

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS**  
**VETERINARIAS**



**Cinética de los niveles de glucosa sanguínea  
debido al ejercicio en caballos Pura Sangre de  
Carrera**

Lucia Mercedes Virginia Serván Falcón

Tesis para optar el Título profesional de Médica Veterinaria

Lima, Perú

2017

## *DEDICATORIA*

Esta tesis se la dedico a Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. A mis padres y hermano por su apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mis objetivos como persona y estudiante, ustedes saben que son lo más valioso que tengo en esta vida. A todo el resto de mi familia, en especial a mi tía Mirtha y a mi tía Vicky, siempre estaré agradecida con ustedes dos por todo lo que hicieron durante mi época de estudiante. Y finalmente a mi tío Javier, quizás no estarás físicamente a mi lado pero siempre te tengo presente y esto también va para ti.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera.

A mis padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mi hermano, mi compañero de vida.

A mi director de tesis, Dr. José Luis Collao, por la confianza y amistad brindada desde un principio, por compartir sus conocimientos conmigo, sin su ayuda este trabajo no hubiera sido posible.

A mis jurados: Dr. Leguía, Dr. Bengoa, Dr. Jara por sus sugerencias y aportes para el diseño de este trabajo.

A todos mis profesores por su dedicación en mi formación profesional.

# INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	3
INDICE.....	4
INDICE DE CUADROS .....	6
INDICE DE FIGURAS .....	7
RESUMEN.....	8
ABSTRACT .....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	12
2.1 El Caballo Pura Sangre de Carrera.....	12
2.1.1 Evolución natural del caballo y origen de las carreras .....	12
2.1.2 Génesis del caballo Pura Sangre de Carrera.....	14
2.1.3 Características del caballo Pura Sangre de Carrera.....	15
2.1.4 Entrenamiento de un caballo Pura Sangre de Carrera.....	15
2.2 Bases energéticas del ejercicio .....	17
2.2.1 Sistema ATP-PC:.....	18
2.2.2 Sistema anaerobio:.....	19
2.2.3 Sistema aerobio: .....	19
2.3 Metabolismo de los carbohidratos.....	20
2.3.1 Glucólisis.....	21
2.3.2 Gluconeogénesis.....	23
2.3.3 Vía de las pentosas fosfato .....	24
2.3.4 Metabolismo de otros azúcares.....	25
2.3.5 Metabolismo del glucógeno .....	26
2.4 Métodos de medición de la glucosa.....	26
2.4.1 Métodos Químicos.....	27
2.4.2 Métodos Enzimáticos .....	27
III. OBJETIVOS.....	30
3.1 Objetivos Generales.....	30
3.2 Objetivos Específicos .....	30
IV. MATERIALES Y METODOS.....	31

4.1	Metodología de estudio .....	31
4.2	Lugar de estudio .....	31
4.3	Tamaño de muestra.....	31
4.4	Animales.....	31
4.5	Material de laboratorio .....	32
4.5.1	Material para la toma de muestra .....	32
4.6	Toma de muestras.....	32
4.6.1	Esquema para la toma de muestras.....	32
4.6.2	Obtención de las muestras .....	33
4.6.3	Medición de niveles sanguíneos de glucosa.....	33
4.7	Análisis de datos.....	33
V.	RESULTADOS .....	36
VI.	DISCUSION.....	38
VII.	CONCLUSIONES.....	40
VIII.	RECOMENDACIONES .....	41
IX.	BIBLIOGRAFIA.....	42

# INDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Promedio, desviación estándar y coeficientes de variación de la glucosa sanguínea (mg/dL) de caballos Pura Sangre de Carrera, correspondientes al estado de reposo, ejercicios y diferencias del ejercicio.</i>	<i>36</i>
<i>Cuadro 2. Promedio y desviación estándar según sexo (mg/dL) de caballos Pura Sangre de Carrera correspondientes al estado de reposo, ejercicios y diferencias del ejercicio.</i>	<i>37</i>
<i>Cuadro 3. Comparación del valor de p entre los distintos tiempos de muestreo (mg/dL) para caballos Pura Sangre de Carrera correspondientes al estado de reposo, ejercicios y diferencia del ejercicio.</i>	<i>37</i>

# INDICE DE FIGURAS

<i>Fig. 1. Comparación del caballo moderno (Eqqus) con su ancestro (Eohippus).<sup>8</sup></i>	13
<i>Fig. 2. Relación entre el porcentaje de ATP suministrado por los tres sistemas de energía y el tiempo y la potencia de ejecución del ejercicio.<sup>9</sup></i>	20
<i>Fig. 3. Proceso de Glucólisis: Fase Anaeróbica</i>	23
<i>Fig. 4. Diagrama del ciclo de Cori<sup>28</sup>.</i>	24
<i>Gráf. 1. Histograma de distribución de la variable glucosa (mg/dL)</i>	34

## RESUMEN

Los caballos de carrera reciben un entrenamiento que involucra una combinación de acondicionamiento y de enseñanza, donde el desempeño solamente es evaluado mediante la observación del animal. Sin embargo, la medición de algunos constituyentes sanguíneos representa un método para caracterizar las modificaciones fisiológicas y bioquímicas que ocurren como respuesta al ejercicio y entrenamiento al cual son sometidos los caballos. Con el objetivo de evaluar el entrenamiento en esta raza, se realizó un estudio con 30 caballos Pura Sangre de Carrera (PSC), entre machos (n=17) y hembras (n=13) de tres años de edad que fueron seleccionados para participar en competencias hípcas de velocidad. Se evaluó el efecto del ejercicio sobre los niveles sanguíneos de glucosa. Para esto, se obtuvieron muestras sanguíneas en reposo ( $T_0$ ), inmediatamente después de haber finalizado el ejercicio ( $T_1$ ) y 4 horas después ( $T_2$ ). Se obtuvo el promedio de cada tiempo de muestreo con sus respectivas desviaciones estándar, para luego determinar la existencia de diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) entre los valores obtenidos de cada animal utilizando la prueba del Modelo Mixto Lineal. Al comparar la cinética de los valores sanguíneos de glucosa, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los valores de los tres tiempos de evaluación ( $T_0$ ,  $T_1$  y  $T_2$ ) siendo los valores más altos, los obtenidos en  $T_1$ . Por otro lado, se encontraron que los valores de glucosa son aparentemente más altos en las hembras que en los machos durante los tres tiempos de evaluación.

Palabras claves: caballo, Pura Sangre de Carrera, cinética, glucosa, ejercicio.



## ABSTRACT

Race horses schedule of training involves a combination of conditioning and dressing, where performance is evaluated through observation of the animal. However, the measurement of some blood parameters represents a method to characterize the physiological and biochemical modifications that occurs in response to the exercise and training to which the horses are subjected. In order to evaluate training in this breed, a study of 30 three-year-old thoroughbred was performed within males ( $n = 17$ ) and females ( $n = 13$ ) who were selected to participate in horse racing. The effect of exercise on blood glucose levels was evaluated. For this, blood samples were obtained at rest ( $T_0$ ), immediately after the end of the exercise ( $T_1$ ) and 4 hours later ( $T_2$ ). The mean of each evaluation time was obtained with their respective standard deviations, to determine significant statistical difference ( $p < 0.05$ ) between the values obtained from each animal with the Mixed Linear Model. When comparing the kinetics of glucose blood values, significant statistical differences were found between the values of the three evaluation times ( $T_0$ ,  $T_1$  and  $T_2$ ), being the highest values, those obtained in  $T_1$ . On the other hand, it was found that glucose values are apparently higher in females than in males during the three evaluation times.

Keywords: horse, thoroughbred, kinetics, glucose, exercise.

# I. INTRODUCCIÓN

Los caballos constituyen la especie doméstica con el mejor progreso atlético entre todos los mamíferos; y dentro de esta especie, el caballo Pura Sangre de Carrera (PSC) es la raza en la que se han realizado mayores avances en el ámbito deportivo. En este sentido, éstos son seleccionados para que demuestren el rendimiento de sus progenitores mediante el entrenamiento y la carga atlética aplicada proporcionalmente creciente en ellos<sup>1</sup>.

Los estudios del genoma de los caballos reafirman la importancia de los aspectos genéticos como factor determinante del potencial y rendimiento atlético de éstos. Sin embargo, existen otras variaciones en el funcionamiento del organismo durante el ejercicio con la finalidad de maximizar su rendimiento. El principal aporte del combustible metabólico para el funcionamiento muscular durante el ejercicio proviene de la glucosa sanguínea, que de agotarse, el organismo puede hacer uso de otras reservas energéticas, como las que se encuentran en las fibras musculares en forma de glucógeno que al disociarse libera glucosa para el desempeño muscular<sup>2, 3</sup>.

