de volumen y una deshidratación durante el ejercicio de resistencia, perdiendo de esta manera entre 3% a 7% de su masa corporal (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

El equino es un animal muy sensible a los cambios que puedan alterar el equilibrio hídrico y electrolítico, la adaptación constante al clima hace que pierdan líquidos por medio del sudor, además, el equino requiere de energía para manifestarse al máximo. El 20% de la energía química se convierte en energía de trabajo, el 80% restante resulta en la generación de calor que debe ser eliminado. El 75% del calor se elimina a través del sudor (Guyton, Hall, 2006 p. 80).

2.3.3 Desbalance electrolítico

Los cambios en los electrolitos observados en los equinos que realizan actividades deportivas pueden ser provocados tanto por el ejercicio como por un error en la administración de fluidos posterior al entrenamiento.

Hiperkalemia

La hiperkalemia puede adquirirse a través de un ejercicio extenuante (Stockham, Scott, 2008, p. 513).

Entre los signos clínicos que podemos encontrar en equinos con hiperkalemia se encuentran los siguientes:

- Debilidad muscular.
- Fasciculaciones musculares (Contracciones musculares en un área pequeña).
- Espasmos musculares

- Sonidos agudos en la respiración (en la fase de inspiración)
- Recumbencia
- En casos extremos se puede producir la muerte del animal (Orsini, Divers, 2007, p. 84).

La muerte del animal se produce por una parálisis de los músculos de la laringe y faringe o por arritmias musculares producidas por la elevada concentración de potasio (Orsini, Divers, 2007, p. 84).

En los equinos donde el potasio supere los 6 mEq/L a nivel sanguíneo, se debe realizar un electrocardiograma (ECG) para descartar arritmias. Una disminución en la excitabilidad cardíaca y una lenta conducción conllevan a un paro cardíaco o a una fibrilación ventricular. (Orsini, Divers, 2007, p. 84).

Hipokalemia

Esta disminución en los niveles de potasio viene acompañada de hipocloremia, hipocalcemia, alcalosis metabólica y un agotamiento por calor. En la hipokalemia podemos observar arritmias supraventriculares y ventriculares (Orsini, Divers, 2007, p. 85).

En los equinos una vía para la pérdida de potasio es la sudoración y la excesiva salivación. Si el equino consume únicamente agua fresca durante el ejercicio esto promueve a la disolución del potasio remanente en la sangre (Stockham, Scott, 2008, pp. 517-519).

Hipocalcemia

Esta disminución es ocasional en el ejercicio, y se puede producir luego de una larga y extenuante sesión de trabajo, especialmente en zonas calurosas o en equinos que fueron transportados durante mucho tiempo (Orsini, Divers, 2007, p. 86) También se puede presentar en equinos que tuvieron rhabdomiolisis (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 1286).

La patogénesis de esta disminución es multifactorial, la disminución del consumo de calcio, el aumento en la eliminación renal y sudoración profusa son algunas de las causas. Esta sudoración puede provocar una alcalemia hipoclorémica, donde se produce una pérdida directa de calcio a través de la sudoración (Stockham, Scott, 2008, p. 610).

Cuando las concentraciones de calcio son bajas, los canales de sodio se activan fácilmente, lo que produce fasciculaciones y temores (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 1286).

Algunos de los signos clínicos que se pueden encontrar en una hipocalcemia son: ataxia, asfixia, cólicos, convulsiones, depresión, disfagia, disnea, excitabilidad, aumento en la salivación, hipertermia, taquicardia, taquipnea, temores. (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 1286).

2.3.4 Fisiología Ácido-Base

Uno de los procesos donde más se ve reflejada la homeostasis del equino es en el balance ácido-base. La constante concentración de hidrogeno es el resultado del balance entre los ácidos y las bases. En condiciones normales, estos son añadidos constantemente a los fluidos corporales y son obtenidos en la ingesta de alimentos o son un producto del metabolismo celular.

2.3.5 Termorregulación

Todas las reacciones y funciones del organismo dependen de su temperatura corporal. Un incremento en la temperatura resulta en una aceleración de todos sus procesos, así como una disminución de la misma retrasa los procesos (Reece, Erickson, Goff, Uemura, 2015, p. 149).

En los equinos, como en otros mamíferos, incluyendo a los humanos, un incremento excesivo en la temperatura limita su rendimiento. Se necesita conocer a fondo los mecanismos de autorregulación de la temperatura de los equinos, ya que ellos compiten y entrenan generalmente en ambientes calurosos, lo cual aumenta el riesgo de que estos sufran lesiones relacionadas a los incrementos de temperatura (Hinchcliff, 2008, p. 382).

La temperatura normal en el equino oscila entre 37.2°C y 38.2°C. Se deben tomar en consideración las variables que pueden provocar una fluctuación de este rango de temperatura, como el ejercicio, la ingesta de alimento y agua, la hora del día y la temperatura ambiental. También se debe tomar en cuenta que en diferentes regiones del cuerpo van a presentar distintas temperaturas debido al metabolismo, al flujo sanguíneo o la distancia con la piel (Reece, p. 149).

Los equinos son animales activos durante el día y reposan durante la noche, esto ocasiona que su temperatura corporal sea mayor durante la tarde, en relación a la temperatura presentada en la mañana (Reece, 2015, p. 149).

Producción de calor

La temperatura nuclear, se mantiene por un balance dinámico al aumentar o disminuir el calor. Esto se obtiene por medio de distintos mecanismos como

modificar la tasa de producción de calor, disminuir o aumentar la disipación del calor hacia la periferia para ser eliminado y regular la sudoración (Hinchcliff, 2008, p. 382).

El mayor desequilibrio en el balance de la temperatura ocurre durante el ejercicio. Aproximadamente el 75% - 80% de la energía producida durante la conversión de energía química a mecánica es pérdida en forma de calor, en lugar de trabajo físico, por eso el ritmo metabólico aumenta y consecuentemente aumenta la temperatura nuclear y muscular. En este momento se activan los mecanismos disipadores de calor y la recuperación del balance de la temperatura dependerá de la intensidad y duración del ejercicio y de la eficiencia de los mecanismos de regulación. Los mecanismos de regulación pueden optimizarse mediante aclimataciones y con la ganancia del estado físico (Hinchcliff, 2008, p. 382).

Métodos de disipación de calor

Evaporación

Este proceso de evaporación del agua resulta en un enfriamiento del equino. Aproximadamente un 25% del calor en reposo se pierde de esta forma denominada pérdidas insensibles (Reece, 2015, p. 151).

Convección

Cuando el aire o agua que se encuentra en contacto con la piel es calentada, se dispersa, permitiendo así que la piel este expuesta a líquidos más fríos. La cantidad de calor perdido por la convección depende de la gradiente de temperatura entre la piel y el fluido que está en contacto con la piel, mientras el valor de la gradiente sea mayor, el animal perderá más calor (Klein, 2013, p. 562).

Efectos en la termorregulación durante el ejercicio

El calor producto del metabolismo muscular durante el ejercicio es transferido hacia la superficie de la piel para así disiparse en el ambiente. Los mecanismos fisiológicos primarios para la pérdida de calor es el incremento de la frecuencia y gasto cardíaco, a fin de movilizar mayor cantidad de sangre hacia la circulación cutánea (Hinchcliff, 2008, p. 386).

Mediante este proceso la cantidad de sangre que circula por la piel incrementa considerablemente. Este incremento ayuda a que el calor se pueda disipar por convección y por radiación de la superficie de la piel. La eficacia de este proceso depende del movimiento y roce del viento contra la piel. Esto ocasiona una mayor demanda de oxígeno por lo cual se incrementa el ritmo cardíaco y respiratorio, estos en conjunto potencian el efecto de evaporación por medio del sistema respiratorio (Hinchcliff, 2008, p. 386).

En el ejercicio de alta intensidad como las Carreras, el ritmo de producción de calor es mayor al de disipación de calor, lo cual resulta en un incremento de la temperatura muscular. Este incremento continúa hasta que el ejercicio haya terminado y la temperatura se haya normalizado en el período de recuperación. En ejercicios largos de baja intensidad, como el Endurance, los mecanismos de disipación de calor logran disminuir la temperatura corporal (Hinchcliff, 2008, p. 387).

2.4 Aparato Locomotor

El aparato locomotor del equino es un sistema orgánico complejo encargado del trabajo mecánico. Está formado anatómicamente por diversas estructuras del sistema músculo esquelético, siendo el sistema esquelético la parte pasiva del cuerpo y el sistema muscular la parte activa del mismo. Los huesos, articulaciones, músculos, tendones y ligamentos actúan armónicamente

durante el movimiento. Los tejidos blandos y duros del sistema músculo esquelético están diseñados para resistir fuerzas repetitivamente con distinta intensidad. La capacidad y resistencia de los mismos está determinada por su composición, ubicación y función. (König, Liebich, 2004 p. 4) Es importante conocer el impacto sobre el rendimiento físico y saber cómo acondicionar al equino para alcanzar su pico máximo (Loving, 2010, p. 156). Si bien el lactato y la Ck se generan en el musculo, resulta importante conocer el funcionamiento total del aparato locomotor para poder mantener estos dos productos del metabolismo dentro de los rangos normales de referencia.

2.4.1 Tejido Óseo

El esqueleto en los equinos es fundamentalmente un soporte estructural y un medio de locomoción, la variabilidad en su conformación ósea depende del tipo de disciplina para la cual van a ser entrenados. Los caballos sometidos a deportes de resistencia como el Endurance tienen huesos altos en masa, opuesto a los caballos utilizados en competencias de velocidad como los caballos de Carreras y Salto poseen huesos bajos en masa, este es un tejido muy irrigado y se encuentra en remodelación constante (Hinchcliff, Geor, Kaneps, 2008 p. 81).

Modelado y remodelado óseo

Durante los procesos de crecimiento del hueso y adaptación a los cambios durante la carga, la forma o arquitectura del hueso cambia por la actividad celular para remover y formar hueso. Los cambios en la forma son el resultado de la remoción y formación de hueso al mismo tiempo pero en diferentes lugares, este proceso es modelado y permite cambios en el lugar del tejido tridimensional (Hinchcliff, Geor, Kaneps, 2008 p. 92).

Dentro de la matriz del hueso pueden ocurrir microlesiones como consecuencia de repetidos ciclos de carga. Carga repetitiva en muchos materiales inertes resulta en la acumulación de microlesiones y últimamente en la fractura de la estructura (Hinchcliff, Geor, Kaneps, 2008 pp. 92-93).

Entrenamiento

El acondicionamiento óseo se logra realizando entrenamientos de larga distancia y velocidad lenta. Las adaptaciones logradas por medio del ejercicio serán diferentes para cada equino según la duración e intensidad del programa de entrenamiento. La adaptación ósea se logra con el aumento progresivo en la velocidad. Los ciclos rápidos de entrenamiento ayudan a mantener y estimular las respuestas de remodelación ósea. El desarrollo de la fuerza ósea se logra al realizar sprints cortos alternados con galopes de larga duración y a lenta velocidad. El entrenamiento a alta velocidad provoca un aumento en la densidad ósea ya que estimula el depósito de mineral dentro del hueso (Loving, 2010, p. 119).

La fuerza esquelética se logra sometiendo al hueso a distintas fuerzas, para alcanzar la fuerza ósea máxima se debe someter al hueso a un entrenamiento de sesiones rápidas y cortas a distintas marchas y velocidades sobre terrenos variados. Para desarrollar equinos atletas se debe tener en consideración el tiempo que toma desarrollar la fuerza en todas las partes involucradas en un equino (Loving, 2010, p. 120).

Fatiga ósea

El hueso alcanza la fatiga ósea cuando se deforma y pierde elasticidad debido a ciclos de carga y descarga, afectando la fuerza del hueso debido a cargas aplicadas de manera distinta en un miembro. Como es el caso de un equino Pura Sangre que corre a máxima velocidad en línea recta alcanzando los 30.5 km, si durante su recorrido hace un giro aumenta la carga por unidad de área

haciendo que los huesos sometidos a cargas irregulares en un giro puedan recorrer solo 402 metros antes de sufrir fatiga (Loving, 2010, p. 122).

Dentro de la matriz del hueso pueden ocurrir microlesiones como consecuencia de repetidos ciclos de carga. Carga repetitiva en muchos materiales inertes resulta en la acumulación de microlesiones y últimamente en la fractura de la estructura (Hinchcliff, Geor, Kaneps, 2008 pp. 92-93).

2.4.2 Sistema Muscular

Las razas equinas atléticas tienen un gran desarrollo del músculo esquelético con gran plasticidad adaptativa para responder al potencial atlético de los animales. En el equino aproximadamente el 55% de su peso corporal está compuesto por músculo, comparado con razas no atléticas en las cuales el peso corporal del músculo es menor al 42% (Hinchcliff, Geor, Kaneps, 2008, p.30). La morfología y el tamaño del músculo dependen del estado nutricional, sexo, función, trabajo que realiza y el lugar que ocupa la fibra dentro del músculo (Hinchcliff, Geor, Kaneps, 2008, p.35). Existen 3 tipos de fibras musculares que se utilizan según el tipo de entrenamiento que realice el animal.

Fibras rojas

Son fibras oxidativas de contracción lenta o tipo I. Son pequeñas, con gran cantidad de mioglobina, mitocondrias y complejos de citocromos. Integran las unidades motoras de contracción lenta de pequeño calibre, su contracción es prolongada y mantenida por lo cual son fibras resistentes a la fatiga ya que su metabolismo es principalmente aeróbico (Ross, Kaye, Pawlina, 2005 p.307). Este tipo de fibras predomina en animales que recorren largas distancias como los animales de Endurance (Loving, 2010, p. 162).

Fibras blancas

Son fibras glucolíticas de contracción rápida o tipo IIb. Son grandes con menor cantidad de mioglobina, mitocondrias y complejos citocromos. Forman las unidades motoras de contracción rápida, de gran calibre, estas fibras se fatigan pronto y generan un gran pico de tensión muscular. Son fibras adaptadas a movimientos precisos y de contracción rápida y con mayor cantidad de uniones neuromusculares, por lo cual el control nervioso de los movimientos musculares es más preciso (Ross, Kaye, Pawlina, 2005 p.308).

Fibras intermedias

Las fibras intermedias son fibras glucolíticas oxidativas rápidas o tipo IIa comparten características con las fibras blancas y rojas. Son de tamaño y metabolismo intermedio y poseen una cantidad intermedia de mioglobina y mitocondrias. (Merí, 2005 p. 19) Son fibras de contracción rápida y resistentes a la fatiga. (Ross, Kaye, Pawlina, 2005 p.308) Este tipo de fibras predomina en animales que requieren de una aceleración máxima como los caballos de Salto y en animales que precisan alcanzar una velocidad máxima como en el caso de los equinos de Carreras. (Loving, 2010, p. 162)

Mitocondrias

Las mitocondrias tienen sus complejos constitutivos de citocromos transportadores de electrones que son indispensables para la producción de ATP. (Ross, Kaye, Pawlina, 2005 p.251). La mioglobina se encuentra en el citoplasma almacena y transporta oxígeno dentro del músculo, según las necesidades, el oxígeno puede separarse de la mioglobina y producir energía aerobia para obtener energía durante la contracción muscular (Welsch, Sobotta, 2009, p. 158).

