

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS

Niveles basales de glucosa sanguínea en caballos criollos de carrera (*Equus caballus*) del distrito de Chuquibambilla, Provincia de Grau

Presentado por:

Nicky Alex Bolívar Villegas

Para optar el Título de Médico Veterinario y Zootecnista

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS

“NIVELES BASALES DE GLUCOSA SANGUÍNEA EN CABALLOS
CRIOLLOS DE CARRERA (*Equus caballus*) DEL DISTRITO DE
CHUQUIBAMBILLA, PROVINCIA DE GRAU”

Presentada por **Nicky Alex Bolívar Villegas**, para optar el Título de
Médico Veterinario y Zootecnista

Sustentada y aprobada el 18 de agosto del 2022, ante el jurado evaluador:

Presidente:



Dr. Aldo Alim Valderrama Pomé

Primer Miembro:



Dra. Sebastiana Virginia Bernilla De La Cruz

Segundo Miembro:



MSc. MVZ. Filiberto Oha Humpiri

Asesores:



MVZ. Víctor Raúl Cano Fuentes



Mtro. MVZ. Virgilio Machaca Machaca

Agradecimiento

A Dios, Por haberme permitido llegar hasta este momento, por brindarme salud y darme fuerzas para seguir cuando he estado por desfallecer; por eso y mucho más dedico este trabajo al padre celestial.

Al M.Sc. Virgilio Machaca Machaca por el asesoramiento y apoyo brindado en todo el proceso de la investigación ya que sin su ayuda y conocimientos invaluable no hubiese sido posible realizar esta tesis, gracias por el tiempo compartido y la disposición de ayudar.

Al MVZ. Víctor Raúl Cano Fuentes por sus valiosos consejos y por su apoyo en las gestiones para el desarrollo de la investigación impulsando el desarrollo de mi formación profesional.

A los miembros del Jurado Evaluador: Dr. Aldo Alim Valderrama Pomé, Dra. Sebastiana Virginia Bernilla De La Cruz y M.Sc. Filiberto Oha Humpiri, por ser parte fundamental en el desarrollo de este trabajo de investigación

A todos mis docentes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, por su enseñanza y amistad.

A todas aquellas personas que contribuyeron en la realización del presente trabajo.



Dedicatoria

*A mi padre Amancio Bolívar Roca, por ser mi guía desde el cielo.
A mi madre Cleofe Villegas Yllpa, por todo el apoyo brindado sin condiciones, por sus enseñanzas, su entrega incondicional y por todo su tiempo y amor inalcanzable.*

A mis Hermanos Yoel y Leonardo Bolívar Villegas por ser mi ejemplo a seguir, por todos sus consejos, apoyo y cariño brindado, dedico este trabajo, por añorar mis metas logradas son también de ellos.

A mi tío Simón Bolívar Roca, por su amor, tiempo y apoyo para mi formación como persona y como profesional para poder contribuir con la sociedad.

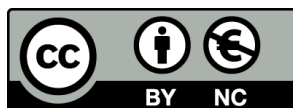
A la memoria de mis abuelos Alejandro Bolívar Carbajal, Julia Roca Vargas, Oswaldo Villegas Valenzuela, Juliana Yllpa Quiñones; por ser como mis segundos padres, por brindarme su tiempo y sus sabias enseñanzas en el campo pecuario.



“Niveles basales de glucosa sanguínea en caballos criollos de carrera (*Equus caballus*) del distrito de Chuquibambilla, Provincia de Grau”

Línea de Investigación: Ciencias Veterinarias

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Enunciado del Problema.....	5
1.2.1. Problema general.....	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.2.3. Justificación de la investigación.....	6
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1. Objetivos de la investigación.....	7
2.1.1. Objetivo general.....	7
2.1.2. Objetivos específicos.....	7
2.2. Operacionalización de variables.....	8
CAPÍTULO III	9
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	9
3.1. Antecedentes.....	9
3.2. Marco teórico.....	13
3.2.1. Caballo criollo.....	13
3.2.1.1. Población de equinos en el Perú.....	13
3.2.1.2. Clasificación zootécnica del caballo.....	14
3.2.1.3. Categorización etaria en los caballos/ rango etario en caballos.....	14
3.2.1.4. Clasificación taxonómica del caballo.....	14
3.2.2. Glucosa.....	15
3.2.2.1. Examen de glucemia.....	16
3.2.2.2. Absorción de glucosa en tejido periférico.....	16