Ineludiblemente las concentraciones de glucosa en sangre y tejidos dependen de una variedad de factores, entre los cuales tenemos al tipo de alimentación, condición corporal, edad, lactancia, estadio reproductivo, etc. Por lo general, los cambios en la glicemia debido al ejercicio tienden a disminuir durante el ejercicio de menor intensidad y de tipo prolongado (más de 3 horas), mientras que ejercicios cortos y de gran intensidad han registrado un aumento del mismo<sup>4</sup>.

Dentro de los diferentes factores que pueden influir durante entrenamiento en la demanda energética de los caballos, está la triada de sobrecarga de ejercicio, es decir, la intensidad, duración y frecuencia, que en conjunto deben ser estudiadas para ver su efecto sobre el metabolismo energético en caballos.

Teniendo en consideración lo anteriormente expuesto, el siguiente trabajo de investigación tiene como finalidad, evaluar la variación de los niveles de glucosa sanguínea luego del ejercicio de los caballos PSC; ya que el entendimiento de las modificaciones en los niveles de glucosa tanto pre como

post-ejercicio nos ayudará a comprender mejor las diversas patologías y/o alteraciones en caballos de esta raza durante el entrenamiento; a su vez, nos permitirá diseñar mejores estrategias para optimizar su rendimiento deportivo y principalmente su bienestar<sup>5</sup>.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 El Caballo Pura Sangre de Carrera

El Caballo Pura Sangre de Carrera (PSC), cuya denominación proviene del término árabe “Kehailan”, es decir “los de la sangre más pura”; han sido seleccionados para que demuestren el rendimiento de sus progenitores mediante el entrenamiento y la carga atlética aplicada proporcionalmente creciente en ellos<sup>6</sup>.

#### 2.1.1 Evolución natural del caballo y origen de las carreras

Durante la pre historia, el caballo fue visto como una preciada presa de caza. Sin embargo, hoy en día, el caballo es adquirido para un fin específico. En el caso del Pura Sangre de Carrera es una raza derivada que ha logrado una notable expansión en el mundo, haciendo que se reivindique el prestigio de la especie<sup>7</sup>.

La historia paleontológica menciona que el proceso evolutivo del caballo se inició en América hace 58 millones de años, exactamente en territorio norteamericano, en zonas adyacentes a Wyoming y Nuevo México. Estos caballos evolucionaron de un ancestro original (*Eohippus*), diferenciándose del caballo actual (*Equus*) en el tamaño, ya que sólo llegaban a medir unos 30 centímetros<sup>8</sup> (Fig. 1).

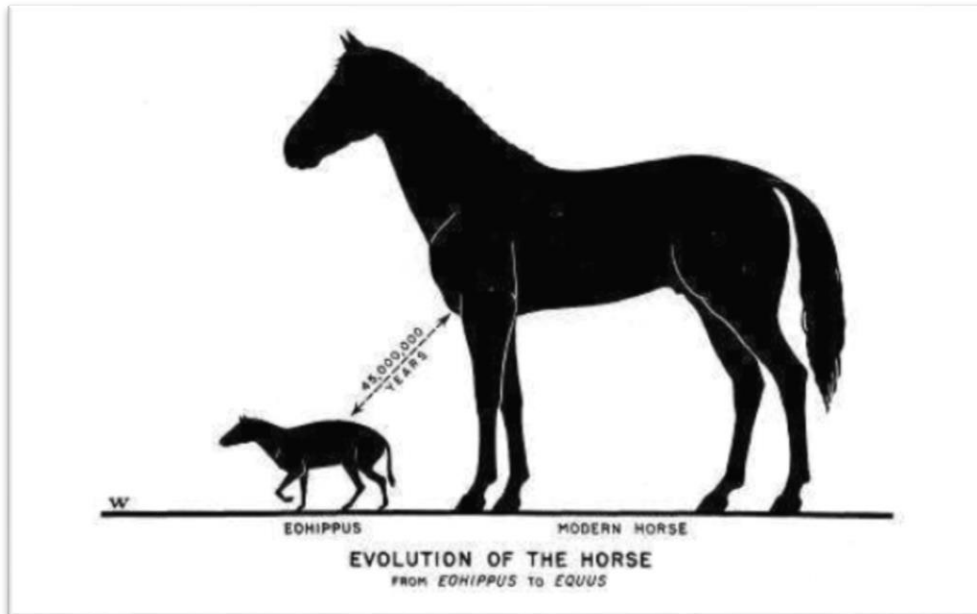


Fig. 1. Comparación del caballo moderno (*Equus*) con su ancestro (*Eohippus*).<sup>8</sup>

Los descendientes del primer antepasado, emigraron al continente asiático a través del actual estrecho de Bering, para sobrevivir a los drásticos cambios climáticos y topográficos. Es así que la domesticación de los caballos salvajes se inicia en Asia, donde se convirtieron en una fuente de alimentación debido al aumento de la población<sup>7, 8</sup>.

Producida su domesticación, unos cinco mil años antes de nuestra era, fue inicialmente utilizado para el transporte y el trabajo primitivos. Poco a poco, los caballos fueron desarrollando un mejor aspecto, alzada y pelaje; para luego extenderse esta domesticación por África y Europa<sup>7, 9</sup>.

Hacia el año 680 a.C, las carreras de carros tirados por caballos y las carreras de caballos con jinete se fueron haciendo populares en Grecia, Etruria y Roma; cada una con distinta temática, pero fueron las carreras de carros tirados por caballos, las que tuvieron mayor acogida por el circo romano<sup>7</sup>.

Sin embargo, para el año 545 d.C, se prohibieron los espectáculos circenses, y así, las carreras de caballos fueron desapareciendo paulatinamente. No obstante, durante muchos años, los mejores

caballos fueron seleccionados como padrillos, los cuales darían como producto caballos de mayor alzada, velocidad, fuerza y resistencia<sup>10</sup>.

En 1074 d.C., resurgieron las carreras de caballos en Inglaterra, los jinetes que cabalgaban con galgos competían por demostrar la velocidad de sus caballos contra la de los otros cazadores<sup>10, 11</sup>.

Pasaron los años, y la selección realizada por el hombre conllevó a la formación de las razas equinas hacia las distintas actividades ecuestres. En el siglo XIX, con la aparición del motor de combustión interna, se produjo en todo el mundo un importante descenso en la población equina, observándose un aumento en su uso para paseos, entrenamientos y deportes. Entre los que se encuentran las carreras de caballos<sup>12, 13</sup>.

### **2.1.2 Génesis del caballo Pura Sangre de Carrera**

Durante los siglos XVII y XVIII se dio origen al caballo PSC debido al interés y al apoyo a las carreras de caballos de los reyes británicos Tudor y Stuart, quienes promovieron la crianza de razas mejoradas mediante los cruces de caballos de carrera locales con caballos orientales importados; por tal motivo, el caballo PSC constituye una raza artificial original de Gran Bretaña<sup>14, 15</sup>.

En términos oficiales, la raza se ha constituido desde la fundación del Stud Book en 1971, donde se reconoce la intervención de caballos árabes, turcos, sirios, persas y berberiscos como reproductores que participaron en la producción del caballo PSC. Este primer volumen se encuentra encabezado por el trinomio: Byerley Turk, Darley Arabian y Godolphin Arabian, los cuales fueron cruzados con yeguas nativas y cuyos descendientes fueron seleccionados por su velocidad, dando como resultados caballos capaces de alcanzar velocidades superiores en comparación a cualquier otro caballo europeo. Desde ese momento, se calificó al caballo PSC como un animal “nacido” para correr, por poseer la capacidad para recorrer una milla en 1 minuto y 35 segundos, alcanzando velocidades de 40 millas por hora<sup>6, 16,17</sup>.

### **2.1.3 Características del caballo Pura Sangre de Carrera**

Los Pura Sangre de Carrera se caracterizan por ser animales atléticos, vigorosos y de temperamento nervioso. Poseen un promedio de altura de 1,60 metros y un rango de peso corporal de 380 a 550 kilos. Son de cabeza fina y bien modelada, ojos grandes y salientes, orejas medianas y móviles, piel y pelajes muy finos, con cuello largo y recto<sup>12</sup>.

Tienen la particularidad de aumentar hasta seis veces su frecuencia cardiaca basal (de 30-40 a 245-250 latidos por minuto) y su habilidad para incrementar ostensiblemente su metabolismo. Su capacidad para consumir oxígeno y la rápida adaptación de los sistemas cardiovascular y respiratorio a las demandas del ejercicio hacen de este ejemplar un atleta excepcional adaptado naturalmente a la velocidad y resistencia en un espacio y tiempo determinado<sup>12</sup>.