El entrenamiento realizado a intervalos aumenta el número de mitocondrias en la célula, un aumento en el número de mitocondrias incrementa el consumo de O₂ disponible para de esta manera producir más energía. Además el entrenamiento a intervalos aumenta la capacidad de almacenamiento de los glóbulos rojos en el bazo (Loving, 2010, p. 251).

Remodelación adaptativa del músculo

La adaptación del músculo equino se debe en gran parte a la plasticidad estructural y funcional de las miofibrillas. Estas adaptaciones se asocian a la transcripción de genes específicos que generan cambios en la isoforma de las fibras musculares, este cambio depende del tipo, frecuencia intensidad y duración de estímulo (Hinchcliff, Geor, Kaneps, 2008 p.63).

La modificación en el músculo se da por el incremento de la actividad contráctil, asociada a cambios inducidos por el entrenamiento hacia un músculo más oxidativo. Las fibras de contracción rápida así como los músculos que poseen gran cantidad de dichas fibras presentan mayor adaptación al entrenamiento. Esta respuesta se da en animales jóvenes que presentan mayor cantidad de fibras glucolíticas de contracción rápida que los animales maduros que presentan mayor cantidad de fibras oxidativas (Hinchcliff, Geor, Kaneps, 2008 p.63).

Se pueden prevenir las lesiones en el equino mediante el fortalecimiento muscular del mismo. Los músculos amortiguan las cargas de los tendones a fin de evitar que los tendones se distiendan demasiado (Loving, 2010, p. 202).

Hipertrofia muscular

Se produce en entrenamientos de alta intensidad o velocidad y corta duración (Hinchcliff K., Geor R., Kaneps A., 2008 p. 65), generando un aumento en el tamaño de las fibras musculares de tipo II debido al incremento en el número de filamentos de actina y miosina dentro de cada fibra muscular, siendo este el caso de los caballos de Salto (Guyton, Hall, 2006 p.83).

Hiperplasia muscular

Consiste en el aumento en la cantidad de fibras musculares a causa de la división lineal de las fibras tipo II previamente hipertrofiadas, este aumento paralelo de la cantidad de fibras se produce en ejercicios de generación extrema de fuerza muscular, (Guyton, Hall, 2006 p.83), común en caballos de Carreras Pura Sangre (Hinchcliff, Geor, Kaneps, 2008 p. 65).

Transición de las fibras musculares

Consiste en el incremento del porcentaje de fibras de tipo I y IIa y en la reducción de las fibras de tipo IIb, a causa de la duración en el entrenamiento y la intensidad del mismo, siendo este el caso del Endurance (Hinchcliff, Geor, Kaneps, 2008 p. 65).

La remodelación en las miofibras con mínima o nula hipertrofia generan músculos más resistentes a la fatiga a causa de la capacidad oxidativa de cada miofibrilla, pero con disminución en velocidad de contracción asociada a la estimulación de determinados tipos de fibras musculares y al aumento en la expresión de la isoforma lenta (Hinchcliff, Geor, Kaneps, 2008 p. 65).

2.4.3 Tendones y ligamentos

Tanto los tendones como los ligamentos son responsables de resistir las cargas altamente tensoras, es decir aquellas cargas que aplican tensión en los

tejidos blandos estirando las fibras. A mayor inactividad de estas estructuras menor organización de las fibras que las componen. El tejido blando en los equinos inactivos es más débil, lo que hace que el animal soporte menos el estrés del ejercicio. Es por esto que se debe tomar en cuenta el nivel de actividad que se le exige a caballo cuando este retoma el entrenamiento, después de un período de inactividad (Loving, 2010. P. 202).

Tendones

Los tendones están formados de tejido conectivo fibroso que unen los músculos con los huesos, la contracción muscular transmite por medio de los tendones la fuerza a los huesos. Los tendones soportan la carga de la masa del equino disipando los impactos y la tensión, estos deben ser fuertes y elásticos a fin de poder deformarse en el entrenamiento recuperando su forma y longitud cuando el caballo se encuentra en descanso (Loving, 2010, p. 202).

Ligamentos

Los ligamentos están compuestos de tejido conectivo fibroso menos elástico, unen los huesos a las articulaciones, estabilizando la articulación y evitando el estiramiento y la flexión excesiva y la torsión (Loving, 2010, p. 202).

2.5 Disciplinas en las que compiten los equinos

2.5.1 Salto

El médico veterinario es el encargado de preservar la salud de los equinos dedicados al salto. Debido a las instalaciones modernas, el salto es hoy en día un deporte que se practica todo el año, contrario a épocas pasadas donde debido a las condiciones climáticas era un deporte de ciertas temporadas (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1127). Debido al traslado y esto facilitado en la ciudad de Quito por las relativamente cortas distancias, los equinos deben viajar a la competencia, regresar a seguir entrenando y volver a competir, razón

por la cual los tiempos de descanso no siempre son los óptimos para asegurar la salud del equino así como también su máximo desempeño dentro de los circuitos. La medición de lactato y CK nos ayuda a conocer la intensidad del entrenamiento, el estado de recuperación o de fatiga muscular y también como se encuentra el equino después de una competencia y determinar un tiempo de descanso adecuado para que éste vuelva a los entrenamientos. A esto también hay que sumarle el estrecho calendario en ciertos meses donde los equinos compiten a semana seguida y esto provoca que los propietarios no les den el descanso adecuado produciéndose sobrecargas musculares, calambres y bajo desempeño, sin tener en consideración la recuperación del equino, sino solo su forma física.

Características del deporte

Este deporte se caracteriza por la serie de obstáculos que tienen que saltar los equinos. Dichos obstáculos varían la altura de acuerdo a la prueba y lo más importante es que no se derribe el obstáculo, por sobre el estilo o la prolijidad del salto. Las cercas pueden ser simples o combinadas donde se coloca dos cercas a una distancia cercana y el equino debe saltar la longitud completa sin derribar nada (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p.1127). Cada salto es diferente, unos requieren más velocidad que otros, por lo cual la concentración del jinete y del equino es primordial.

El salto es una prueba donde las habilidades requeridas están ligadas al poder que puedan producir los equinos con sus extremidades y la forma física que posean. No se debe descuidar la forma física de un equino por su musculatura y por su habilidad para saltar, ya que esto conlleva a lesiones (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1127).

El galope que se produce entre cada salto es principalmente aeróbico, pero cuando pasan las cercas y el cansancio va apareciendo el salto demanda energía anaeróbica, principalmente en equinos con bajo nivel físico. Por lo cual se debe trabajar en la mejora de la capacidad del rendimiento aeróbico. Muchos equinos realizan rondas de salto de calentamiento previo al evento, esto resulta en un mayor ritmo cardíaco durante la prueba, el cual suele ser entre 180 a 206 latidos por minuto, aumentando o disminuyendo de acuerdo al estado físico del equino. El pico del ritmo se produce en la parte final del curso de la competencia, e inmediatamente terminado el curso empieza la recuperación de la frecuencia cardíaca. Este valor es importante ya que mide cuantas pulsaciones disminuye el ritmo y así se puede evaluar la capacidad de recuperación del equino post competencia. La concentración de lactato en una prueba de salto oscila entre 3 a 8 mmol/L. Por lo cual el enfriamiento activo (caminata o trote despacio) del equino es esencial para que el lactato se elimine de los músculos (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, pp. 1127-1128).

Entrenamiento

El entrenamiento es la clave para un gran desempeño del equino así como también la prevención de lesiones, tanto en los entrenamientos como en las competencias. Un entrenamiento que no sea muy demandante, exigente o intenso puede subdesarrollar el potencial del equino, por otra parte un entrenamiento donde se exija demasiado al caballo, puede llevarlo al riesgo de sufrir lesiones en las competencias y daños irreversibles principalmente en las articulaciones (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1133).

Debe encontrarse el balance entre el estado físico y la fatiga durante el entrenamiento, así se lograra un equilibrio entre el desarrollo de todo el sistema musculoesquelético y del sistema cardiorrespiratorio. El entrenamiento debe ser en base a la competencia y nivel para el cual está entrenando el equino, pero se debe intentar diversificar el entrenamiento, ya que movimientos o

rutinas repetitivas pueden llevar a lesiones asociadas a sobrecargas musculares (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1133).

El programa de entrenamiento ideal debe incluir varios objetivos como es el acondicionamiento físico general, lo cual se relaciona con el rendimiento energético aeróbico, el entrenamiento específico de la técnica de salto y el entrenamiento de fuerza muscular. De esta manera y alternando rutinas de ejercicio donde se logre el equilibrio entre los tres puntos mencionados anteriormente podemos lograr un entrenamiento balanceado, un desarrollo muscular adecuado, una recuperación más rápida y eficiente después de competir o entrenar y por sobre todo evitar lesiones (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1133).

El equino después del entrenamiento necesita tener las siguientes capacidades, habilidades o destrezas: la fuerza necesaria para completar el ejercicio, la condición física para poder repetir el ejercicio y la destreza para realizar el ejercicio de forma segura (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1133).

El caballo en cada entrenamiento necesita realizar ejercicios o rutinas de calentamiento, el periodo específico de entrenamiento y el enfriamiento. Después de calentamiento y del enfriamiento es necesario realizar ejercicios de estiramiento (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1134). El estiramiento ayuda a la activación muscular antes del entrenamiento y a relajar el músculo después del enfriamiento, por lo cual ayuda a que los equinos puedan terminar una sesión en mejor estado, en comparación a un equino que no realizó ejercicios de enfriamiento y estiramiento.

2.5.2 Carreras Pura Sangre

Las carreras de equinos pura sangre iniciaron en Inglaterra hace más de 200 años, actualmente, este deporte se practica en más de 50 países. La industria que se ha generado dentro de esta disciplina, tiene como pilar fundamental al veterinario quien toma parte, desde la compra del equino, hasta el final de su vida atlética. Generalmente los equinos que obtuvieron un excelente rendimiento o que tienen una gran genética o un gran potencial genético, se los retira para utilizarlos como sementales. Por el contrario a los equinos que no tuvieron una carrera exitosa, son entrenados en otros deportes, siempre y cuando puedan desempeñarse físicamente en otra disciplina sin ninguna complicación (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1013).

Los equinos, tienen su primera competencia alrededor de los 2 años siendo el rango de edad de la población en las carreras entre 2 a 5 años. La distribución sexual comienza de una manera equitativa a los 2 años de edad. En las subsecuentes carreras se produce un retiro de las yeguas para que estas se dediquen a la reproducción y los equinos mayores a 4 años suelen ser castrados, exceptuando aquellos que serán utilizados como sementales (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1013).

La edad en la que el equino comienza a competir depende de su madurez, la conformación atlética, lo que el propietario aspira del equino y por último el calendario de carreras. La respuesta al entrenamiento y el estado de salud general son dos factores de los cuales depende su primera carrera. Los equinos que comienzan a correr a los dos años, completan más carreras y mayores distancias en relación a equinos que iniciaron posterior a dicha edad (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1013).

Las carreras de equinos se pueden medir en metros o en furlongs, la cual es una medida de distancia utilizada en esta disciplina. Un furlong es igual a 201.2 metros. (Ramzan, 2014, p. 320).

Características fisiológicas y cambios producto del ejercicio en los equinos de Carreras

La habilidad del equino para poder producir y mantener su esfuerzo físico está determinada por la producción de energía. Cuando las reservas musculares de energía durante el ejercicio se terminan y el cuerpo necesita mayor energía, la cual se produce en el metabolismo aeróbico o el anaeróbico (Ramzan, 2014, p. 317).

El metabolismo aeróbico es el más eficiente, pero su oferta es limitada ya que depende del sistema cardiorrespiratorio y la capacidad de la hemoglobina para transportar el oxígeno a los músculos. Cuando se pierde esta capacidad comienza el metabolismo anaeróbico, el cual por la creciente producción de lactato a nivel muscular es ineficiente comparado con el metabolismo aeróbico. Los incrementos de lactato en el músculo no permiten una correcta contracción ni una glucólisis a nivel muscular, la suma de esto resulta en fatiga muscular. En superficies planas, la fatiga llega por la suma del incremento de niveles de lactato y del calor, más que por un vaciamiento total de las reservas de energía (Ramzan, 2014, p. 317).

Por lo general a nivel celular se regula el metabolismo, o la vía, por la cual van a obtener energía los músculos. En el trote y caminata la vía es netamente aeróbica. En las carreras, contrariamente, se utiliza ambas vías de energía, por la velocidad a la que se compite, sin importar la distancia. En carreras de más de 3200 metros, se estima que el esfuerzo es entre un 80% y 90% aeróbico, mientras que en piques o "sprints" de menos de 1200 metros el metabolismo

aeróbico es del 70% o menos. Esto debido a la velocidad utilizada en cada una de las pruebas. El metabolismo anaeróbico se produce cuando hay aumentos de velocidad, el cual no puede ser mantenido durante mucho tiempo, aproximadamente pueden mantenerlo hasta los 600 metros. Estas aceleraciones suelen ser al final de la competencia, ya que el gasto muscular y los efectos del lactato impiden la contracción muscular normal (Ramzan, 2014, p. 317).

El equino tiene ciertas características que lo ayudan como atleta, las cuales son:

- Los grandes grupos musculares están posicionados en el tronco y en el extremo proximal de las extremidades, lo cual permite un movimiento eficiente.
- Gran capacidad de su sistema cardiorrespiratorio, lo cual permite oxigenar la musculatura y elevar la frecuencia cardíaca durante el ejercicio.
- Reservas de glóbulos rojos en el bazo, para que estos salgan a circulación el momento del ejercicio produciéndose un aumento en el transporte de oxígeno a través de la hemoglobina.
- Y por último, a nivel celular, hay un eficiente uso del oxígeno en el músculo esquelético (Ramzan, 2014, p. 317).

El objetivo principal del entrenamiento es la adaptación de los sistemas musculoesquelético y cardiovascular a los requerimientos del ejercicio. El entrenamiento sirve tanto para el acondicionamiento del sistema musculoesquelético para poder producir la fuerza necesaria durante el pico del ejercicio, como para la generación y utilización de energía, esto resulta en el estado físico del equino. Cabe destacar que el sistema respiratorio no sufre cambios ni adaptaciones relacionadas con el ejercicio (Ramzan, 2014, p. 318).

Sistema cardiovascular

En los equinos la frecuencia cardíaca en reposo es de 28-36 ppm, y se transporta aproximadamente 45L de sangre, el equino tiene la capacidad de incrementarla rápidamente cuando empieza el ejercicio y esta puede llegar a tener picos de 200-240ppm (Ramzan, 2014, p. 317).

A pesar de que el aumento de la frecuencia disminuye el tiempo que tiene el corazón para llenar sus cámaras, la cantidad de sangre bombeada en cada latido puede duplicarse. Así el equino transportará más de 300 L/minuto de sangre en el pico del ejercicio, logrando de esta manera suplir todas las demandas del sistema musculoesquelético. En el ejercicio y debido a la contracción del bazo, como se mencionó anteriormente, la cantidad de glóbulos rojos circulantes puede llegar a un 50% más (Ramzan, 2014, p. 317).

Los efectos del entrenamiento en el sistema cardiovascular son los siguientes: un agrandamiento del lado izquierdo del corazón, con una hipertrofia en el músculo del ventrículo izquierdo, lo cual permite un mayor flujo sanguíneo durante el ejercicio. En los equinos la frecuencia cardíaca de reposo y la frecuencia máxima se encuentran afectadas de una manera significativa por el ejercicio (Ramzan, 2014, p. 318).

Los cambios que produce el entrenamiento son, incremento en el conteo de glóbulos rojos y hemoglobina en reposo. Estos cambios son muy pequeños, por lo cual asociarlos con el nivel de estado físico del equino no es confiable. Al igual que las frecuencias cardíaca de reposo y máxima, el equilibrio ácido-base y los niveles de electrolitos no cambian con el entrenamiento (Ramzan, 2014, p. 318).

Sistema respiratorio

El equino de carreras tiene una gran capacidad respiratoria en relación a su tamaño, la función de este sistema es el intercambio de CO₂ y de O₂. Para lograr intercambiar la cantidad necesaria de estos gases y obtener el aporte necesario de oxígeno que demanda el cuerpo durante el ejercicio, se incrementa la frecuencia respiratoria (Ramzan, 2014, p. 318).

Durante el ejercicio, el paso y la respiración están relacionados ya que en el punto que los miembros anteriores tienen contacto con el suelo se produce la exhalación. El equino realiza la inhalación y la exhalación únicamente por la nariz, por lo cual es importante el estado de las vías aéreas superiores para una respiración y un intercambio de gases óptimo (Ramzan, 2014, p. 318).

Musculatura

Los músculos tienen diferentes tipos de fibras musculares, las cuales pueden ser puramente aeróbicas de contracción lenta o de contracción rápida con una mayor capacidad anaeróbica. La musculatura ubicada axialmente en el equino tiene como principal función mantener la postura, por lo cual hay abundantes fibras de contracción lenta. El consumo de glucógeno a nivel muscular en los equinos de carreras es muy alto, esto se uno a la actividad enzimática y resulta en una acción buffer en contra de los efectos del lactato que conllevan a la fatiga (Ramzan, 2014, p. 318).

De todos los sistemas que se mencionaron, los músculos son los que más cambios sufren durante las sesiones de entrenamiento. La mayoría de los cambios ocurren dentro de los primeros cuatro meses de entrenamiento. La mejora en la capacidad oxidativa, con una mayor actividad enzimática y un incremento en la red de capilares musculares, son los cambios principales que ocurren en los músculos. Esto ayuda a un mejor uso del oxígeno y a

incrementar el umbral del metabolismo anaeróbico, esto combinado con la capacidad de los músculos de eliminar el lactato de los mismos resulta en un retraso en la aparición de la fatiga. Al ser un ejercicio de alta intensidad se produce una hipertrofia muscular, la cual es responsable de un mayor potencial de generación de fuerza (Ramzan, 2014, p. 318).

Entrenamiento

En el entrenamiento de los equinos de Carreras es necesario que se encuentre enfocado hacia la estimulación y adaptación de todo el sistema esquelético y muscular sin provocar lesiones tanto en los huesos como en las articulaciones. Se debe tener precaución en los incrementos de intensidades en el entrenamiento, ya que, si el equino no está listo para tal incremento este podría sufrir una lesión fatal que los retire de las competencias (Back, Clayton, 2013, p. 309).

El entrenamiento en los equinos de carreras comienza usualmente antes de los 2 años de edad, así el equino, puede comenzar su etapa de competencias a partir de los 2 años (Ramzan, 2014, p. 319).

El entrenamiento consiste en tres pasos o fases. Durante la primera fase se busca incrementar la resistencia del equino, entrenando a velocidades no superiores a 600m/min. Ya en la fase dos se busca combinar el entrenamiento aeróbico y anaeróbico, en el cual las velocidad de entrenamiento es de 750-800m/min, lo cual representa entre el 70-80% de su velocidad máxima. Y en la tercera y última fase, el entrenamiento es puramente anaeróbico en el cual el desarrollo de la velocidad y aceleración es el objetivo principal (Hodgson, Harrington, McGowan, 2014, p. 302).

Durante la primera fase de entrenamiento aeróbico, el ritmo cardíaco no debe superar las 160 ppm y no debe haber un incremento en la concentración sanguínea de lactato. Con esto se busca incrementar la capacidad aeróbica y el fortalecimiento de las extremidades, y se trabaja también en el adiestramiento del equino. En la segunda fase se produce un incremento de la velocidad, este incremento se lo debe realizar progresivamente cada 2 a 3 semanas, aumentando así las capacidades tanto aeróbicas y anaeróbicas como la fortaleza musculoesquelética. La tercera fase consiste en ejercicios de alta intensidad donde se busca tener incrementos en la fuerza muscular y la resistencia al equino (Ramzan, 2014, p. 319).

Calentamiento

Este paso en el ejercicio, tienen muy poco efecto en cuanto a la prevención de lesiones, ya que estas son producidas por un sobre ejercicio o por un entrenamiento deficiente, por el contrario tiene un gran efecto en el rendimiento, ya que activa a los músculos (Ramzan, 2014, p. 322).

El aumento de la disponibilidad de oxígeno y energía, antes de la competencia, se logra durante el calentamiento, que provee más energía por vías metabólicas aeróbicas y en consecuencia el apareamiento de la fatiga se retrasa (Ramzan, 2014, p. 322).

La contracción esplénica donde se liberan los glóbulos rojos y hemoglobina a circulación puede ocurrir durante el calentamiento y así obtener los beneficios de esta contracción antes del entrenamiento o competencia (Ramzan, 2014, p. 322).

Se recomienda que el equino caliente a una velocidad de medio galope, en lugar de únicamente caminar, ya que la intensidad será un beneficio para la carrera. El equino debe disminuir su paso cuando ya se está acercando al inicio de la prueba (Ramzan, 2014, p. 322).

Enfriamiento

La manera más eficiente de eliminar el lactato muscular es un trote rápido con una frecuencia cardíaca de 65% - 70% en relación a la frecuencia máxima, en comparación a un ejercicio pasivo de recuperación o una caminata (Ramzan, 2014, p. 322).

El relleno del glucógeno muscular es lento después de sesiones o eventos de alta intensidad, por lo cual podría tomar hasta tres días el llenado completo del glucógeno muscular. Para acelerar este proceso es importante proveer al equino con abundante agua con electrolitos y una dieta alta en energía, en el caso presentarse un evento cercano e interesa la recuperación rápida, adicionalmente podría administrarse un suero de glucosa intravenoso (Ramzan, 2014, p. 322).

Fatiga

La fatiga representa una disminución en el rendimiento del equino, esto se ve representado en la disminución del paso y la velocidad en la carrera. En cuanto al largo de la zancada o del paso, ciertos equinos pueden aumentar el largo de la misma, mientras que otros pueden disminuirla (Back, Clayton, 2013, p. 309).

Como se mencionó anteriormente existe una relación entre la respiración y el aterrizaje de los miembros anteriores. Cambios en la coordinación de los miembros asociados a fatiga pueden estar relacionados a problemas con la

demanda de oxígeno. Un incremento en la etapa de suspensión incrementa la fase inspiratoria del ciclo de la respiración, lo cual resultaría beneficioso para un equino que está fatigado (Back, Clayton, 2013, p. 309).

Pruebas de resistencia

El poder probar la resistencia de un equino y decidir si este está listo para correr, es el trabajo u objetivo principal del entrenador (Ramzan, 2014, p. 322). Para esto hay varias pruebas o valores que se deben considerar al momento de evaluar a un equino.

Análisis hematológico

No es muy útil para comprobar el estado físico, pero se lo utiliza principalmente para medir la hemoglobina y su capacidad para transportar el oxígeno. Debido a la reserva esplénica, la medición de valores sanguíneos puede ser errónea ya que hay muchos glóbulos rojos y hemoglobina que salen a circulación cuando se produce la contracción esplénica. Hematológicamente no existe una relación entre valores pre y post ejercicio (Ramzan, 2014, p. 322).

Frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca de los equinos, no cambia su ritmo de descanso ni su frecuencia máxima. No existe una relación en cuanto a la frecuencia cardíaca máxima y el rendimiento en la pista. Se tenía antes la creencia de medir la frecuencia después del ejercicio para medir la recuperación, pero este disminuye de manera natural después el ejercicio por lo cual es muy difícil utilizar este parámetro para medir la recuperación del equino (Ramzan, 2014, p. 322).

Frecuencia respiratoria

Es una medida subjetiva para medir el estado físico del equino. Cuando esta frecuencia disminuye lentamente después del ejercicio puede ser un indicador de mal estado físico, alguna patología o enfermedad, o un cansancio extremo del equino (Ramzan, 2014, p. 322).

Condición corporal

Para que esta medida pueda ser útil, se debe conocer a profundidad al equino, sus cargas de trabajo, su dieta y sus aspectos individuales. Hay mucha fluctuación entre el valor ideal y el valor de peso corporal en el pico de rendimiento (Ramzan, 2014, p. 323).

Velocidad

La velocidad máxima del equino indica una amplia correlación entre la destreza y el estado físico. Esta medida se puede ver afectada por muchas variables por lo cual puede ser confusa. El estrés, enfermedades, el jinete y la pista son varios factores que pueden afectar la apreciación de la velocidad (Ramzan, 2014, p. 323).

Lactato sanguíneo

La acumulación de lactato en la sangre y en el músculo sucede cuando se incrementa la intensidad del entrenamiento y se excede la capacidad aeróbica muscular. El umbral anaeróbico se considera cuando el equino tiene 4 mmol/L de concentración sanguínea de lactato (Ramzan, 2014, p. 323).

La mejora en el estado físico permite al equino trabajar y competir a velocidades superiores sin que esto produzca una acumulación de lactato, aumentando de esta manera el umbral de lactato. El lactato sanguíneo puede

incrementarse de 2 mmol/L a 20 mmol/L cuando el equino es sometido a un ejercicio intenso. Los valores de lactato se normalizan aproximadamente 3 horas después de la prueba (Ramzan, 2014, p. 323).

La medición de lactato inmediatamente post ejercicio es un gran parámetro para conocer el estado físico relacionado con el metabolismo aeróbico. Los dispositivos portátiles, que utilizan sangre completa para la medición de lactato permiten una medición precisa en el campo (Ramzan, 2014, p. 323).

2.5.3 Endurance

El Endurance es la disciplina FEI con mayor crecimiento. En esta disciplina se encuentran combinadas distintas habilidades del jinete. Dichas habilidades son manejar el estado físico del equino así como también sus niveles de energía e hidratación. Para llevar a cabo esto el jinete debe analizar y planear la carrera y la distancia, el clima, el terreno y los tiempos para finalizar las vueltas son factores que influyen en el equino (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1083). Cabe recalcar que cada competencia tiene sus características especiales, ubicaciones calientes donde los equinos van a ser más propensos a sufrir deshidratación o superficies de piedra o muy duras donde las claudicaciones son más comunes, estos y muchos más factores deben ser tomados en cuenta por el jinete al momento de planificar su carrera.

De acuerdo a la mayoría de asociaciones nacionales, y la FEI (Federación Ecuestre Internacional), un equino para poder competir en una prueba de 80km o más, debe tener por lo menos 5 años de edad. Esta reglamentación permite el óptimo desarrollo y crecimiento del equino. Algunos propietarios deciden que sus equinos compitan en otras disciplinas antes de que su entrenamiento de Endurance comience, ayudando de esta manera a un mejor desarrollo en el equino logrando que éste sea más sociable en presencia de otros equinos, así

como en los exámenes veterinarios y en el transporte. Además de esto el equino desarrolla la capacidad de transportar a un jinete sin ningún problema y de una manera más coordinada (Hodgson, Harrington, McGowan, 2014, p. 314).

El Endurance es un ejercicio que demanda mucho tiempo y distancia, razón por la cual es primordial que el equino economice en su paso, ya que en cada competencia y entrenamiento el equino necesita realizar miles de zancadas. Cuando el equino maximiza sus zancadas y su ritmo, este produce un menor gasto de energía mecánica y por lo tanto un menor gasto metabólico necesario para cubrir la distancia establecida (Back, Clayton, 2013, p. 311).

Competir en Endurance es una inversión a largo plazo, ya que, al ser una disciplina de resistencia requiere años de preparación, consideración de las distancias, la velocidad necesaria para completar la prueba en los tiempos establecidos e incluso poder ganar la prueba y el bienestar animal por sobre todo (Hodgson, Harrington, McGowan, 2014, p. 314).

Características del Endurance

Las carreras de Endurance tienen dos ramas, las pruebas de corta (de 20 a 60 kilómetros) y de larga distancia (de 80 a 480 kilómetros). Para que una prueba sea avalada como FEI debe cubrir más de 80 kilómetros. Cuando en un evento se recorre de 40 a 160 kilómetros, las pruebas se las realiza generalmente en un solo día. Hay ciertas carreras que crean circuitos o vueltas, para crear un campo base y que los equinos regresen al mismo entre cada vuelta. Otras por el contrario cubren una distancia lineal en la cual no regresan a un mismo punto, esto es un reto para la organización ya que la logística es mayor y el número de jueces, veterinarios y demás personal involucrado debe ser mayor (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1083). Una de las características más

interesantes del Endurance, por ejemplo en el Ecuador, es que cada válida es realizada en un lugar diferente, entonces los equinos deben subir valles, atravesar planicies, enfrentar diferentes pisos climáticos, siendo estos algunos de los diferentes atractivos y retos de la carrera para los jinetes y los equinos.

Los equinos Árabes Pura Sangre y los equinos con cruce de Árabe tienen mucha capacidad aeróbica para cubrir grandes distancias por lo cual los hace ideales para el Endurance. En el Endurance, en comparación con otras carreras de equinos, la salud en la que llega el equino es más importante que quien termina primero la prueba, por lo cual los propietarios están muy pendientes de su estado general de salud antes, durante y después de la competencia. Esto también se ve reflejado en los chequeos veterinarios tan estrictos y frecuentes durante la competencia (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1085).

Los equinos que crezcan en un potrero tienen como ventaja el estar acostumbrados a moverse sobre diferentes variedades de terreno y como se mencionó anteriormente, la sociabilidad con otros equinos (Hodgson, Harrington, McGowan, 2014, p. 314).

De acuerdo al reglamento FEI dentro de una competencia una vuelta o circuito no debe ser menor a 20 kilómetros, ni superior a 40 kilómetros y al final de cada una debe haber un chequeo veterinario. Cada chequeo tiene en cuenta tres criterios, bajo los cuales se determina si un equino puede continuar en la carrera o ser eliminado de la misma. Estos criterios son: ritmo cardíaco en recuperación, estado metabólico y paso. El jinete puede enfriar al equino antes del mencionado chequeo y pasar al chequeo cuando considere que su caballo ya está listo para ser revisado. El tiempo de chequeo veterinario está considerado dentro del tiempo de competencia. Posterior a la inspección

veterinaria el equino tiene entre 30 a 60 minutos para recuperarse, dependiendo de las vueltas y la longitud de la carrera. Al ser esta una competencia contra el reloj el equino ganador deberá haber sido el más rápido en completar el curso de la carrera y además de haber aprobado satisfactoriamente todos los chequeos veterinarios, esto incluye al chequeo después de haber llegado a la meta y solo los equinos que hubieran aprobado todas las revisiones son incluidos en la lista final de la competencia (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1085).