### **2.1.4 Entrenamiento de un caballo Pura Sangre de Carrera**

Antes de los 5 años, los caballos son muy sensibles al estímulo del entrenamiento, tanto en sus funciones respiratorias, cardiovasculares y músculoesqueléticas que aún no están completamente desarrolladas. Por lo tanto, un entrenamiento inapropiado o defectuoso durante esta etapa puede ser perjudicial para el futuro de su vida deportiva<sup>18</sup>.

El entrenamiento los prepara para la competencia induciendo adaptaciones fisiológicas necesarias para desempeñarse a un gran nivel con un riesgo mínimo de lesión y también los acostumbra psicológica y temporalmente para competir efectivamente. El entrenamiento implica una rutina regular de ejercicio para promover cambios en la estructura y función del animal, para obtener un máximo rendimiento <sup>19,20</sup>.

Al evaluar el desempeño de un caballo PSC siempre se debe tener en cuenta tres factores: selección genética, nutrición balanceada, y prácticas óptimas de manejo con aplicación de las medidas preventivas de sanidad animal<sup>21</sup>.

Diversos estudios demuestran que existe una combinación de factores tanto genéticos como ambientales, los cuales afectan en el

rendimiento de un caballo PSC. Entre los factores genéticos están la conformación y rendimiento del animal, ambos factores dependen de los progenitores, y son influenciados por distintos factores ambientales, como la edad, sexo, procedencia, tipo de pista, alimentación, y tipo de entrenamiento, los cuales pueden marcar la diferencia entre un caballo y otro<sup>5, 22,23</sup>.

El entrenamiento físico consiste en exponer al organismo a una carga de trabajo de intensidad, duración y frecuencia, los cuales son necesarios para producir un efecto observable y medible, es decir, una mejora de las funciones para las cuales el individuo no está capacitado. El entrenamiento implica el uso de periodos regulares de ejercicio que conlleve cambios en la estructura y función del animal, con el propósito de que pueda competir con un buen rendimiento<sup>9</sup>.

En general, el entrenamiento de cualquier caballo PSC comprende 6 etapas, las cuales son: etapa previa o amansada, educación en torno, primeros galopes en pista, entrenamiento con trabajos cortos, entrenamiento desde el partidor, y primera carrera o debut<sup>24</sup>.

Durante la amansada, el animal debe acostumbrarse al uso de la jácquima o cabezada sin filete, lo cual facilitará el dominio del brío del animal para sacarlo de la pesebrera y llevarlo al torno<sup>24</sup>.

Una vez en el torno cerrado, se adiestrará al animal a realizar ejercicios de trote y galope, lo cual puede ser realizado inicialmente solo con jácquima y una sogá larga, para luego ser montado, siempre bajo la mirada del preparador del caballo. Y ya estando montado, el animal será “educado” en la obediencia a las riendas<sup>24</sup>.

Una vez que el animal haya aprendido a trotar y a galopar obedeciendo a las riendas, el siguiente paso es llevarlo a la pista de carrera, para que haga sus primeros trotes en la misma y para que pueda desarrollar su capacidad corredora y velocidad<sup>24</sup>.

Previo al debut, los entrenamientos con trabajos cortos ayudarán a darnos una idea de la movilidad y ánimo para correr del animal. Esto se inicia con trabajos de 200 metros, a medida que va respondiendo, la



distancia se va alargando. En nuestro medio, se acostumbra a realizar los trabajos de 200 en 200 metros hasta llegar a los 1000 metros<sup>24</sup>.

Los entrenamientos desde el partidador permitirán dosificar los bríos del ejemplar, para que tenga la calma suficiente y dotarlo de energía al iniciar la carrera con normalidad.

Finalmente, la decisión para que el animal corra por primera vez la tiene el preparador junto con el propietario. Ambos también deciden en qué distancia y quién lo va a conducir. Sin embargo, la dirección de carreras de un hipódromo, siempre programa carreras cortas 1000, 1200 metros y las va alargando en la medida que transcurre el calendario hípico. En nuestro medio, se prefiere que el debut de un ejemplar sea en línea recta, es decir, en 1000 metros<sup>9</sup>.

## **2.2 Bases energéticas del ejercicio**

La capacidad atlética de un individuo evidencia la eficiencia para lograr la velocidad deseada y/o requerida para realizar un trabajo en un espacio y tiempo determinado, dependiendo de la combinación de factores genéticos y ambientales como es el entrenamiento<sup>9</sup>.

El conocimiento sobre la fisiología del ejercicio es la clave para un entrenamiento exitoso de atletas, incluyendo el caballo, las funciones del organismo cambian en respuesta a varias situaciones y según la actividad del animal, la función cambia de manera que permite la adaptación favorable a nuevas situaciones, los cuales están limitados por factores genéticos, nutricionales y de entrenamiento<sup>9</sup>.

El ejercicio físico produce cambios en la composición y distribución de los constituyentes sanguíneos, dirigidos a aumentar el aporte de O<sub>2</sub>, tanto al músculo esquelético como al cardíaco, con el propósito de mantener el aumento del metabolismo y facilitar la remoción de los productos metabólicos de deshecho. Por consiguiente, el proceso de obtención, transporte y utilización de la energía por el músculo en trabajo, constituye la base de la respuesta fisiológica al ejercicio<sup>9</sup>.

El mantenimiento de la contracción muscular durante el ejercicio necesita el sustento de grandes cantidades de energía química, siendo el ATP, la fuente inmediata de energía para la locomoción<sup>9</sup>.

La estructura de la molécula de ATP está compuesta por una molécula de adenosina enlazada a 3 moléculas de fosfato (Pi) inorgánicos. Cuando se produce la hidrólisis del ATP, catalizado por la enzima adenosintrifosfatasa, el enlace exterior con el fosfato se rompe, formando un nuevo compuesto, adenosin-difosfato (ADP), y liberando de esta manera, una gran carga de energía<sup>9</sup>.

Para que el caballo muestre un buen rendimiento durante el ejercicio o durante una carrera, se necesita mantener un adecuado aporte energético al músculo. Dentro de éste, la cantidad almacenada de ATP es muy restringida, por ende, se requiere la refosforilación de moléculas de ADP en ATP, para continuar la actividad muscular<sup>9</sup>.

Entre las fuentes de energía para la resíntesis de ATP, están: el sistema ATP-PC, Sistema anaerobio, y Sistema aerobio. La importancia del primer sistema depende de las reservas de fosfocreatina, mientras que la importancia relativa de las otras dos fuentes, se mide por la intensidad y duración del ejercicio<sup>20</sup>.

### **2.2.1 Sistema ATP-PC:**

Es el sistema de menor complejidad. Utiliza la fosfocreatina (creatina fosfato), para descomponerlo en creatina y un ion fosfato, y así liberar grandes cantidades de energía (ATP). Por lo tanto, la fosfocreatina puede proporcionar por medio de la enzima creatincinasa energía suficiente para reconstituir el enlace de alta energía del ATP. Estos depósitos son capaces de mantener un ejercicio en un tiempo de 10 segundos sin el abastecimiento de ATP por otras fuentes<sup>9</sup>.

### **2.2.2 Sistema anaerobio:**

Ocurre en casos de que el ejercicio continúe por más de 10 segundos. Es también llamado sistema del glucógeno-ácido láctico. Recibe esta denominación, ya que genera moléculas de ATP mediante la descomposición de la glucosa (glucólisis), la cual se obtiene de forma directa desde el torrente sanguíneo o del glucógeno almacenado en el hígado<sup>9</sup>.

### **2.2.3 Sistema aerobio:**

Se va a diferenciar de la vía anaerobia por ser relativamente lenta pero el proceso es altamente efectivo. Este sistema produce gran cantidad de energía, por lo que, es la principal ruta de producción energética durante las pruebas de resistencia. Las reacciones del sistema aerobio abarca tres procesos: glucólisis aerobia, ciclo de Krebs, y sistema de transporte de electrones<sup>20</sup>.

Un caballo PSC, durante el ejercicio puede utilizar más de una fuente de energía al mismo tiempo. La cantidad relativa de las distintas fuentes de energía para la resíntesis de ATP va a depender de los factores como la intensidad del trabajo, duración, y el estado de forma del animal<sup>9</sup>.