Para cada válida o evento de Endurance, debe haber un Presidente veterinario, un delegado veterinario extranjero para equinos que compitan en eventos FEI y un número de veterinarios tanto locales como extranjeros que dependerá del nivel de la carrera y del número de equinos que iniciarán. Dentro de los veterinarios locales deberá haber uno o más que estén listos para acudir a cualquier emergencia que pueda suscitarse durante una vuelta (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

Controles Veterinarios

Como se mencionó anteriormente, en las características del Endurance, numerosos controles veterinarios son programados para cada carrera, estos son realizados por el interés de la salud, seguridad y bienestar del equino durante dicho evento (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

El primer examen veterinario está orientado hacia verificar la identidad del equino, por lo cual es indispensable que este presente su pasaporte y también evaluar su estado general de salud. Muchos propietarios prefieren aprobar este examen el día anterior de la competencia, así el equino puede descansar la noche y no empezar la competencia con el trajín del viaje, aunque muchos

también prefieren llegar el mismo día de la competencia, eso dependerá ya de cada dueño (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

El examen realizado al final de cada etapa evalúa los siguientes parámetros:

- Ritmo cardíaco:
 - El equino es eliminado si el ritmo es superior a 64 ppm dentro de 20 minutos de haber finalizado la vuelta, si tiene un ritmo anormal o sonidos anormales.
- Sistema respiratorio
 - Patrones anormales de respiración son causa eliminación
- Temperatura
 - Temperaturas elevadas fuera de los rangos son causas para eliminación
- Mucosas
 - Cambio de color en las mucosas o un aumento en el tiempo de llenado capilar son causas de eliminación
- Sonidos intestinales
- Cansancio
- Heridas o laceraciones
 - Heridas en la boca, miembros, incluyendo la zona de la cincha y de la silla deben ser grabadas.
- Cascos
- Paso y rango de movimiento
 - Cualquier irregularidad determinada durante el trote en el chequeo veterinario, es causa de eliminación.

En el caso de que un equino al momento de continuar en la misma carrera corra el riesgo de agravar su lesión, no se le permitirá al mismo continuar en la carrera (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

Cada equino tendrá una tarjeta veterinaria que se emitirá en el primer chequeo, la cual será llenada después de cada chequeo. Ante cualquier duda acerca del estado de salud del equino, los médicos veterinarios pueden solicitar una reinspección durante el descanso y 15 minutos antes de la siguiente partida. Cuando se espera que sea difícil en cuanto a la distancia, el terreno o el clima, la comisión veterinaria con la aprobación del Juez de Campo, debe solicitar a los equinos que se presenten 15 minutos antes de la salida a su última vuelta a una revisión de recuperación de carácter obligatoria (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

Características fisiológicas de los equinos de Endurance

Metabolismo

Este es un deporte de larga distancia donde se requiere una velocidad moderada y constante, un movimiento lento y una contracción muscular intermedia. Por lo cual su energía se obtiene a partir del metabolismo aeróbico, donde sus fuentes de energía son los ácidos grasos y el glicógeno. Esta capacidad aeróbica depende del entrenamiento al cual el equino este sometido y de este dependerá casi exclusivamente su rendimiento, aunque se mencionan ciertas razas con rendimientos aeróbicos superiores adquiridos genéticamente, como el caballo Árabe, él es mejor dotado para este deporte. Muchas válidas tienen velocidad controlada, mientras otras tienen una velocidad libre o abierta, donde en velocidades por sobre los 18 km/h empieza a incrementar el metabolismo anaeróbico (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

Temperatura

El ejercicio produce un particular incremento de energía, el cual es intramuscular. Del 20% al 25% del metabolismo muscular es transformado en trabajo mecánico, mientras que el restante 75% - 80% es expulsado en forma de calor. Durante el Endurance esta pérdida puede ser resultante de un

incremento de temperatura corporal hasta 15°C por hora si los mecanismos de disipación de calor fueren inexistentes (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

El calor intramuscular es eliminado por la piel hacia el exterior lo cual produce un calentamiento de la piel y una vasodilatación periférica. Ya cuando se produce la eliminación del sudor y el calentamiento de la piel, esta es enfriada por el viento y por la evaporación del sudor. En el equino el calor es eliminado de dos maneras: la primera es el sudor (se producen de 10 a 15 L/h a 16 km/h), el cual elimina hasta el 65% del calor corporal, y la segunda es la respiración la cual elimina hasta 25% de calor. La cantidad de sudor puede hasta duplicarse cuando las condiciones ambientales son demasiado húmedas o cálidas. Se estima que los equinos después de carreras de 80 a 160 kilómetros pueden perder de 3 a 7% de masa corporal, y un gran porcentaje es por pérdida de fluidos (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

Deshidratación

El sudor del equino es hipertónico en relación a las osmolaridad del plasma. El sudor contiene bajos niveles de calcio, magnesio y fosforo y altos niveles de sodio, potasio y cloro (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

Las pérdidas de fluidos y electrolitos en los equinos son más marcadas en caballos que terminan las pruebas completamente extenuados, en comparación con equinos que completaron el curso de la carrera satisfactoriamente. El incremento de la velocidad, temperatura ambiental y la presencia de un terreno lodoso contribuyen a la pérdida de iones durante el Endurance (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

Sodio

El sodio tiene niveles equivalentes tanto en el sudor como en el plasma. Cuando se presenta la deshidratación, los iones de sodio son reabsorbidos a nivel renal y se produce un intercambio con iones de hidrogeno y potasio. La homeostasis se ve afectada cuando la cantidad de sodio perdida es representativa siendo el sistema circulatorio el más afectado. Esto conlleva una disminución de la presión sanguínea y del tiempo de llenado capilar y a un aumento en la frecuencia cardíaca (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

Potasio

Las pérdidas de este ion son muy altas en el sudor, estas empeoran con los mecanismos de reabsorción de sodio a nivel renal mencionados anteriormente. Durante la carrera se produce una pérdida adicional, la cual es producida por la elevación del cortisol relacionado con el aumento del estrés y las pérdidas de potasio por orina y sudor aumentan (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

Cloro

El ion de cloro es normalmente reabsorbido a nivel renal, cuando la concentración de este disminuye, los iones de bicarbonato son reabsorbidos a nivel renal con el fin de conservar el anión gap en sus valores de referencia (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

Calcio y magnesio

Estos dos iones tienen mayor concentración en el sudor en comparación con el plasma. Por lo cual grandes pérdidas de calcio y magnesio en el sudor pueden contribuir a que se produzca una hipocalcemia o una hipomagnesemia (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

Desordenes Ácido-Base

Un equino que practique Endurance raramente puede desarrollar una acidosis metabólica. Por el metabolismo aeróbico conjunto con el esfuerzo moderado no supone un incremento mayor en los niveles de lactato o una disminución del pH. Por el contrario, debido a los mecanismos de termorregulación podría llegar a desarrollar una alcalosis tanto respiratoria como metabólica (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1086).

Cuando el organismo intenta mantener el anión gap normal, se retiene bicarbonato a nivel renal debido a que por los bajos niveles de potasio no puede haber un intercambio con el sodio en el túbulo distal. Esto resulta en la alcalosis metabólica. El incremento de la frecuencia respiratoria, donde las pérdidas de dióxido de carbono y la eliminación del calor producen la alcalosis respiratoria, especialmente en climas demasiado calurosos (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, pp. 1086-1087).

ATP

El equino de Endurance compite a cierta velocidad que le permite mantener el metabolismo aeróbico prácticamente durante toda la carrera. Y su capacidad depende de la disponibilidad de sustrato (glucosa y ácidos grasos) para la síntesis de adenosintrifosfato (ATP). La glucosa se obtiene a través de su metabolismo hepático y el glucógeno muscular. Este glucógeno es la reserva de carbohidratos dentro del músculo. Este se moviliza por las fibras de movimiento lento inicialmente y después por las fibras de movimiento rápido. Cuando se acaba la reserva de glucógeno muscular, los ácidos grasos libres derivados de los triglicéridos musculares o de un depósito adiposo actúan para mantener el metabolismo aeróbico. Esto ayuda mucho para la reducción de lactato y retrasar la fatiga (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, p. 1087).

Entrenamiento

Es importante comprender, que de cierta manera se puede generalizar el entrenamiento de los equinos de Endurance, pero cada uno debe ser tratado de manera individual, tanto en la alimentación como hidratación y en los problemas que pudiera llegar a presentar, como por ejemplo cojeras o dolores de espalda (Hodgson, Harrington, McGowan, 2014, p. 314).

El entrenamiento necesario para que un equino pueda completar una prueba de 160 kilómetros o más, puede tomar varios años, pero un plan progresivo, extensivo es la clave para evitar el agotamiento del equino, y poder mantener el estado físico durante todo el tiempo (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1099).

En el caso de que un equino empiece su entrenamiento pasado los 4 años de edad, a este el proceso le tomará más tiempo, que a un potro, en cuanto al desarrollo necesario para el Endurance del sistema cardiorrespiratorio, el musculoesquelético, el gastrointestinal, su capacidad termorreguladora y la fortaleza mental para poder completar las distancias y con el tiempo poder incrementar su velocidad (Hodgson, Harrington, McGowan, 2014, p. 314).

Tabla 4. Tiempo de entrenamiento sugerido para equinos de Endurance

Edad	Tiempo de entrenamiento	Frecuencia cardíaca
Menor a 5 años	1 hora diaria	110 – 130 ppm
Mayor a 5 años	1.5 a 2 horas diarias	110 – 130 ppm

Tomado de Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1099.

Los ejercicios de doma son primordiales en los equinos, ya que con esto se busca que el equino acepte las ayudas que el jinete le puede ofrecer, como

pueden ser ejercicios de estiramiento. Esto facilita la explotación de todo el potencial del equino (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1099).

Los cambios que sufre un equino cuando realiza una transición de ser un equino de ocio a uno de entrenamiento, son a nivel celular, órganos, y sistemas enteros. Cabe destacar que el sistema muscular y cardiorrespiratorio desarrollan capacidades rápidamente en comparación a los tendones, ligamentos y huesos. La capacidad de plasma aumenta ya que estará disponible para convertirse en sudor y como se mencionó anteriormente enfriar al cuerpo. Conforme aumentan las cargas de entrenamiento y el equino progresa con su estado físico, las pérdidas de electrolitos a través de las heces y la orina son menores (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1099).

Un entrenamiento constante, con una duración mayor a 8 meses, tiene como principales resultados, una reducción del número de zancadas que debe realizar en una competencia, una mejora en la postura, todo esto asociado a un incremento en el porcentaje de fibras musculares tipo IIa y una disminución en las fibras tipo IIb, lo cual resulta en una mejor propulsión con una mayor resistencia a los sistemas asociados con la fatiga y mayor fuerza en sus extremidades (Back, Clayton, 2013, p. 311).

Muscularmente, las fibras oxidativas de tipo II y la densidad capilar intramuscular aumentan, permitiendo un mejor metabolismo aeróbico, retrasando lo máximo posible el punto donde el metabolismo aeróbico se vuelve ineficiente y comienza el metabolismo anaeróbico. El entrenamiento es responsable también de desarrollar una buena coordinación, fuerza y resistencia para mejorar los movimientos, guardar energía y prevenir lesiones relacionadas con el sistema músculo-esquelético. Con programas progresivos, un equino puede pasar de concursar en 20 kilómetros y pasar a competencia

de 120-140 kilómetros. (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1099). En este punto se debe tener mucha paciencia, ya que el incremento abrupto de cargas de entrenamiento conlleva a lesiones crónicas.

Cuando ya se quiere entrenar velocidad y aumentar la resistencia del equino, el jinete debe tener un conocimiento completo de su equino y debe haber un nivel de entendimiento entre las dos partes. Cuando se quiere aumentar la resistencia, sesiones de galope de 1 a 3 horas ayudan a la movilización de lípidos y ayuda a la incrementación de glucógeno a nivel muscular, esto es indispensable para aumentar o bien las cargas de entrenamiento, o la velocidad del mismo, antes que el metabolismo anaeróbico comience a actuar, logrando así retrasar el umbral de lactato. La velocidad promedio de este tipo de entrenamiento es de 300 a 500 metros por minuto, siempre depende del estado físico del equino. Las velocidades de competencia deben ser practicadas en las sesiones de entrenamiento, pero no se debe incrementar los 500 m/m ya que la incidencia de claudicaciones ocasionadas por diversos traumas aumenta pasado esta velocidad, por lo cual los entrenamientos deben ser siempre por debajo o máximo a esta velocidad (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1099).

Entrenar a un equino para Endurance es un arte, incluye las cargas de entrenamiento, las diferentes intensidades, la alimentación, la nutrición, entre otras. Por lo cual la paciencia y progresividad que mantenga el entrenador es crucial para el desarrollo óptimo y que tanto el equino como el jinete alcancen su máximo potencial.

Valores sanguíneos

Valores en descanso

Los equinos que entrenan para Endurance, tienen como característica un bajo hematocrito, una elevación en la urea y en la densidad específica de la orina y elevación en la concentración de proteínas totales. Durante el entrenamiento, la reabsorción de sustancias osmóticamente activas como la urea y el mantenimiento tubular renal de los electrolitos, son métodos para conservar sodio y agua y así inducir una hipovolemia. Por lo tanto al realizar un seguimiento de estos valores pueden aportar una idea general del estado físico del equino. El entrenamiento está asociado a un incremento en la CK. Por lo cual el seguimiento de enzimas musculares, es vital para conocer el estado físico, ya que equinos con altos valores de CK, indica un pobre estado físico. Un incremento moderado de CK menor a 1000 UI/L indica un incremento en el tiempo necesario de recuperación y un peor rendimiento durante las competencias (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1102).

Efectos del ejercicio en los valores sanguíneos

Los cambios sanguíneos están directamente relacionados con el nivel de esfuerzo del ejercicio, por lo cual los caballos que tienen un mayor estado físico tienen valores sanguíneos más estables antes, durante y después de la competencia. Los cambios más observados después del ejercicio son: incremento en el hematocrito, proteínas totales, urea plasmática y creatinina. Las pérdidas más importantes están relacionadas con la deshidratación y los descensos de sodio, potasio, cloro y calcio (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1102).

La deshidratación aparece en equinos con un alto estado físico después de dos horas de ejercicio extenuante, en climas fríos. Por el contrario el incremento de las bilirrubinas totales, la CK y el suero amiloideo A son directamente proporcionales con el nivel de ejercicio, por lo cual equinos que compiten en

mayores distancias tienen umbrales más altos (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1102).

Con respecto a la enzima CK, se ha documentado que su incremento no está relacionado con la distancia que recorre el equino, por el contrario se relaciona con la velocidad y a la uniformidad de su trote en el que recorre el trayecto (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1102), por lo cual equinos que compiten en pruebas de 20 kilómetros pueden tener valores más altos que equinos que recorren más de 60 kilómetros.