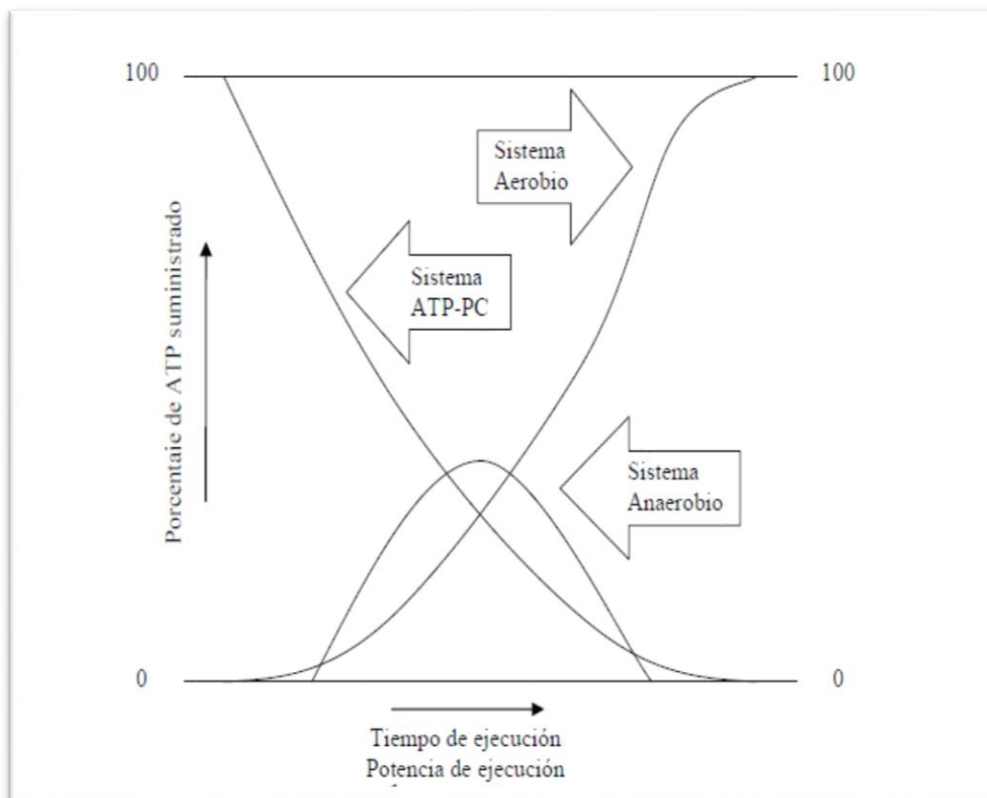


Fig. 2. Relación entre el porcentaje de ATP suministrado por los tres sistemas de energía y el tiempo y la potencia de ejecución del ejercicio.<sup>9</sup>

### 2.3 Metabolismo de los carbohidratos

Las células dependen de reacciones químicas complejas y muy coordinadas para poder mantenerse “vivas”. Son los carbohidratos la fuente principal de energía que impulsa estas reacciones.

Los carbohidratos también denominados glúcidos, hidratos de carbono o sacáridos, son moléculas orgánicas formadas por C, H y O, que se encuentran distribuidas ampliamente en la naturaleza. Poseen numerosas funciones, las cuales son esenciales en los procesos metabólicos de los seres vivos. Los principales carbohidratos implicados en la contracción muscular son: la glucosa, contenida en el torrente sanguíneo y el glucógeno, almacenado en el tejido muscular<sup>25</sup>.

La glucosa libre o combinada, es el carbohidrato que más abunda en la naturaleza. También denominada azúcar sanguínea, azúcar de uva, o dextrosa. Es un monosacárido con fórmula molecular  $C_6H_{12}O_6$ . Forma parte

de un 0,08% -0,1% del contenido sanguíneo de todos los mamíferos normales<sup>26</sup>.

La glucosa domina el metabolismo de los carbohidratos, puesto que es un combustible metabólico básico durante periodos de nutrición adecuada. Tiene un significado especial debido a que, bajo la mayoría de condiciones, es el único energético que puede consumir el sistema nervioso central. En consecuencia, mantener un aporte continuo de glucosa para el metabolismo del cerebro es de vital importancia para el cuerpo.

Las concentraciones de glucosa sanguínea dependen de una amplia variedad de factores y su concentración en cualquier momento es el resultado de un equilibrio entre los valores de entrada y salida de glucosa de la sangre. Es así, que todos los factores que ejercen una influencia sobre la entrada o salida se hacen importantes en la regulación de la concentración sanguínea de glucosa.

La glucosa empleada en los tejidos proviene de los almidones, sacarosa y lactosa de la dieta, de los depósitos corporales de glucógeno hepático y muscular, o de la síntesis hepática o renal, a partir de precursores gluconeogénicos como el esqueleto carbonado de algunos aminoácidos, del glicerol y del lactato; fuentes que permiten el mantenimiento de la concentración de glucosa en sangre. El equilibrio entre oxidación, biosíntesis y almacenamiento de glucosa depende del estado hormonal y nutricional de la célula, el tejido y el organismo<sup>27</sup>.

La obtención de glucosa se puede dar a partir de procesos metabólicos como: la glucólisis, la gluconeogénesis, vía de las pentosas fosfato, metabolismo de otros azúcares y metabolismo del glucógeno.

### **2.3.1 Glucólisis**

La primera etapa del metabolismo celular es la glucólisis, esta vía está encaminada a convertir una molécula de glucosa en dos moléculas de piruvato.

La glucólisis se produce con o sin oxígeno, en ambos casos se producen 3 moles de ATP por mol de glucógeno, la diferencia está en el destino del ácido pirúvico, el cual en presencia de oxígeno se transforma

en acetilcoenzima A, ingresa al ciclo de Krebs pasando por unas series de reacciones químicas para finalmente obtener dos moléculas de ATP, una de CO<sub>2</sub> y un H<sup>+</sup>. La molécula de CO<sub>2</sub> se libera durante la espiración, mientras que el H<sup>+</sup>, que se produce tanto en la glicólisis como en el ciclo de Krebs, se combinan con dos coenzimas: NAD y FAD, que finalmente llevan los átomos de hidrógeno hacia la cadena transportadora de electrones. Estos átomos y los electrones son transportados al oxígeno para obtener como producto final el H<sub>2</sub>O. Cada vez que se produce el transporte de cada par de electrones, se va liberando energía suficiente para la síntesis de 3 moléculas de ATP. En total, se transportan 12 pares de electrones por cada molécula de glucógeno, generando 36 moléculas de ATP por cada molécula de glucógeno<sup>24</sup>.

Bajo condiciones aeróbicas, el producto dominante en la mayoría de los tejidos es el piruvato, el cual se degrada en la mitocondria. Sin embargo, cuando el oxígeno es insuficiente, como por ejemplo, durante un ejercicio prolongado y vigoroso, el producto glucolítico dominante en muchos tejidos es el lactato.