Los valores séricos de CK disminuyen relativamente rápido, por esto se puede considerar que el equino se está recuperando rápidamente, o necesita mayor tiempo de recuperación. Debido al estrés al que está siendo sometido el equino durante una competencia, al final de la misma se puede encontrar una leucocitosis y una neutrofilia (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1102).

En cuanto al lactato, este es usado para garantizar el estado físico del equino. Como se mencionó anteriormente el Endurance es un deporte aeróbico, por lo cual sus valores de lactato son relativamente bajos y se espera que estos no se incrementen demasiado durante la carrera. Al momento de medir el lactato después de la carrera, si este presenta un incremento marcado, puede ser indicador de una sobre exigencia al equino o que éste no tenía la preparación física necesaria para el evento (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1102).

El monitoreo de la frecuencia cardíaca es muy importante, ya que el umbral de metabolismo anaeróbico es a 150 ppm, por lo cual éste puede ser un buen método para evaluar el sistema metabólico. Por otro lado, al ser afectado por dolor, puede indicar una intolerancia o una inhabilidad en la competencia o

entrenamiento, debido a dolores ortopédicos que pudieran presentar durante el evento. Al terminar la carrera, los caballos con peores rendimientos presentan mayores ritmos cardíacos y mayores niveles de lactato sanguíneo (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1102).

El ritmo cardíaco es importante para determinar la capacidad de recuperación del equino y si el equino presenta una intolerancia al ejercicio. Durante los minutos posteriores al terminar el ejercicio, mientras más rápido baje el ritmo, más eficientemente funciona el organismo. El equino, tiene entre 5 a 10 minutos para disminuir su ritmo cardíaco a 64 ppm o menos. Frecuencias más altas después de 20 a 30 minutos post ejercicio pueden evidenciar problemas musculares, procesos de dolor, deshidratación, y vaciamiento de electrolitos. Claudicaciones pueden ser detectadas o evidenciadas por incrementos en el ritmo cardíaco (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2014, 1102).

CAPÍTULO III. Materiales y Métodos

3.1 Ubicación y definición de la zona de estudio

Estudio realizado en equinos que residen en el Distrito Metropolitano de Quito, con una altitud media de 2800 msnm, temperatura que oscila entre los 10°C a 15°C, la misma que es variable dentro de un mismo día, y una humedad relativa de 67% a 80% (Quito Turismo, 2014).

3.2 Materiales

De examinación

- Estetoscopio
- Registro de evaluación del equino

Toma de muestra

- Tubo sin EDTA (Tapa roja)
- Jeringa de 3ml con aguja calibre 23

De desinfección

- Alcohol
- Gasas estériles

Biológicos

- 20 equinos deportistas aparentemente sanos
- 3ml de sangre venosa

Equipos

- Lactate Scout (EKF Diagnostics), Máquina de Medición de Lactato

3.3 Métodos

3.3.1 Selección de los equinos

El estudio se realizó en equinos deportistas que compitan en las disciplinas de Salto, Endurance y Carreras de Pura Sangre. Para los casos de Salto y Endurance el muestro se realizó en competencias oficiales avaladas por la Federación Ecuestre de Ecuador (FEDE), y en el caso de Carreras se los realizó en un centro especializado de entrenamiento de equinos Pura Sangre.

En Salto se muestreo a 4 equinos aleatoriamente dentro de competencias oficiales. Se realizó una toma antes y otra después de la competencia a cada equino.

Para Carreras se muestreo a 4 equinos aleatoriamente en un centro especializado de entrenamiento de caballos Pura Sangre. Se realizó una toma antes y otra después del entrenamiento a cada equino.

En Endurance se muestreo a 12 equinos aleatoriamente en una competencia oficial. Se muestrearon 5 caballos en la prueba de 80 kilómetros, 2 (los únicos inscritos en esta distancia) en la prueba de 60 kilómetros y 5 en la prueba de 40 kilómetros. Se realizó una toma antes y otra después de la competencia a cada equino.

Los equinos muestreados para este estudio, presentaban un estado de salud aparentemente óptimo, sin ninguna patología subyacente. Esto se asume ya que los equinos son evaluados periódicamente por su médico veterinario y este los acredita a participar en la competencia. En el caso de Endurance, los equinos reciben adicionalmente una evaluación por parte de los médicos veterinarios oficiales de la carrera.

3.3.2 Procedimiento para la toma de muestra

Toma de sangre de la vena yugular

- Distender la vena con el dedo pulgar y con una torunda con alcohol desinfectar el sitio de la punción.
- Alinear la aguja paralela a la vena en la dirección opuesta a la del flujo sanguíneo.
- Insertar la aguja con un ángulo de 45°, y una vez dentro del lumen de la vena, colocarla paralelo a la vena.
- Extraer 3 ml de sangre.
- Colocar la sangre en los tubos sin EDTA para el análisis de la CK (Creatina-Quinasa) (Orsini, 2007, pp. 2-3).

Esta toma de muestras se la realizo dos veces por equino, una en descanso (antes de iniciar el ejercicio) y otra inmediatamente terminado el ejercicio.

3.4 Medición de parámetros

3.4.1 Medición de lactato

La medición de lactato se la realizó utilizando el equipo “Lactate Scout+” fabricado por EKF Diagnostics. Este equipo de mano requiere solamente 0.2 µl de sangre. El rango de medición de lactato es de 0.5-25 mmol/L. Este equipo tiene un margen de error de 3%. La medición de lactato es mediante la detección enzimático-amperométrica de lactato, y el reactivo usado en cada sensor es el lactato-oxidasa (<http://www.ekfdiagnostics.com>).

El “Lactate Scout+” es un equipo probado por el fabricante para el uso veterinario.

Para la medición de lactato, se toma 1 gota de sangre de los 3ml que fueron extraídos y se la coloca en la máquina para la valoración. Después de 10 segundos obtenemos el resultado en mmol/L.

3.4.2 Medición de CK

La medición de CK fue realizada en el Laboratorio LAB-VET. Para cada equino se extrajeron 3ml de sangre.

El método utilizado para la medición fue el test UV optimizado. El principio es el siguiente:

1. El fosfato de creatina más el ADP, se transforma a través de la CK, en creatina y ATP.
2. La glucosa + ATP, se transforma mediante la HK, en glucosa-6-fosfato + ADP
3. La glucosa-6-fosfato + NADP⁺, se transforma mediante el G6P – DH, en gluconato-6fosfato más NADPH y H⁺ (DiaSys, 2014, p. 1)

Este es el mecanismo mediante el cual la CK produce energía a nivel muscular.

3.5 Correlación de la muestra de lactato y CK

Dentro de cada competencia se utilizaron medidas de tendencia central como el promedio, valores máximos y mínimos así como desviación estándar.

La desviación estándar (SD) es la dispersión de los datos en relación al promedio (Petrie, Watson, 2013, p. 24).

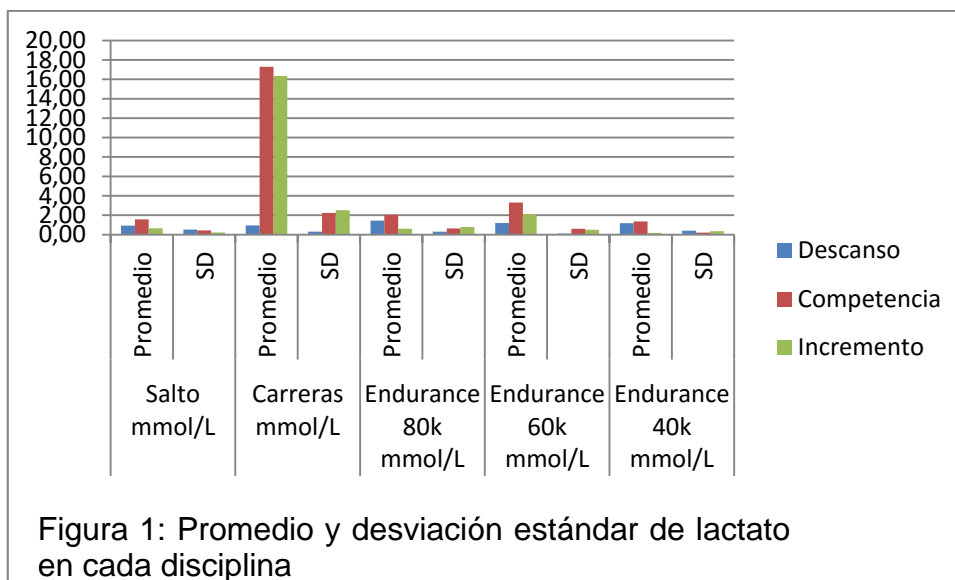
Para realizar la correlación de las muestras de lactato y CK antes y después de la competencia, se utilizó el t-test pareado.

El t-test pareado se usó porque las dos variables son dependientes. La validez de esta prueba se basa en la suposición de la diferencia entre las dos muestras (Petrie, Watson, 2013, p. 92-93).

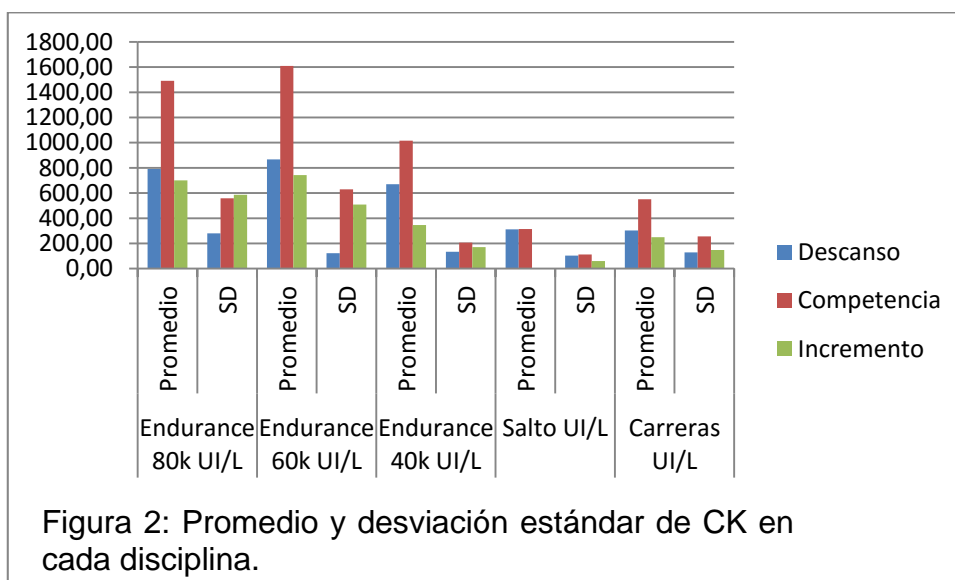
CAPÍTULO IV. Resultados y discusión

4.1 Estadísticas Generales

4.1.1 Lactato



4.1.2 CK



4.2 Salto

Tabla 5: Promedio y desviación estándar de lactato y CK en Salto

	Descanso				Competencia				Incremento			
	Lactato		CK		Lactato		CK		Lactato		CK	
Promedio	0,93	mmol/L	311,68	UI/L	1,58	mmol/L	313,98	UI/L	0,65	mmol/L	2,30	UI/L
SD	0,51	mmol/L	103,41	UI/L	0,44	mmol/L	111,50	UI/L	0,23	mmol/L	60,56	UI/L
Intervalos de Confianza									1,01	mmol/L	97,30	UI/L
									0,29	mmol/L	-92,7	UI/L

4.2.1 Lactato

Descanso

- El 75% de los caballos muestreados no supero el valor máximo de lactato de referencia en descanso, el cual es 1.78 mmol/L (Reece, 2009, p. 76).
- El 25% de los caballos muestreados sobrepaso el valor máximo de lactato de referencia en 0.02 mmol/L.

Competencia

- Posterior a la competencia la concentración máxima de lactato en el 100% de los equinos se mantuvo dentro del valor máximo de 9.0 mmol/L (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2008, p. 256).
- La concentración máxima observada en competencia fue de 2.3 mmol/L.

Incremento

- El incremento máximo de lactato presentado fue de 1.0 mmol/L.

T-Test

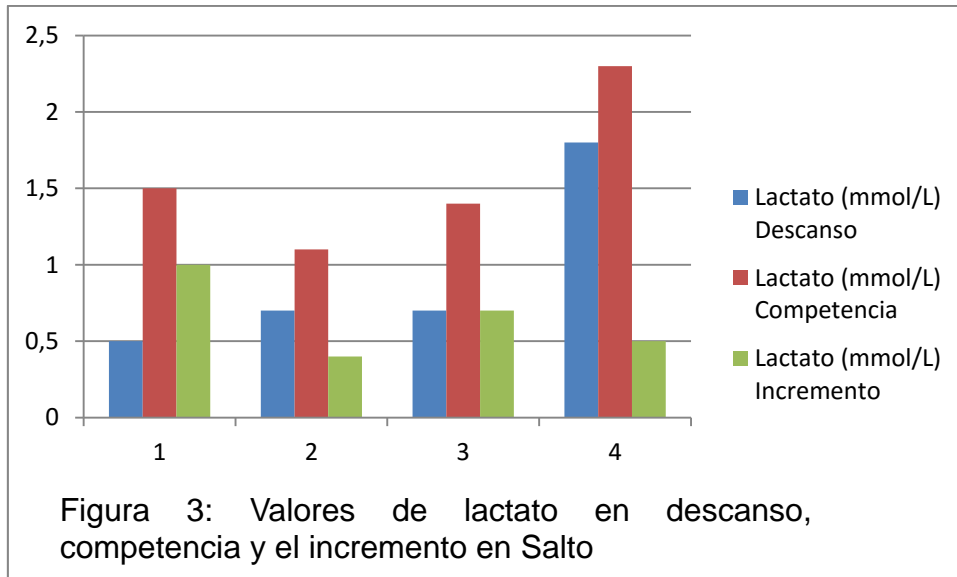
Tabla 6: Resultados t-test de lactato en Salto

Resultados t-test

t-valor	4,914
p-valor	0,0161
Grados de libertad	3
Intervalos de	1,01
confianza	0,29

El p-valor en un análisis estadístico debe ser menor a 0.05 para que la diferencia se considere significativa. El p-valor encontrado fue 0.0161 por lo cual es un valor estadísticamente significativo. Con lo cual se confirma el incremento de lactato observado en los equinos de salto.

Un estudio realizado en Colombia, analiza los resultados de lactato, para determinar la intensidad del ejercicio y cuando más se podría incrementar las cargas del mismo. El p-valor obtenido en ese estudio fue de 0.0000, donde se comprueba la significancia del incremento entre los valores de descanso con los de competencia (Mejía y Arias, 2008, p. 37).



4.2.2 CK

Descanso

- El 100% de los caballos muestreados no supero el valor máximo de CK de referencia en descanso, el cual debe ser menor a 470 UI/L (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 499).

Competencia

- Posterior a la competencia la concentración máxima de CK en el 100% de los equinos se mantuvo dentro del valor máximo, el cual no debe superar el doble del valor obtenido en descanso (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 499).
- La concentración máxima observada fue de 461.0 UI/L.

Incremento

- El incremento máximo de CK presentado fue de 68.6 UI/L.
- El 25% de los equinos presentó una disminución de 96.4 UI/L en la concentración de CK.

T-Test

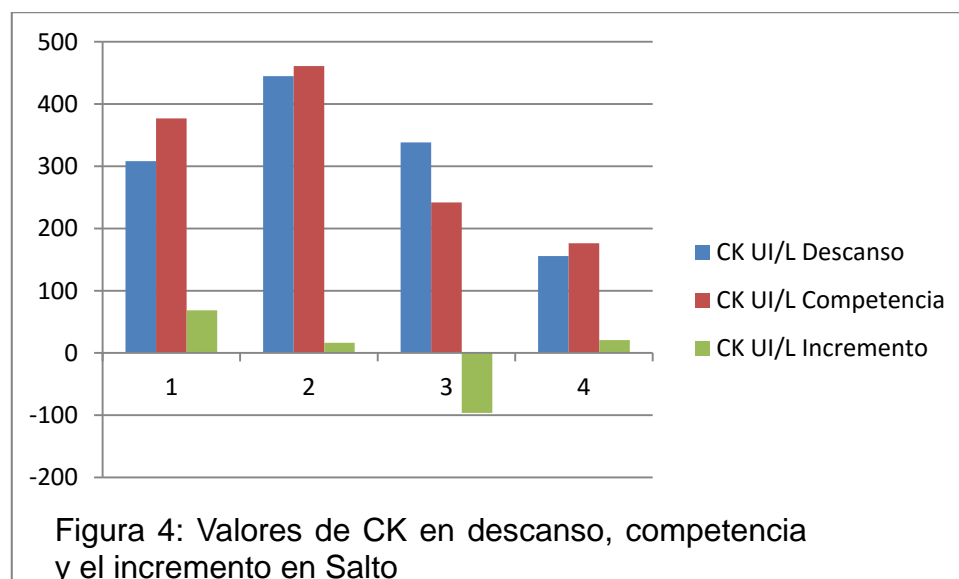
Tabla 7: Resultados t-test de CK en Salto

Resultados t-test

t-valor	0,066
p-valor	0,9517
Grados de libertad	3
Intervalos de confianza	97,30
	-92,70

El p-valor encontrado de CK en Salto fue de 0.9517, el cual no es estadísticamente significativo. Valor con el cual se confirma que no hay relación entre la disciplina y el incremento de la enzima.

En un estudio realizado en Colombia, el p-valor de significancia obtenido fue de 0.5825. Se puede observar, que en este estudio tampoco se observó una diferencia significativa entre los valores de descanso y post-competencia (Mejía y Arias, 2008, p. 36).



4.3 Carreras

Tabla 8: Promedio y desviación estándar de lactato y CK en Carreras

	Descanso				Competencia				Incremento			
	Lactato		CK		Lactato		CK		Lactato		CK	
Promedio	0,95	mmol/L	302,20	UI/L	17,30	mmol/L	551,00	UI/L	16,35	mmol/L	248,80	UI/L
SD	0,30	mmol/L	128,23	UI/L	2,23	mmol/L	255,18	UI/L	2,52	mmol/L	147,57	UI/L
Intervalos de confianza									20,31	mmol/L	480,29	UI/L
									12,39	mmol/L	17,31	UI/L

4.3.1 Lactato

Descanso

- El 100% de los caballos muestreados no superó el valor máximo de lactato de referencia en descanso, el cual es 1.78 mmol/L (Reece, 2009, p. 76).

Competencia

- Posterior a la competencia la concentración máxima de lactato en el 100% de los equinos se mantuvo dentro del valor máximo de 29.6 mmol/L (Hinchcliff, Kaneps, Geor, 2008, p. 256).
- La concentración máxima observada fue de 20.30 mmol/L.

Incremento

- El incremento máximo de lactato presentado fue de 19.70 mmol/L.

T-Test

Tabla 9: Resultados t-test de lactato en Carreras

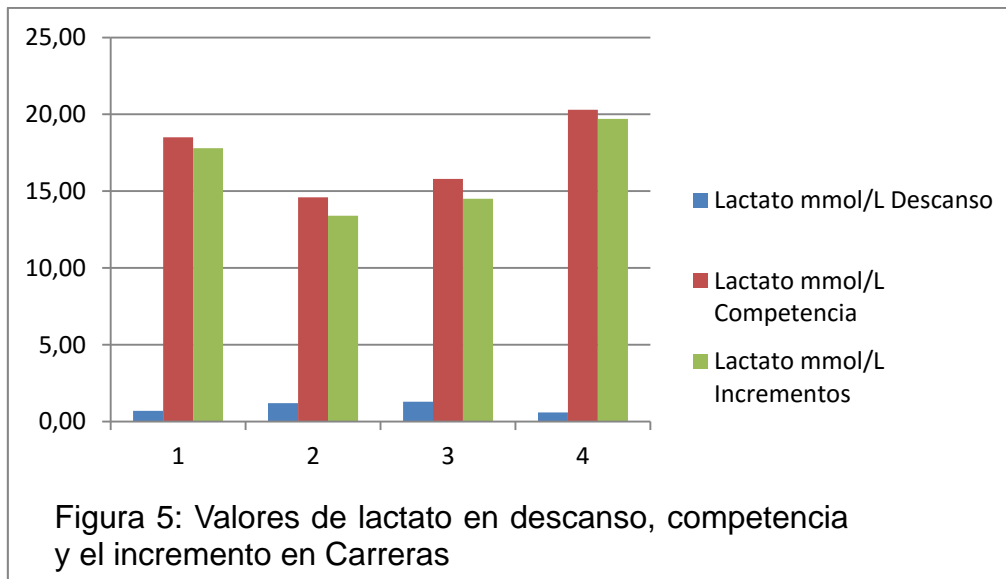
Resultados t-test

t-valor	11,227
p-valor	0,0015
Grados de libertad	3
Intervalos de confianza	20,31
	12,39

El p-valor de lactato encontrado en Carreras fue de 0.0015 el cual es estadísticamente significativo. Valor que confirma el incremento observado así como la relación que existe entre el Lactato y la intensidad de la disciplina.

En un estudio realizado en Japón, se encontraron incrementos en la concentración de lactato plasmático, el valor promedio de lactato en un minuto de ejercicio fue 11.7 mmol/L y el valor promedio a los dos minutos fue 23.1 mmol/L. Las muestras se tomaron inmediatamente terminado el ejercicio (Kitaoka et al, 2014, p. 453).

En el presente estudio la prueba realizada en equinos de carreras tuvo una duración menor a un minuto. Se puede observar que los valores obtenidos en el Distrito Metropolitano de Quito son similares a los valores encontrados en Japón.



4.3.2 CK

Descanso

- El 100% de los caballos muestreados no supero el valor máximo de CK de referencia en descanso, el cual debe ser menor a 470 UI/L (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 499).

Competencia

- Posterior a la competencia la concentración máxima de CK en el 100% de los equinos se mantuvo dentro del valor máximo, el cual no debe superar el doble del valor obtenido en descanso (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 499).
- La concentración máxima observada fue de 461.0 UI/L.

Incremento

- El incremento máximo de CK presentado fue de 494.0 UI/L.

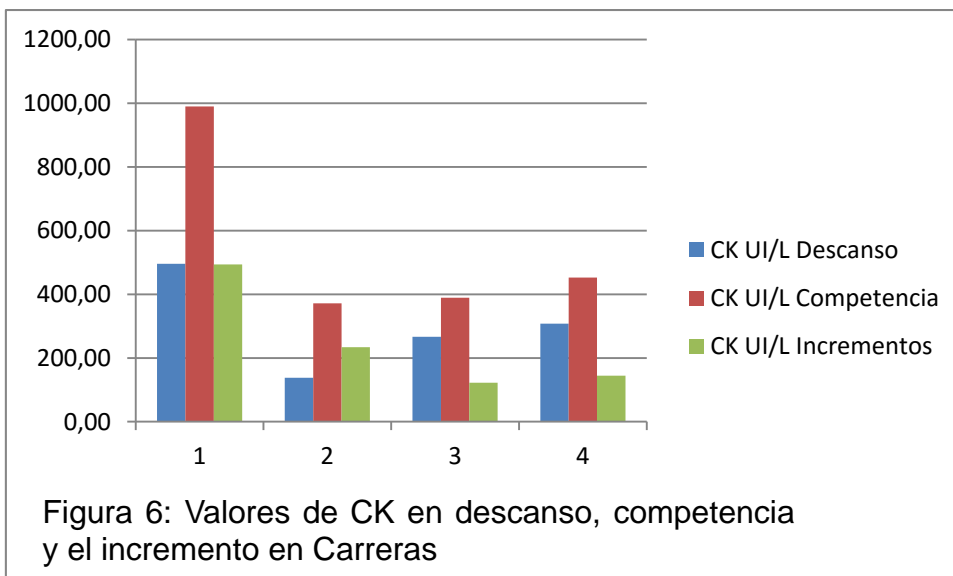
T-Test

Tabla 10: Resultados t-test de CK en Carreras

Resultados t-test

t-valor	2,920
p-valor	0,0615
Grados de libertad	3
Intervalos de confianza	480,29
	17,31

El p-valor encontrado de CK en Carreras fue de 0.0615 el cual no es estadísticamente significativo. Este valor confirma que si el equino de Carreras tiene un plan de entrenamiento adecuado, la CK no se incrementa en la competencia.



4.4 Endurance

4.4.1 80 kilómetros

Tabla 11: Promedio y desviación estándar de lactato y CK en Endurance 80 kilómetros

	Descanso				Competencia				Incremento			
	Lactato		CK		Lactato		CK		Lactato		CK	
Promedio	1,44	mmol/L	790,80	UI/L	2,04	mmol/L	1491,60	UI/L	0,60	mmol/L	700,80	UI/L
SD	0,31	mmol/L	280,04	UI/L	0,64	mmol/L	557,86	UI/L	0,78	mmol/L	585,63	UI/L
Intervalo de confianza									1,56	mmol/L	1398,77	UI/L
									- 0,36	mmol/L	2,83	UI/L

4.1.1.1 Lactato

Descanso

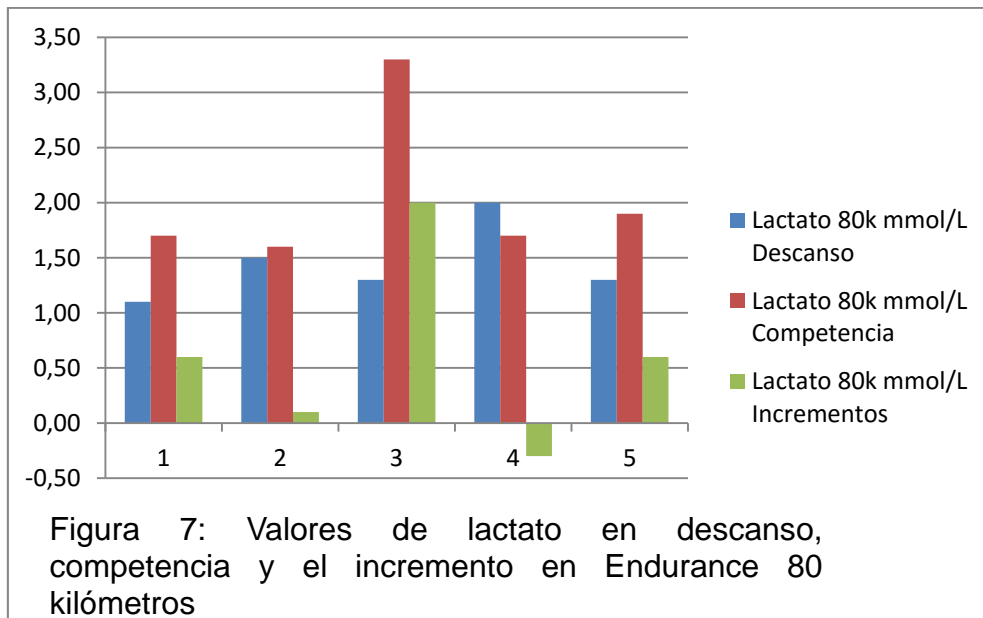
- El 80% de los caballos muestreados no superó el valor máximo de lactato de referencia en descanso, el cual es 1.78 mmol/L (Reece, 2009, p. 76).
- El 20% de los caballos muestreados sobrepasó el valor máximo de lactato de referencia en 0.22 mmol/L.

Competencia

- Posterior a la competencia la concentración máxima de lactato en el 60% de los equinos se mantuvo dentro del valor máximo de 1.78 mmol/L (Reece, 2009, p. 76).
- El 20% de los equinos sobrepasó el valor máximo de lactato de referencia en competencia en 0.12 mmol/L.
- El 20% de los equinos restantes sobrepasó el valor máximo en competencia en 1.52 mmol/L.
- La concentración máxima observada fue de 3.30 mmol/L.

Incremento

- El incremento máximo de lactato presentado fue de 2.0 mmol/L.
- El 20% de los equinos presentó una disminución de 0.30 mmol/L en la concentración de lactato.



4.1.1.2 CK

Descanso

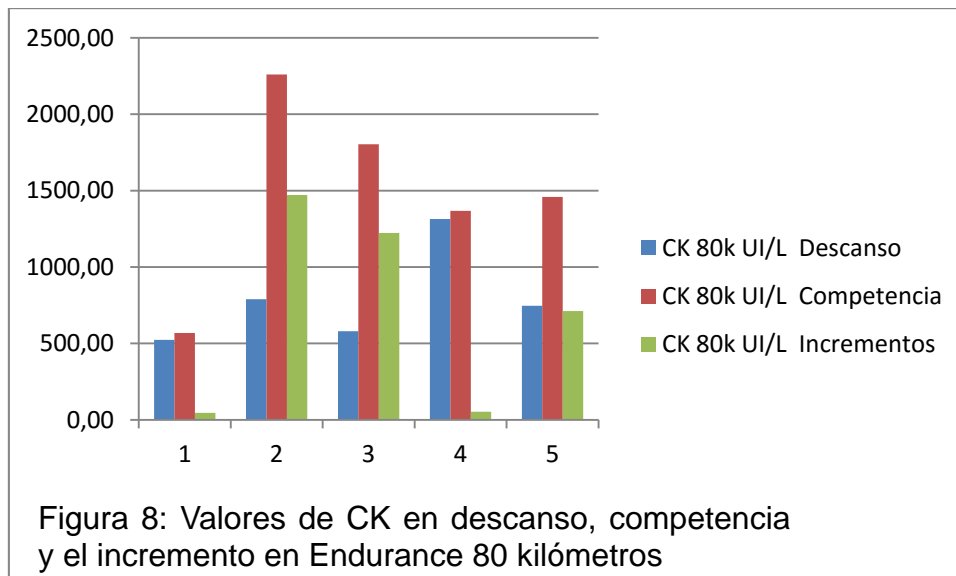
- El 100% de los caballos muestreados superó el valor máximo de CK de referencia en descanso, el cual debe ser menor a 470 UI/L (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 499).

Competencia

- Posterior a la competencia la concentración máxima de CK en el 60% de los equinos se mantuvo dentro del valor máximo, el cual no debe superar el doble del valor obtenido en descanso (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 499).
- El 40% de los equinos sobrepasó el valor máximo, superando el doble del valor obtenido en descanso.
- La concentración máxima observada fue de 2260.30 UI/L.