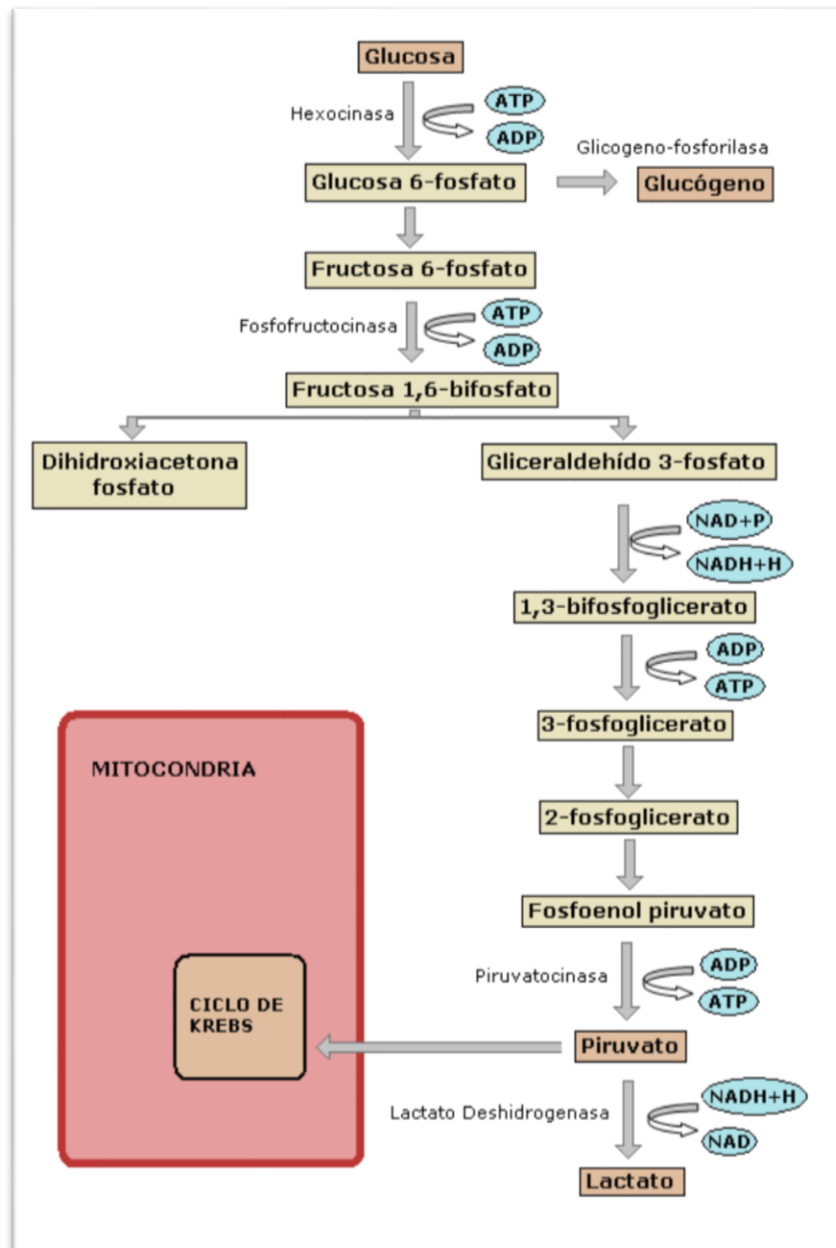


Fig. 3. Proceso de Glucólisis: Fase Anaeróbica

### 2.3.2 Gluconeogénesis

La glucosa también puede sintetizarse a partir de precursores distintos de los carbohidratos (lactato piruvato, glicerol, y determinados aminoácidos). Por medio de reacciones denominadas gluconeogénesis, las cuales ocurren principalmente en el hígado, pues es el principal órgano implicado en la síntesis de la glucosa a partir de fuentes procedentes de carbohidratos o no carbohidratos. El hígado es el único órgano que regenera glucosa desde lactato.

Es una vía muy importante para el organismo, ya que siempre está activa, incluso cuando el individuo está durmiendo cubriendo las necesidades de glucosa del organismo cuando no está disponible en cantidades suficientes en la alimentación.

La secuencia de las reacciones es, en gran medida, la inversa de la glucólisis. Esto ocurre cuando la concentración sanguínea de azúcar es baja y está agotado el glucógeno hepático. Igual que en otras vías metabólicas, la velocidad de la gluconeogénesis está afectada en primer lugar por la disponibilidad de los sustratos, por los efectos alostéricos y por las hormonas.

Por otra parte, la gluconeogénesis contribuye a la recuperación del organismo después de un ejercicio físico prolongado, pues ayuda a eliminar ácido láctico de la sangre<sup>28</sup>.

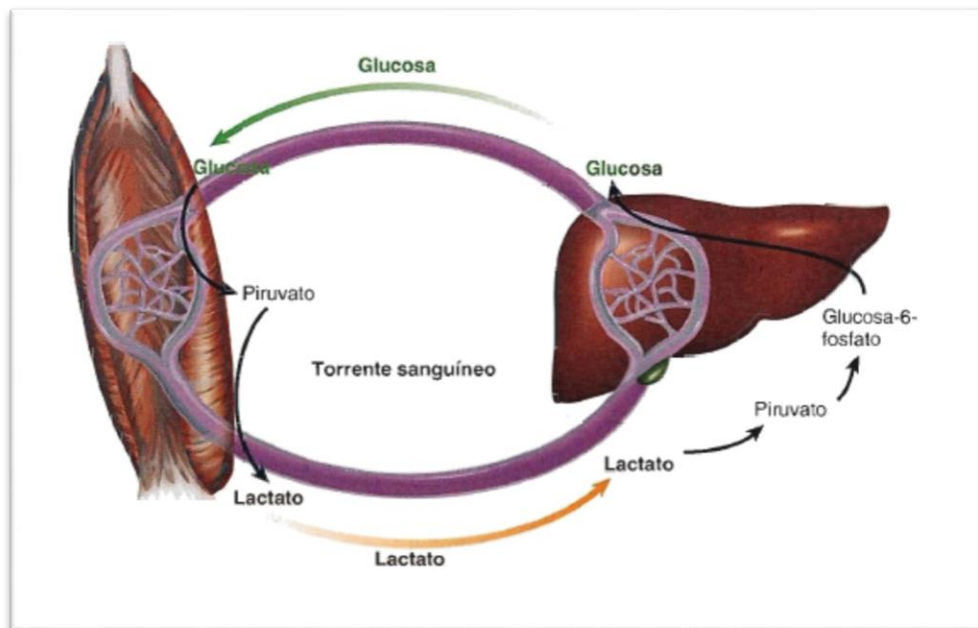


Fig. 4. Diagrama del ciclo de Cori<sup>28</sup>.

### 2.3.3 Vía de las pentosas fosfato

Es otra vía metabólica de oxidación de la glucosa en la que no se genera ATP. Sus productos principales son el NADPH, agente reductor que se requiere en varios procesos anabólicos, y la ribosa-5-fosfato, un componente estructural de los nucleótidos y de los ácidos nucleicos. Sin



embargo, esta vía puede degradar la glucosa completamente a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

Esta vía se producen en el citoplasma en dos fases: la oxidativa y la no oxidativa. En la fase oxidativa, la conversión de la glucosa-6-fosfato en ribulosa-5-fosfato va acompañada de la producción de dos moléculas de NADPH. En la fase no oxidativa se producen la isomerización y la condensación de varias moléculas de azúcar diferentes.

Cuando no se requieren azúcares pentosas para las reacciones de biosíntesis, los metabolitos de la porción no oxidativa de la vía se convierten en intermediarios glucolíticos que pueden degradarse posteriormente para generar energía o convertirse en moléculas precursoras para procesos de biosíntesis<sup>28</sup>.

#### **2.3.4 Metabolismo de otros azúcares**

En los equinos los carbohidratos pueden ser hidrolizados o fermentados, dependiendo de la unión de sus moléculas. Las moléculas α-1,4 sufren hidrólisis enzimática y las moléculas β-1,4 son fermentadas.

Tanto la α-amilasa, α-glucosidasas (sucrasa, glucoamilasa, maltasa), y la β-galactosidasa (lactasa), son las enzimas específicas para la hidrólisis de carbohidratos secretadas en el intestino delgado. La concentración de α-amilasa es relativamente baja en la saliva, a diferencia de los humanos, con lo cual la hidrólisis sólo toma lugar a partir del ingreso de los azúcares al intestino delgado. El producto final a ese nivel son disacáridos y oligosacáridos, pero sin presencia de azúcares libres.

Las disacaridasas, sucrasa, lactasa y maltasa, se encuentran a lo largo de todo el intestino delgado. La actividad de la sucrasa es mayor en el duodeno y yeyuno, mientras que la actividad de la maltasa es igual en las tres porciones. En el caso de la lactasa, la actividad funcional es también igual en las tres porciones en los caballos adultos, lo que sugiere que son capaces de digerir la lactosa.

La acción de mencionadas enzimas en las células epiteliales que conforman el borde de cepillo de la mucosa completa la hidrólisis para producir los azúcares, glucosa, galactosa y fructosa.

### **2.3.5 Metabolismo del glucógeno**

El glucógeno almacena la glucosa fácilmente movilizable. Los principales lugares de almacenamiento son el hígado y el músculo esquelético. La síntesis y la degradación del glucógeno se produce mediante la glucogénesis y la glucogenólisis, las cuales están controladas por un mecanismo complejo en el que participan principalmente tres hormonas: insulina, glucagón y epinefrina.

La glucogénesis ocurre después de una comida, es decir, cuando la concentración de los niveles de glucosa se eleva. El sustrato de la síntesis de glucógeno es el UDP-glucosa, una forma activada del azúcar. La pirofosforilasa de UDP-glucosa cataliza la formación de UDP-glucosa a partir de glucosa-6-fosfato y UTP. La glucosa-6-fosfato se convierte en glucosa-1-fosfato mediante la fosfoglucomutasa.

La glucogenólisis es el proceso mediante el cual se degrada el glucógeno. Aporta la glucosa a la sangre con lo que contribuye al mantenimiento de la glicemia; sin embargo, en el músculo no hay aporte de glucosa a la sangre y el músculo utiliza la glucosa proveniente de la glucogenólisis como fuente de energía<sup>28</sup>.