Incremento

- El incremento máximo de CK presentado fue de 1471.10 UI/L.



4.4.2 60 kilómetros

Tabla 12: Promedio y desviación estándar de lactato y CK en Endurance 60 kilómetros

	Descanso				Competencia				Incremento			
	Lactato		CK		Lactato		CK		Lactato		CK	
Promedio	1,20	mmol/L	866,90	UI/L	3,30	mmol/L	1609,35	UI/L	2,10	mmol/L	742,45	UI/L
SD	0,10	mmol/L	121,70	UI/L	0,60	mmol/L	629,85	UI/L	0,50	mmol/L	508,15	UI/L
Intervalo de confianza									3,66	mmol/L	5279,90	UI/L
									0,54	mmol/L	-3795,00	UI/L

4.4.2.1 Lactato

Descanso

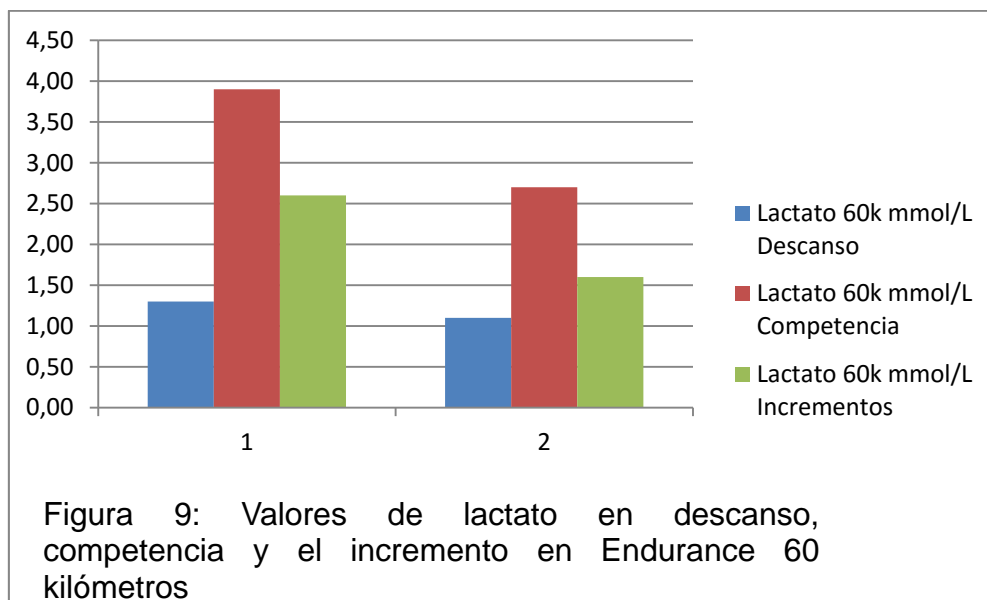
- El 100% de los caballos muestreados no superó el valor máximo de lactato de referencia en descanso, el cual es 1.78 mmol/L (Reece, 2009, p. 76).

Competencia

- Posterior a la competencia la concentración máxima de lactato en el 50% de los equinos sobrepasó el valor máximo de referencia en 2.12 mmol/L.
- El 50% de los equinos sobrepasó el valor máximo de lactato de referencia en 0.92 mmol/L.
- La concentración máxima observada fue de 3.90 mmol/L.

Incremento

- El incremento máximo de lactato presentado fue de 2.6 mmol/L.



4.4.2.2 CK

Descanso

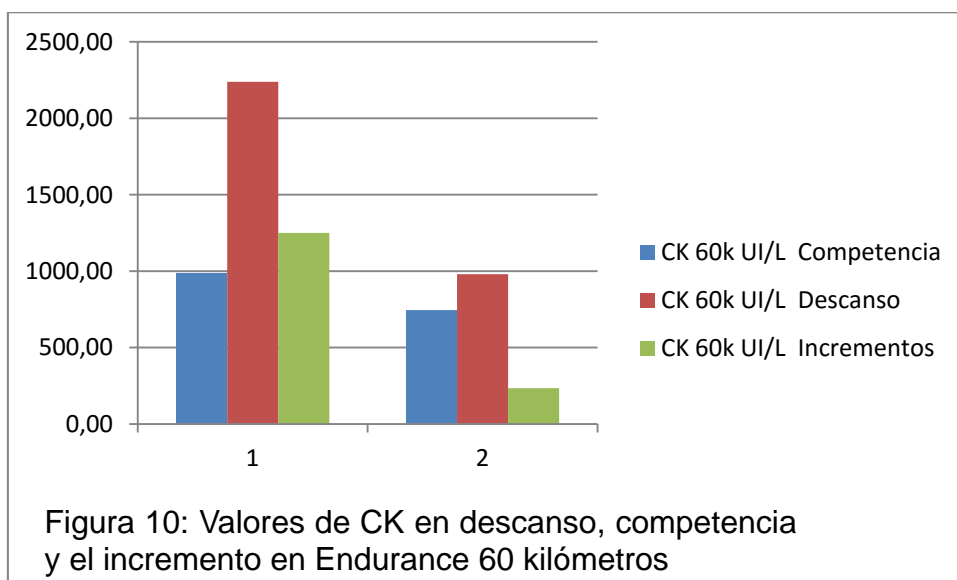
- El 100% de los caballos muestreados superó el valor máximo de CK de referencia en descanso, el cual debe ser menor a 470 UI/L (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 499).

Competencia

- Posterior a la competencia la concentración máxima de CK en el 50% de los equinos se mantuvo dentro del valor máximo, el cual no debe superar el doble del valor obtenido en descanso (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 499).
- El 50% de los equinos sobrepasó el valor máximo, superando el doble del valor obtenido en descanso.
- La concentración máxima observada fue de 2239.20 UI/L.

Incremento

- El incremento máximo de CK presentado fue de 1250.60 UI/L.



4.4.3 40 kilómetros

Tabla 13: Promedio y desviación estándar de lactato y CK en Endurance 40 kilómetros

	Descanso				Competencia				Incremento			
	Lactato		CK		Lactato		CK		Lactato		CK	
Promedio	1,18	mmol/L	669,72	UI/L	1,36	mmol/L	1015,20	UI/L	0,18	mmol/L	345,48	UI/L
SD	0,41	mmol/L	133,20	UI/L	0,21	mmol/L	206,13	UI/L	0,35	mmol/L	171,17	UI/L
Intervalo de confianza									0,62	mmol/L	753,50	UI/L
									- 0,26	mmol/L	-62,54	UI/L

4.4.3.1 Lactato

Descanso

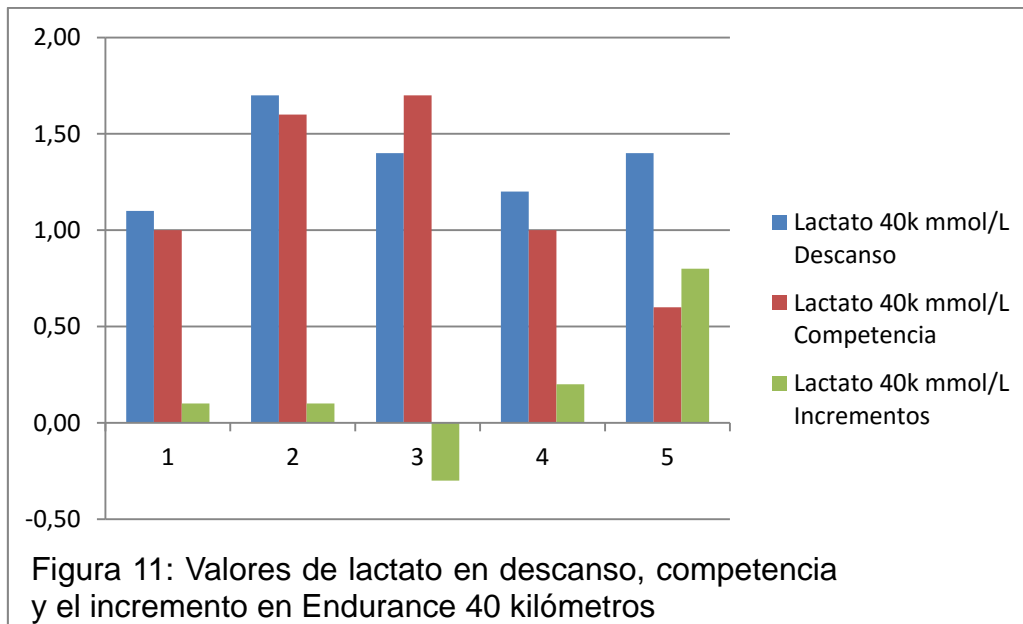
- El 100% de los caballos muestreados no superó el valor máximo de lactato de referencia en descanso, el cual es 1.78 mmol/L (Reece, 2009, p. 76).

Competencia

- Posterior a la competencia el 100% de los equinos no superó el valor máximo de referencia de 1.78 mmol/L (Reece, 2009, p. 76).
- La concentración máxima observada fue de 1.70 mmol/L.

Incremento

- El incremento máximo de lactato presentado fue de 0.80 mmol/L.
- El 20% de los equinos presento una disminución de 0.30 mmol/L en la concentración de lactato.



4.4.3.2 CK

Descanso

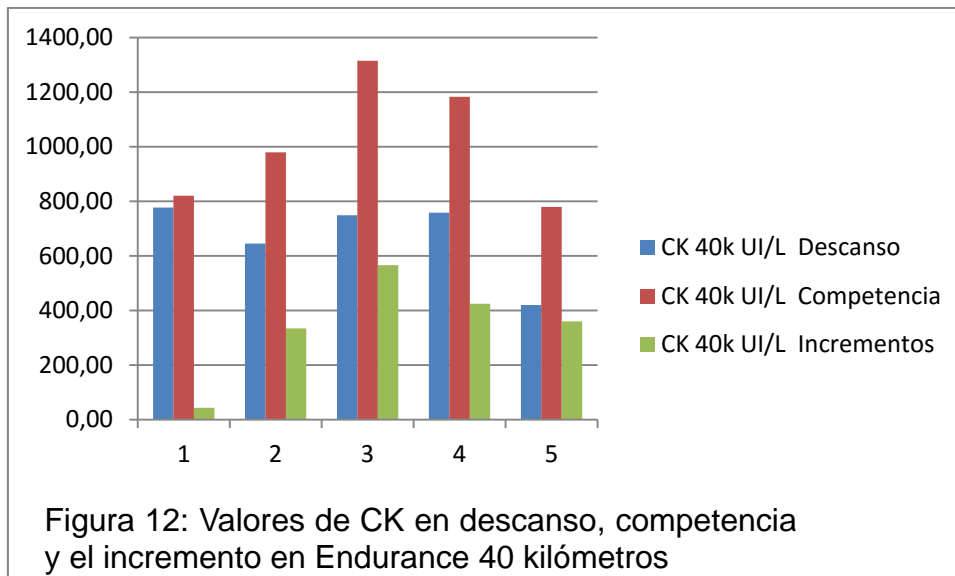
- El 80% de los caballos muestreados superó el valor máximo de CK de referencia en descanso, el cual debe ser menor a 470 UI/L (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 499).
- El 20% de los equinos se mantuvo dentro del valor máximo de referencia.

Competencia

- Posterior a la competencia la concentración máxima de CK en el 100% de los equinos se mantuvo dentro del valor máximo, el cual no debe superar el doble del valor obtenido en descanso (Reed, Bayly, Sellon, 2010, p. 499).
- La concentración máxima observada fue de 1314.60 UI/L.

Incremento

- El incremento máximo de CK presentado fue de 566.0 UI/L.



4.4.3.3 T-test CK

Tabla 14: Resultados t-test de lactato en Endurance

Resultados del t-test

t-valor	3,8612
p-valor	0,0026
Grados de libertad	11
Intervalos de confianza	892,77 226,61

El p-valor encontrado en la medición de CK fue de 0.0026, considerándose estadísticamente significativo. Este valor confirma la diferencia representativa entre los datos obtenidos en descanso y competencia.

En un estudio realizado en una carrera de 120 kilómetros, los equinos en la medición post-competencia presentaron un valor promedio de 2242 UI/L, y su promedio inicial fue de 210 UI/L (Larsson et al, 2013, p.8). Lo cual comprueba, al igual que en el presente estudio, que la CK se incrementa en relación a la duración del ejercicio

4.4.3.4 T-test Lactato

Tabla 15: Resultados t-test de CK en Endurance

Resultados del t-test

t-valor	2,5211
p-valor	0,0284
Grados de libertad	11
Intervalos de confianza	de 1,290224
	0,06

El p-valor encontrado en la medición de lactato fue de 0.0284, valor que es considerado estadísticamente significativo. Este valor confirma el incremento observado entre los datos obtenidos en descanso y en la competencia.

CAPÍTULO V. Conclusiones

5.1 Salto

- Se observó que el promedio de lactato en salto después de la competencia fue de 1.58 mmol/L.
- El promedio obtenido en la competencia de CK fue de 313.98 UI/L, valor que no dobla al valor obtenido en descanso.

Estos valores confirman los efectos positivos de un correcto entrenamiento para lograr una eficiente oxigenación muscular.

- El intervalo de confianza del incremento encontrado para lactato fue de 0.29 - 1.01 mmol/L y para la CK fue de -92.70 - 97.30 UI/L.
- El p-valor del incremento encontrado para lactato fue de 0.0161, el cual es considerado significativo.
- Por el contrario el p-valor del incremento encontrado para CK fue de 0.9517, el cual no es significativo.

5.2 Carreras

- El promedio de la concentración de lactato obtenido en competencia fue de 17.30 mmol/L, siendo este inferior al valor máximo de referencia que es de 29.6 mmol/L.
- El promedio del valor en competencia de CK fue de 551.0 UI/L valor que no supera el valor máximo de referencia.
- El intervalo de confianza del incremento encontrado para lactato fue de 12.39 – 20.31 mmol/L y para la CK fue de 17.31 – 480.29 UI/L.
- El p-valor del incremento encontrado para lactato fue de 0.0015, el cual es considerado muy significativo.
- Por el contrario el p-valor del incremento encontrado para CK fue de 0.0615, el cual no es significativo.

5.3 Endurance

- El p-valor del incremento encontrado para lactato fue de 0.0284, el cual es considerado significativo.
- El p-valor del incremento encontrado para CK fue de 0.0026, el cual es muy significativo.

5.3.1 80 kilómetros

- En general los equinos presentaron valores dentro de los límites de referencia, sin embargo, el promedio de lactato fue de 2.04 mmol/L, valor que está fuera del límite de referencia.
- El promedio general de CK fue de 1491.60 mmol/L, valor que está por encima del límite de referencia. El cual puede atribuirse a la intensidad y a la duración de la prueba.
- El intervalo de confianza del incremento encontrado para lactato fue de -0.36 – 1.56 mmol/L y para la CK fue de 2.83 – 1398.77 UI/L.

5.3.2 60 kilómetros

- El promedio de lactato fue de 3.30 valor que está muy por encima del valor máximo de referencia.
- El promedio de CK fue de 1015.20 UI/L, valor que está por encima del límite de referencia.

Un incremento en el lactato sobre el valor de referencia máximo en competencia, se atribuye a la intensidad al finalizar la prueba.