## **2.4 Métodos de medición de la glucosa**

La glicemia es una variable fisiológica importante por presentar una ritmicidad diaria en los mamíferos alimentados con un régimen tradicional o ad libitum. Debido a que los carbohidratos son indispensables en la dieta, se llega a la conclusión que la ritmicidad diaria de la glicemia es el resultado directo de la ingestión del alimento de acuerdo a los patrones de comportamiento del día a día<sup>6</sup>.

El análisis de la glucosa mide la concentración de ésta presente en la sangre. El nivel glucémico o concentración de azúcar es un factor importante

en la determinación del nivel de glucosa del líquido intersticial y a su vez de la velocidad de difusión de este azúcar hacia las células.

El valor de referencia para la especie equina está en el rango de (75 -115 mg/dL). Es evidente que son considerables las variaciones intraespecíficas e interespecíficas. Esta variabilidad en los niveles glucémicos entre los animales de una misma especie puede justificarse con el estado nutritivo y los depósitos de hidrocarbonados en relación con sus necesidades energéticas<sup>6</sup>.

### 2.4.1 Métodos Químicos

Bioquímicamente, la medición de glucosa sanguínea se puede realizar mediante métodos químicos como enzimáticos, siendo éstos últimos los más específicos.

Dentro de los métodos químicos encontramos:

- Reductimétricos: basándose en la capacidad reductora de la glucosa.
- Furfurálicos: cuyo principio es la capacidad de la glucosa para formar furfural al sufrir deshidratación en un medio ácido.

### 2.4.2 Métodos Enzimáticos

Los métodos enzimáticos generales para determinar los niveles sanguíneos de glucosa son tres: hexoquinasa (HK), glucosa deshidrogenasa (GD) y glucosa oxidasa (GO):

- La hexoquinasa (HK), enzima que cataliza la fosforilación de la glucosa por ATP a glucosa-6-fosfato (G6P), siendo ésta reducida a 6-fosfoglucanato en presencia de glucosa-6-fosfato deshidrogenasa (G6F-DH) con reducción paralela de NAD a NADH:

HK



G6F-DH



- En el método glucosa deshidrogenasa (GD), la enzima cataliza la reacción:

GD



Donde el NAD y NADH son medidos por espectrofotometría

- La glucosa oxidasa (GO). Este último método se encuentra combinado con peroxidasa y un marcador. Donde la GO va a catalizar la conversión de glucosa en ácido glucónico y peróxido de hidrógeno, el cual junto con la peroxidasa, oxidan el marcador para formar un producto coloreado. Asimismo, este principio también es utilizado en las tiras específicas para glucosa empleadas para medirla en la orina.

Al realizar una de estas pruebas de laboratorio, se recomienda colocar la muestra en refrigeración y con fluoruro de sodio (NaF) a razón de 10 mg/mL de sangre; esto con el fin de proteger la muestra de la glucólisis, ya que la descomposición de la glucosa por los glóbulos rojos se produce rápidamente.

Aparte de estas pruebas, existen glucómetros con tiras reactivas que pueden medir la concentración de glucosa en suero/plasma o sangre entera, con o sin anticoagulante. Las tiras reactivas contienen una enzima, la glucosa Deshidrogenasa, la cual cataliza la glucosa contenida en la muestra de sangre capilar. El flujo de electrones producido en esta reacción, es detectado por un fino sensor de corriente eléctrica que es interpretada como cantidad de glucosa en la muestra<sup>29</sup>.

El uso de estos analizadores portátiles, es práctico y van a proveer una estimación adecuada de los niveles de glucosa sanguínea, ya que permite realizar las pruebas justo en el momento de la extracción de la

muestra. La mayoría de estos equipos, utilizan el método OC con espectrofotometría<sup>29</sup>.

## **III. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivos Generales**

Evaluar la cinética de los valores sanguíneos de glucosa antes y después del ejercicio.

### **3.2 Objetivos Específicos**

Describir los niveles sanguíneos de glucosa tanto antes como después del ejercicio.

## **IV. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1 Metodología de estudio**

El presente es un estudio de tipo longitudinal, en el cual se midieron los niveles de glucosa de caballos antes, inmediatamente después y 4 horas después de finalizado un ejercicio intenso.

### **4.2 Lugar de estudio**

El estudio se realizó en las instalaciones del Hipódromo de Monterrico, ubicado en el distrito de Santiago de Surco, ciudad de Lima Metropolitana, Perú.

### **4.3 Tamaño de muestra**

El cálculo del tamaño muestral fue determinado a partir de lo postulado según el Teorema de Límite Central, el cual menciona que a partir de una muestra de datos con distribución desconocida, las medias muestrales tienden a aproximarse a la distribución normal a medida que el número muestral sea tan grande (como mínimo  $n=30$ ). Por lo tanto, para propósitos de nuestro estudio se utilizaron 30 caballos.

### **4.4 Animales**

Para el estudio se consideraron caballos Pura Sangre de Carrera entre machos y hembras, cuyas edades fueron de 3 años. Estos animales nunca habían participado en una carrera pública y fueron evaluados clínicamente previo al estudio para determinar que estuvieran sanos.

## **4.5 Material de laboratorio**

### **4.5.1 Material para la toma de muestra**

- Analizador portátil para la medición de glucosa sanguínea de la marca ACCUTREND PLUS®.
- Tiras reactivas para el analizador portátil de glucosa sanguínea.
- Jeringas de tuberculina.
- Guantes.
- Alcohol 70°.
- Algodón.

## **4.6 Toma de muestras**

### **4.6.1 Esquema para la toma de muestras**

#### **4.6.1.1 Primera etapa**

Se obtuvo la historia clínica de cada animal con ayuda del propietario y posteriormente, se realizó la evaluación física del animal para descartar cualquier patología presente. Asimismo, se entregó la hoja del consentimiento informado donde se informaba acerca del uso de los animales del estudio, la cual fue firmada por cada propietario.

#### **4.6.1.2 Segunda etapa**

A cada animal se le extrajo 3 muestras sanguíneas ( $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ), las cuales se obtuvieron según el siguiente esquema:

- Muestra A ( $T_0$ ): En reposo previo a la salida al calentamiento.
- Muestra B ( $T_1$ ): 10 minutos después de finalizado el ejercicio.
- Muestra C ( $T_2$ ): 4 horas después de finalizado el ejercicio.



#### **4.6.2 Obtención de las muestras**

Las muestras de sangre fueron colectadas a nivel de la vena yugular izquierda de cada animal. Se extrajo un total de 0.2 ml de sangre entera de la vena yugular externa mediante una jeringa de tuberculina, de la cual se utilizó una gota (60 ul) para la medición de los niveles sanguíneos de glucosa en el analizador portátil. A los 10 segundos, se obtuvo el resultado, el cual está expresado en mg/dL.

#### **4.6.3 Medición de niveles sanguíneos de glucosa**

El fundamento físico y bioquímico enzima-sustrato es el que determina el funcionamiento del analizador portátil, ya que las tiras reactivas contienen una enzima que cataliza la glucosa contenida en una muestra de sangre. Toda molécula de glucosa necesita entrar en contacto con la enzima Glucosa Deshidrogenasa. El flujo de electrones producido en esta reacción, es detectado por un fino sensor de corriente eléctrica que es interpretada como cantidad de glucosa en la muestra<sup>28</sup>.