- El intervalo de confianza del incremento encontrado para lactato fue de 0.54 – 3.66 mmol/L y para la CK fue de -3795.00 – 5279.90 UI/L.

5.3.3 40 kilómetros

- El promedio de lactato encontrado en esta prueba fue de 1.36 mmol/L, valor que se encuentra dentro del rango de referencia.

- El promedio de CK fue de 345.48 UI/L, valor que está por debajo de los límites de referencia.
- El intervalo de confianza del incremento encontrado para lactato fue de -0.26 – 0.62 mmol/L y para la CK fue de -62.54 – 753.50 UI/L.

CAPÍTULO VI. Recomendaciones

- Previo a la prueba se debe hacer una evaluación completa al equino, para poder descartar patologías y en el caso de que haya un incremento representativo en la CK, este no se encuentre relacionado con patologías subyacentes.
- Cuando se realizan exámenes de sangre en las competencias, se deben tomar dos muestras, una previo a la competencia y otra inmediatamente posterior a la misma, a fin de poder descartar problemas relacionados con la competencia.
- En competencias de larga duración como el Endurance se sugiere tomar una muestra durante la competencia a fin de identificar el momento en que se pueda presentar una lesión.
- Se debe realizar un seguimiento a los niveles de lactato y CK para así comprobar el efecto del entrenamiento durante las sesiones de entrenamiento.
- El lactato y la CK aportan información muy valiosa en cuanto al estado físico y muscular del equino, sin embargo, en estudios posteriores, se puede implementar la medición de otros metabolitos como la AST, el volumen máximo de oxígeno, niveles de electrolitos e incluso hormonas como el cortisol.
- A pesar de que la población de equinos en competencias de Salto y Endurance no es homogénea en cuanto a la raza, sexo o edad, se pueden realizar estudios categorizando a los equinos.

El presente trabajo ha profundizado en el estudio de lactato y CK en Salto, Carreras de Pura Sangre y Endurance. Este trabajo brinda la posibilidad de realizar nuevas investigaciones enfocadas a estas y otras disciplinas ecuestres. Ya que este trabajo ha sido pionero en la investigación en el campo deportivo ecuestre.

Referencias

- Alcaldía de Samborondón (2014). Hipódromo Miguel Salem Dibo. Recuperado el 03 de Agosto de 2014 de <http://www.samborondon.gob.ec/index.php/tradiciones/444-hipodromo-miguel-salem-dibo>.
- Asociación de Deportes Equestres de Pichincha. (s.f.). Recuperado el 8 de julio de 2015 de http://www.caballosecuador.com/site/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=26
- Back, W., Clayton, H. (2013). *Equine Locomotion, (2nd Edition)*. Missouri, USA: Saunders Elsevier
- Falconí, G. (2015). Censo equinos Pichincha. Quito, Ecuador: Federación Ecuatoriana de Deportes Equestres
- Federación de Deportes Equestres. (s.f.) Calendario. Recuperado el 20 de junio de 2015 de <http://www.fede.ec/index.php/calendarios>
- Federación de Deportes Equestres. (s.f.) Disciplinas: Endurance. Recuperado el 20 de junio de 2015 de <http://www.fede.ec/index.php/disciplinas/endurance>
- Federación de Deportes Equestres. (s.f.). Historia: Nosotros. Recuperado el 4 de Junio de 2015 de <http://www.fede.ec/index.php/nosotros/historia>.
- Federación de Deportes Equestres. (s.f.) Disciplinas: Salto. Recuperado el 20 de junio de 2015 de <http://www.fede.ec/index.php/disciplinas/salto>
- Guyton, A., Hall, J., (2006). *Tratado de Fisiología médica, (11va edición)*. Madrid, España: Elsevier
- Hinchcliff, K., Kaneps, A., Geor, R. (2008). *Equine Exercise Physiology*. Missouri, USA: Saunders Elsevier

- Hinchcliff, K., Kaneps, A., Geor, R. (2014). *Equine Sports Medicine and Surgery, (2nd Edition)*. Missouri, USA: Saunders Elsevier
- Hill R., Wyse G., Anderson M., (2004). *Fisiología Animal*. Buenos Aires, Argentina: Ed Médica Panamericana
- Hodgson, D., Harrington, K., McGowan, C. (2014). *The Athletic Horse, (2nd Edition)*. Missouri, USA: Saunders Elsevier
- Kitaoka, Y., Endo, Y., Mukai, K., Aida, H., Hiraga. A., Hatta, H. (2014). *Muscle glycogen breakdown and lactate metabolism during intensive exercise in Thoroughbred horses*. J Phys Fitness Sports Med, 3(4), 451-456
- Klein, B. (2013). *Cunningham's Textbook of Veterinary Physiology, (5th Edition)*. Missouri, USA: Saunders Elsevier
- König, H., Liebich, H., (2004). *Anatomía de los animales domésticos*. Buenos Aires, Argentina: ED Medica Panamericana
- Larsson, J., Pilborg, P., Johansen, M., Christophersen, M., Holte, A., Roepstorff, L., Olsen, L., Harrison, A. (2013). *Physiological Parameters of Endurance Horses Pre-Compared to Post-Race, Correlated with Performance: A Two Race Study from Scandinavia*. Hindawi Publishing Corporation: ISRN Veterinary Science, Volume 2013, Article ID 684353.
- Lindinger, M. (2011). *Lactate: Metabolic fuel or poison for racehorses*. Experimental Physiology, 96(3), 261.
- Loving N. (2010), *Todos los sistemas del caballo*. Barcelona, España: Editorial Hispano Europea
- Mejía, G., Arias, M. (2008). *Evaluación del estado físico de caballos de salto mediante algunas variables fisiológicas*. Revista CES, Volumen 3, Número 2.
- Mohar, F., (1996). *Bioquímica del Metabolismo Animal*. Bogotá, Colombia:

- Orsini, J., Divers, T. (2007). *Equine Emergencies: Treatment and Procedures, (3th Edition).* Missouri, USA: Saunders Elsevier.
- Petrie, A., Watson, P. (2013). *Statistics for Veterinary and Animal Science, (3th Edition).* Oxford, UK: Wiley Blackwell
- Ramzan, P. (2014). *The Racehorse: A Veterinary Manual.* Florida. USA: CRC Press.
- Reece, W. (2009). *Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals, (4th Edition).* Iowa, USA: Wiley-Blackwell.
- Reece, W., Erickson, H., Goff, J., Uemura, E. (Ed.) (2015). *Dukes' Physiology of Domestic Animals, (13th Edition).* Oxford, UK: Wiley-Blackwell
- Reed, S. M., Bayly, W. M., & Sellon, D. C. (2010). *Equine Internal Medicine, (3th Edition).* St. Louis, Missouri: Saunders Elsevier.
- Ross M., Kaye G., Pawlin W, (2006). *Histología Texto y Atlas a color con Biología Celular y Molecular, (5ta edición).* Madrid, España: Ed Médica Panamericana.
- Stockham, S., Scott, M. (2008). *Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology, (2nd Edition).* Iowa, USA: Blackwell Publishing
- Teijón, J., Garrido, A., Blanco, D., Villaverde, C., Mendoza, C., Ramirez, J., (2006). *Fundamentos de Bioquímica Metabólica, (2da edición).* Madrid, España: Ed. Tebar
- Welsch, U, Sobotta, J. (2009). *Histología, (2da edición).* Madrid, España: Ed. Médica Panamericana.
- Whiting J. (2009). *The exhausted horse.* St. Louis, USA; Elsevier Saunders

Anexos

Registros equinos de Carreras Pura Sangre

General

Raza	Pura Sangre
Edad	2 años
Sexo	Hembra

Entrenamiento

Edad comienzo entrenamiento	2 años
Días de entrenamiento	Martes a Domingo
Tiempo de cada sesión	Todos los días 15 minutos, sábado carrera de 600 m
Distancia recorrida	2.5 km M-V y D. 600m S
Tipo de entrenamiento	Resistencia M-V y D y Explosivo Sábado

Competencias

Número de competencias por año	2
Distancias	1000 - 1200 m
Tiempo entre cada una	6 meses aproximadamente

Lactato

Descanso	1.2 mmol/L
Entrenamiento / Competencia	14.6 mmol/L

CK

Descanso	138.0 UI/L
Entrenamiento / Competencia	371.90 UI/L

General

Raza	Pura Sangre
Edad	2 años
Sexo	Hembra

Entrenamiento

Edad comienzo entrenamiento	2 años
Días de entrenamiento	Martes a Domingo
Tiempo de cada sesión	Todos los días 15 minutos, sábado carrera de 600 m
Distancia recorrida	2.5 km M-V y D. 600m S
Tipo de entrenamiento	Resistencia M-V y D y Explosivo Sábado

Competencias

Número de competencias por año	2
Distancias	1000 - 1200 m
Tiempo entre cada una	6 meses aproximadamente

Lactato

Descanso	0.7 mmol/L
Entrenamiento / Competencia	18.5 mmol/L

CK

Descanso	495.9 UI/L
Entrenamiento / Competencia	989.9 UI/L

General

Raza	Pura Sangre
Edad	3 años
Sexo	Hembra

Entrenamiento

Edad comienzo entrenamiento	2 años
Días de entrenamiento	Martes a Domingo
Tiempo de cada sesión	Todos los días 15 minutos, sábado carrera de 600 m
Distancia recorrida	2.5 km M-V y D. 600m S
Tipo de entrenamiento	Resistencia M-V y D y Explosivo Sábado

Competencias

Número de competencias por año	2
Distancias	1000 - 1200 m
Tiempo entre cada una	6 meses aproximadamente

Lactato

Descanso	1.3 mmol/L
Entrenamiento / Competencia	15.8 mmol/L

CK

Descanso	266.8 UI/L
Entrenamiento / Competencia	389.4 UI/L

General

Raza	Pura Sangre
Edad	4 años
Sexo	Hembra

Entrenamiento

Edad comienzo entrenamiento	2 años
Días de entrenamiento	Martes a Domingo
Tiempo de cada sesión	Todos los días 15 minutos, sábado carrera de 600 m
Distancia recorrida	2.5 km M-V y D. 600m S
Tipo de entrenamiento	Resistencia M-V y D y Explosivo Sábado

Competencias

Número de competencias por año	2
Distancias	1000 - 1200 m
Tiempo entre cada una	6 meses aproximadamente

Lactato

Descanso	0.6 mmol/L
Entrenamiento / Competencia	20.3 mmol/L

CK

Descanso	308.1 UI/L
Entrenamiento / Competencia	452.8 UI/L

Tabulación completa de resultados

Resultados Salto

Nombre	Descanso			
	Lactato	Medida	CK	Medida
ES1	0,5	mmol/L	308,2	UI/L
ES2	0,7	mmol/L	444,7	UI/L
ES3	0,7	mmol/L	338,2	UI/L
ES4	1,8	mmol/L	155,6	UI/L

Nombre	Competencia					
	Lactato	Medida	CK	Medida	T. Muestra	Tipo Ejercicio
ES1	1,5	mmol/L	376,8	UI/L	Inmediato	Entrenamiento
ES2	1,1	mmol/L	461,0	UI/L	Inmediato	Entrenamiento
ES3	1,4	mmol/L	241,8	UI/L	Inmediato	Competencia
ES4	2,3	mmol/L	176,3	UI/L	Inmediato	Competencia

Nombre	Incremento			
	Lactato	Medida	CK	Medida
ES1	1	mmol/L	68,6	UI/L
ES2	0,4	mmol/L	16,3	UI/L
ES3	0,7	mmol/L	-96,4	UI/L
ES4	0,5	mmol/L	20,7	UI/L

Resultados Carreras

Nombre	Descanso			
	Lactato	Medida	CK	Medida
EC1	0,70	mmol/L	495,90	UI/L
EC2	1,20	mmol/L	138,00	UI/L
EC3	1,30	mmol/L	266,80	UI/L
EC4	0,60	mmol/L	308,10	UI/L

Nombre	Competencia					
	Lactato	Medida	CK	Medida	D. Prueba	T. Prueba
EC1	18,50	mmol/L	989,90	UI/L	600 m	37 seg
EC2	14,60	mmol/L	371,90	UI/L	600 m	40 seg
EC3	15,80	mmol/L	389,40	UI/L	600 m	36 seg
EC4	20,30	mmol/L	452,80	UI/L	600 m	35 seg

Nombre	Incrementos			
	Lactato	Medida	CK	Medida
EC1	17,80	mmol/L	494,00	UI/L
EC2	13,40	mmol/L	233,90	UI/L
EC3	14,50	mmol/L	122,60	UI/L
EC4	19,70	mmol/L	144,70	UI/L

Resultados Endurance

Nombre	Descanso			
	Lactato	Medida	CK	Medida
EE1	1,10	mmol/L	523,20	UI/L
EE2	1,50	mmol/L	789,20	UI/L
EE3	1,30	mmol/L	580,30	UI/L
EE4	2,00	mmol/L	1314,50	UI/L
EE5	1,30	mmol/L	746,80	UI/L
EE6	1,30	mmol/L	988,60	UI/L
EE7	1,10	mmol/L	745,20	UI/L
EE8	1,00	mmol/L	777,20	UI/L
EE9	1,60	mmol/L	645,00	UI/L
EE10	1,70	mmol/L	748,60	UI/L
EE11	1,00	mmol/L	758,10	UI/L
EE12	0,60	mmol/L	419,70	UI/L

Nombre	Competencia					
	Lactato	Medida	CK	Medida	D. Prueba	T. Muestra
EE1	1,70	mmol/L	568,70	UI/L	80k	20 min
EE2	1,60	mmol/L	2260,30	UI/L	80k	Inmediato
EE3	3,30	mmol/L	1802,90	UI/L	80k	Inmediato
EE4	1,70	mmol/L	1367,50	UI/L	80k	Inmediato
EE5	1,90	mmol/L	1458,60	UI/L	80k	40 min
EE6	3,90	mmol/L	2239,20	UI/L	60k	Inmediato
EE7	2,70	mmol/L	979,50	UI/L	60k	Inmediato
EE8	1,10	mmol/L	820,50	UI/L	40k	Inmediato
EE9	1,70	mmol/L	979,00	UI/L	40k	Inmediato
EE10	1,40	mmol/L	1314,60	UI/L	40k	Inmediato
EE11	1,20	mmol/L	1182,50	UI/L	40k	Inmediato
EE12	1,40	mmol/L	779,40	UI/L	40k	Inmediato

Nombre	Incrementos			
	Lactato	Medida	CK	Medida
EE1	0,60	mmol/L	45,50	UI/L
EE2	0,10	mmol/L	1471,10	UI/L
EE3	2,00	mmol/L	1222,60	UI/L
EE4	-0,30	mmol/L	53,00	UI/L
EE5	0,60	mmol/L	711,80	UI/L
EE6	2,60	mmol/L	1250,60	UI/L
EE7	1,60	mmol/L	234,30	UI/L
EE8	0,10	mmol/L	43,30	UI/L
EE9	0,10	mmol/L	334,00	UI/L
EE10	-0,30	mmol/L	566,00	UI/L
EE11	0,20	mmol/L	424,40	UI/L
EE12	0,80	mmol/L	359,70	UI/L