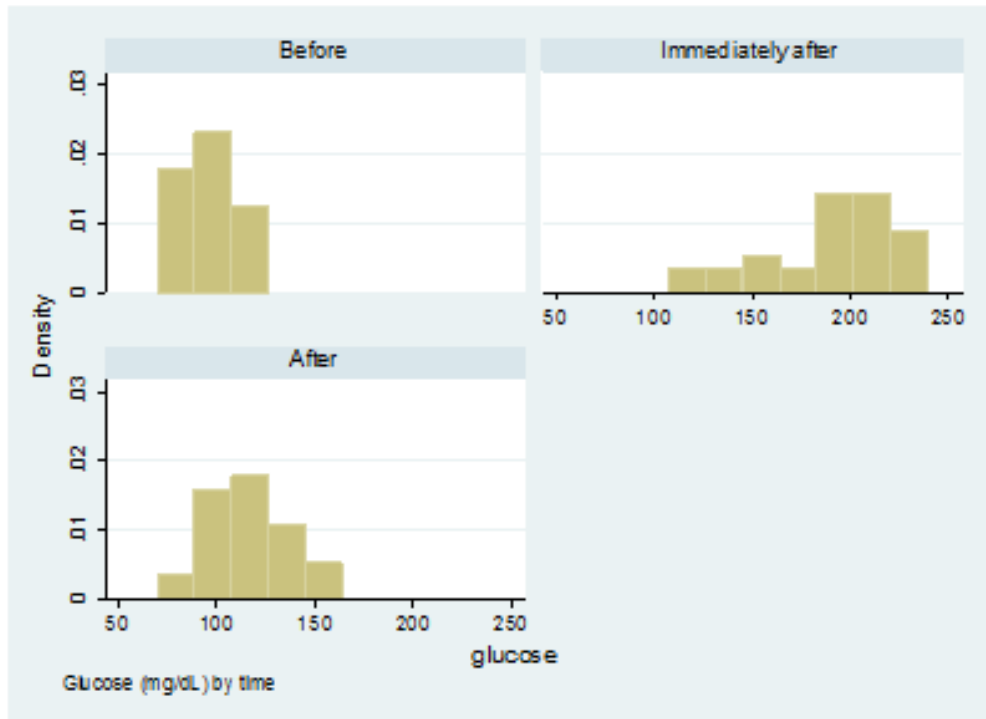
### **4.7 Análisis de datos**

Los datos recolectados en el estudio fueron medidas repetidas de 30 animales siendo las variables: niveles de glucosa, además las covariables (velocidad y sexo).

Todos estos datos fueron insertados a una base de datos mediante el programa Microsoft Office Excel 2013. Posteriormente, estos datos ordenados fueron procesados mediante el paquete estadístico STATA 13.0 (Stata Corp, TX College Station) con un nivel de significancia de 0.05 y con intervalos de 95%.

A continuación se presentan los análisis estadísticos referentes a Niveles de Glucosa en relación al ejercicio en caballos PSC de 3 años de edad. Debido a que los niveles sanguíneos de glucosa representan una variable de naturaleza cuantitativa continua, es necesario que esta variable

sea resumida mediante estadísticos descriptivos (resumen de tendencia central y de dispersión), para ello será importante ver la distribución de dicha variable en un histograma de distribución, ya que nos permitirá ver si la distribución de esta variable es simétrica o esta sesgada hacia algún lado (gráfico 1).



Gráf. 1. Histograma de distribución de la variable glucosa (mg/dL)

Evidentemente no existió dispersión muy marcada en la distribución de los niveles de glucosa en el tiempo, por lo cual fue adecuado poder utilizar como medida de tendencia central al promedio (media) y como medida de dispersión a la desviación estándar; además se incluyó al Coeficiente de variación (CV) como medida para explicar qué porcentaje del promedio representa la desviación estándar.

Se evaluó si los niveles de glucosa siguieron la distribución Normal, para poder hacer uso de pruebas paramétricas como el ANOVA y regresión para los análisis estadísticos. La prueba de Normalidad que se utilizó fue la de "Shapiro-Wilk", la cual asume como  $H_0$ : Normalidad, por lo tanto, se asumió que los niveles de glucosa siguieron la distribución normal, el valor de P (P value) para la prueba debe ser mayor a 5% o 0.05

Entonces el siguiente paso fue realizar un análisis para poder contrastar la  $H_0$  (Hipótesis Nula) de que los niveles de glucosa son iguales durante los tres tiempos de evaluación. Evidentemente la primera opción fue realizar un análisis de varianza o ANOVA para comparar estos resultados, no obstante, a pesar que los datos de la variable dependiente (Niveles de glucosa) siguieron una distribución normal, hubo un problema mayor que no nos permitió usar el ANOVA, y es que los datos estaban correlacionados. Para realizar un ANOVA convencional la variable respuesta debe ser continua (tener distribución normal) y las observaciones deben ser independientes, pero como las medidas eran repetidas en un mismo individuo (tres mediciones de glucosa por caballo), no se pudo realizar esta prueba pues estaban correlacionadas.

Por lo tanto, se utilizó otro análisis que consideró el efecto de las medidas repetidas como fuente de error. Este análisis está basado en el uso de la regresión lineal mediante los Modelos Mixtos (Mixed Linear Models), ya que además de los factores o parámetros fijos de análisis, también considera un parámetro de efectos aleatorios adicional al error, el cual se debe a la correlación de las observaciones provenientes de datos repetidos de un mismo animal. El primer análisis sólo evaluó los niveles de glucosa en función al tiempo ( $T_0$ ,  $T_1$  y  $T_2$  tomando como nivel de comparación referencial a los valores del  $T_0$ ) y considerando como parámetro de efectos aleatorios al animal debido a que las muestras se repiten por cada animal.

## V. RESULTADOS

Se determinaron los valores sanguíneos de glucosa en relación al ejercicio de 30 caballos Pura Sangre de Carrera de tres años de edad. Dentro de la muestra se tuvieron 17 machos enteros y 13 hembras, los cuales fueron sometidos al mismo tipo de entrenamiento. Como se mencionó en el esquema de trabajo, las muestras fueron tomadas en tres tiempos: antes, inmediatamente después y 4 horas después de haber finalizado el ejercicio.

El cuadro 1 muestra los valores correspondientes al promedio, la desviación estándar y los coeficientes de variación. En base a estos últimos se puede ver que la mayor variación en los niveles de glucosa se produjo en T<sub>1</sub> con respecto a T<sub>0</sub>.

Cuadro 1. Promedio, desviación estándar y coeficientes de variación de la glucosa sanguínea (mg/dL) de caballos Pura Sangre de Carrera, correspondientes al estado de reposo, ejercicios y diferencias del ejercicio.

	N	X	S.D.	C.V.
T <sub>0</sub>	30	95.90 <sup>a</sup>	13.39	0.14
T <sub>1</sub>	30	188.87 <sup>b</sup>	33.86	0.18
T <sub>2</sub>	30	115.00 <sup>c</sup>	20.32	0.18
Total	90	133.26	46.82	0.35

<sup>a,b,c</sup>: letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (p<0.05)

Al comparar la cinética de los valores sanguíneos de glucosa, se encontraron diferencias estadísticas significativas en los valores de T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> en comparación a T<sub>0</sub> (Cuadro 1).

Asimismo, el análisis incluyó la covariable sexo de los animales del estudio obteniéndose el promedio y la desviación estándar de cada grupo que puede ser apreciado en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Promedio y desviación estándar según sexo (mg/dL) de caballos Pura Sangre de Carrera correspondientes al estado de reposo, ejercicios y diferencias del ejercicio.

	Hembras			Machos		
	N	X	s.d.	N	X	s.d.
T <sub>0</sub>	13	98.92 <sup>a</sup>	12.88	17	93.59 <sup>a</sup>	13.67
T <sub>1</sub>	13	191.00 <sup>b</sup>	37.09	17	187.24 <sup>b</sup>	32.26
T <sub>2</sub>	13	115.85 <sup>c</sup>	18.16	17	114.35 <sup>c</sup>	22.36

a,b,c: letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ )

A partir de estos resultados se puede indicar que los valores de glucosa son aparentemente más altos en las hembras que en los machos durante los tres tiempos de evaluación. Además, se puede apreciar que la diferencia estadística entre los valores de T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> en comparación al T<sub>0</sub> continúa siendo significativa (Cuadro 2).

El Cuadro 3 muestra el valor  $P > |z|$  que corresponde al valor de  $p$  para cada tiempo de evaluación con respecto a T<sub>0</sub> y entre los tiempos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>.

Cuadro 3. Comparación del valor de  $p$  entre los distintos tiempos de muestreo (mg/dL) para caballos Pura Sangre de Carrera correspondientes al estado de reposo, ejercicios y diferencia del ejercicio.

	P >  z
T <sub>1</sub>	0.000*
T <sub>2</sub>	0.001*
T <sub>1</sub> – T <sub>2</sub>	0.000*

\*:  $p < 0.05$ , estadísticamente significativo

## VI. DISCUSION

De forma general, los cambios en los niveles sanguíneos de glucosa dependen del tipo de ejercicio realizado. Estos niveles tienden a disminuir en ejercicios prolongados, pero durante ejercicios cortos de alta intensidad se ha reportado incremento y posterior disminución (Osorio, 2008).

Respecto a los valores obtenidos en los tres tiempos de evaluación (Cuadro 1), se observó que existe un marcado incremento de los niveles sanguíneos de glucosa en T<sub>1</sub> en comparación a T<sub>0</sub>. Esto se debió a que el trabajo realizado fue un ejercicio máximo, el cual produjo un nivel de estrés suficiente para la liberación de catecolaminas y glucocorticoides que desencadenaron un aumento de glucosa en sangre debido a la activación de glicogenólisis y gluconeogénesis (Guevara, et al; 2015).

Además el Cuadro 1, también mostró un descenso marcado de los niveles sanguíneos de glucosa en T<sub>2</sub> en comparación a T<sub>1</sub>; sin embargo, estos niveles no llegaron a los niveles basales encontrados en T<sub>0</sub>. De acuerdo al estudio piloto que se hizo previo al inicio de la investigación y por reportes realizados en otros países (Gómez, et al; 2004) en un tiempo de 4h posterior al ejercicio los niveles sanguíneos de glucosa regresan a sus valores basales. En nuestro estudio, estos niveles no alcanzaron sus niveles basales debido a que los animales del estudio aún se encontraban en una etapa inicial de entrenamiento, por lo cual sus requerimientos energéticos fueron mayores durante y post ejercicio; esto aunado al hecho de que los animales fueron alimentados en las siguientes 4 horas produjo que el tiempo para que los niveles sean basales sea mayor de lo normal (Guevara, et al; 2015). Además, Quintero (2010) encontró un cierto grado de resistencia a la insulina en ciertas razas de caballos por lo que no se descarta esta patología en los caballos evaluados.

Asimismo, los valores establecidos como niveles sanguíneos basales de glucosa se encontraron dentro del rango normal según estudios realizados por Gómez et al en el 2004 ( $95.7 \pm 7.2$ ), Osorio en el 2008 ( $109.00 \pm 10.23$  en hembras y  $101.08 \pm 3.06$  en machos), Marín y Soto en el 2013 ( $73.51 \pm 0.13$  en laboratorio y  $77.47 \pm 4.63$  en analizador portátil), entre otros.

Al evaluar el Cuadro 2 se evidencia que los valores sanguíneos de machos y hembras están dentro del rango de los parámetros normales para la especie. Asimismo, también se apreció que no existieron diferencias marcadas entre machos y hembras, lo que concuerda con otros estudios realizados que concluyen que el sexo no es un factor que altere el comportamiento de la glucosa en sangre.

## VII. CONCLUSIONES

- El ejercicio produjo una modificación sobre los niveles sanguíneos de glucosa en caballos PSC sometidos a un ejercicio intenso.
- Los valores basales de glucosa sanguínea de los caballos PSC del estudio estarían dentro de los parámetros normales.
- Los caballos PSC sometidos a este tipo de ejercicio mostraron un aumento significativo después del tomado al mismo pero no regresaron a sus niveles normales después de 4 horas.
- No se encontraron diferencias marcadas entre los valores basales de glucosa sanguínea entre machos y hembras.



## VIII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a todo lo evaluado se considera tener en cuenta lo siguiente:

- Evaluar la cinética de los niveles sanguíneos de glucosa de manera detallada e individual según sexo.
- Evaluar la cinética de los niveles sanguíneos de glucosa en caballos mayores de 3 años de edad.
- Evaluar la cinética de los niveles sanguíneos de glucosa en ejercicios de mayor duración e intensidad.
- Evaluar la cinética de los niveles sanguíneos de glucosa junto a otros parámetros de entrenamiento como lactato, cortisol o creatin quinasa.

## IX. BIBLIOGRAFIA

1. Mitrani H. A paso llano por el mundo: La historia del caballo peruano de paso. Perú: Lima Tours. 2004. 52pp.
2. Quintero C. Uso de la glicemia como indicador del estado atlético en equinos. (Tesina) .Universidad de Buenos Aires, Facultad de Medicina Veterinaria, Buenos Aires-Argentina. 2010.
3. Rivero, L. 2014. Síndrome de fatiga y sobreesfuerzo en caballos. Sitio argentino de Producción Animal. Disponible en: <https://goo.gl/ikgb>.
4. Mutis C, Pérez T. Determinación y análisis de valores de nitrógeno ureico en sangre, glucosa, creatin kinasa y ácido láctico pre y post ejercicio en una población de atletas equinos de salto en Bogotá. REDVET, 2005; 6(2).
5. Pérez R, García M, Cabezas I, Guzmán R, Merino V, Valenzuela S, González G. Actividad física y cambios cardiovasculares y bioquímicos del caballo chileno a la competencia de rodeo. 1997. Arch med vet, 29(2): 221-234.
6. Blanco A. El Caballo Inglés de Carrera. Chile. La Nación. 1937. p. 17-18, 25-26.
7. Blousson E. El Caballo de Carrera en el mundo. 2<sup>da</sup> ed. 1976. p. 1-368.
8. Glauer D. Horsemanship Program. Horse Science. Animal Science. 2(4).
9. ollao J. Efectos del ejercicio sobre la cinética de la serie eritrocítica y de las enzimas musculares en caballos pura sangre de carrera de dos años de edad del Hipódromo de Monterrico. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. 2011.
10. Blázquez J. Las carreras de carros en su origen y en el mundo romano. Historia del carruaje en España. 1999. p. 72-83.
11. Mitrani H. A paso llano por el mundo: La historia del caballo peruano de paso. Perú: Lima Tours. 2004. 52pp.
12. Álvarez J. Efecto de dos ejercicios diferentes sobre el hemograma, cortisol y proteínas plasmáticas en equinos mestizos fina sangre inglés

- entrenados para participar en pruebas de resistencia. (Tesis de pregrado). Universidad de Concepción, Chile.2006. 56 pp.
13. Muñoz A, Lucas RG, Benito M, Palacio J, López M, Satué K y Castejón  
Evaluación del entrenamiento mediante el análisis hematológico y bioquímico plasmático en caballos angloárabes de carrera.2001. Med Vet, 19(7-8): 491-499.
  14. Gu J, Orr N, Park S, Katz L, Sulimova G, MacHugh D, Hill E. A Gene Scan for Positive Selection in Thoroughbred Horses. Plos One 4(6). p. 1-17.
  15. Hill E, Bradley D, Al-Barody M, Ertugrul O, Splan R, Zakharov I, Cunningham E. History and integrity of thoroughbred dam lines revealed in equine mtDNA variation. 2002. Animal Genetics, 33: 287-294.
  16. Cassidy R. The Social Practice of Racehorse Breeding. Society of Animals. 2002. 10(2): 155-177.
  17. Gunn HM. Muscle, bone and fat proportions and muscle distribution of thoroughbreds and other horses. Equine exercise physiology. 2009, 2: 253-264.
  18. Poblete M. Efecto del entrenamiento para competencia de enduro sobre actividades enzimáticas del músculo Gluteus medius de equinos mestizos. (Tesis de pregrado). Universidad de Concepción, Chile. 2007. 30 pp.
  19. Marín E, Soto O. Validación de un analizador de glucosa portátil para uso en caballos. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Escuela Medicina Veterinaria. 2013.
  20. Hinchcliff k, Geor R, Kaneps A. Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse. Estados Unidos: Saunders Elsevier. p. 2-3, 43-47, 399-404.
  21. Traverso R. Rendimiento de los Caballos Pura Sangre de Carrera en función del Hematocrito, Hemoglobina y Glóbulos Rojos. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú. pp.45.
  22. Ekiz B, Koçak ö, Demir H. Estimates of Genetic Parameters for Racing Performances of Arabian Horses. 2005. Turk J Vet Anim Sci (29): 543-549.

23. Mc Manus C, Santos S, da Silva J, Louvandini H, Abreu U, Sereno J, Mariante A. Body índices for the Panteneiro 2008. *Horse. Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci*, 45(5): 362-370.
24. Ramos R. Hípica en Colombia: Historia, Entrenamiento y algo más. *Anécdotas Hípicas Venezolanas* [Internet], [15 de marzo 2007]. Disponible en: <https://goo.gl/XbBNoN>.
25. Osorio J. Cambios fisiológicos de variables sanguíneas como respuesta a la competencia de salto en equinos atletas. (Tesis de pregrado) Universidad de la Salle, Facultad de Medicina Veterinaria, Bogotá. 2008.
26. Trujillo D. Estudio de los cambios adaptativos en frecuencia cardiaca y velocidad durante la etapa inicial del entrenamiento en equinos fina sangre de carreras. (Tesis de pregrado) Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Chile. 2012.
27. Weber C. Prevalencia y descripción de conductas estereotipadas en equinos Pura Sangre Inglés destinados a carreras en Chile. (Tesis de Pregrado). Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Valdivia, Chile. 2010.
28. Reece W. Fisiología de los animales domésticos. 12<sup>a</sup>.ed. Cornell University Press. España 2004. pp 581-597.
29. Marín E, Soto O. Validación de un analizador de glucosa portátil para uso en caballos. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Escuela Medicina Veterinaria. 2013.