3.2.2.3. Control endógeno de la glucosa.....	17
3.2.2.4. Importancia clínica del monitoreo de la glicemia	18
3.2.2.5. Plasma sanguíneo	18
3.2.2.6. Fisiología de la glucosa	19
3.2.2.7. Fisiopatología de la glucosa	21
3.2.2.8. Absorción de glucosa	22
3.2.2.9. Utilización de nutrientes durante la absorción	24
3.2.2.10. Glucólisis.....	24
3.2.2.11. Gluconeogénesis.....	25
3.2.2.12. Ciclo de Krebs	26
3.2.2.13. Vía de las pentosas fosfato	27
3.2.2.14. Fosforilación oxidativa.....	28
3.2.2.15. Metabolismo hormonal de los carbohidratos	28
3.2.2.16. Metabolismo basal de la glucosa.....	31
3.2.3. Signos vitales en caballos	32
3.2.3.1. Frecuencia respiratoria	33
3.2.3.2. Frecuencia cardíaca	35
3.2.3.3. Frecuencia de pulso	36
3.2.3.4. Temperatura rectal.....	36
3.3. Marco conceptual	37
CAPÍTULO IV.....	40
METODOLOGÍA.....	40
4.1. Tipo y nivel de investigación.....	40
4.1.1. Tipo de investigación	40
4.2. Diseño de la investigación.....	40
4.3. Población y muestra	40
4.3.1. Población	40
4.3.2. Muestra	41
4.4. Procedimiento.....	41
4.4.1. Colección de muestras de sangre.....	41
4.4.2. Procesamiento de muestras sanguíneas en el laboratorio.....	42
4.4.3. Recolección de datos de los signos vitales	42
4.4.3.1. Frecuencia Respiratoria	42
4.4.3.2. Frecuencia cardíaca	43

4.4.3.3. Frecuencia de pulso	43
4.4.3.4. Temperatura rectal	43
4.5. Técnica e instrumentos	43
4.5.1. Material de investigación	43
4.5.1.1. Material biológico	43
4.5.1.2. Materiales y equipos para el muestreo de sangre y registro de los signos vitales en campo	44
4.5.1.3. Materiales y equipos de laboratorio.....	44
4.6. Análisis estadístico	44
CAPÍTULO V	46
RESULTADOS Y DISCUSIONES	46
5.1. Análisis de resultados	46
5.1.1. Niveles basales de glucosa (mg/dL)	46
5.1.2. Signos vitales.....	47
5.1.2.1. Frecuencia respiratoria	47
5.1.2.2. Frecuencia cardiaca	47
5.1.2.3. Frecuencia de pulso	48
5.1.2.4. Temperatura rectal.....	49
5.2. Discusión de resultados	50
CAPÍTULO VI.....	53
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
6.1. Conclusiones.....	53
6.2. Recomendaciones	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables de estudio	8
Tabla 2. Signos vitales de equinos criollos.....	33
Tabla 3. Media \pm desviación estándar de la frecuencia respiratoria (C/min) en cuatro diferentes tiempos de actividad (preejercicio, inmediatamente después, 15 minutos y 30 minutos posejercicio) en competencia.	34
Tabla 4. Comparativo de frecuencias respiratorias en equinos en tres diferentes	34
Tabla 5. Valores de la frecuencia respiratoria en caballos de salto Holsteiner.	34
Tabla 6. Media \pm desviación estándar de la frecuencia cardiaca (L/min) en cuatro diferentes tiempos de actividad (preejercicio, inmediatamente después, 15 minutos y 30 minutos posejercicio) en competencia.	36
Tabla 7. Constantes vitales en caballos.	37
Tabla 8. Promedio \pm (DS) de los niveles basales de la glucosa (mg/dL) evaluadas a los caballos criollos de carrera y caballos criollos de campo según edad.....	46
Tabla 9. Valores de la frecuencia respiratoria (resp/min) en caballos criollos de carrera y caballos criollos de campo.....	47
Tabla 10. Valores de la frecuencia cardiaca (lat/min) en caballos criollos de carrera y caballos criollos de campo.....	48
Tabla 11. Valores de la frecuencia de pulso (pul/min) en caballos criollos de carrera y caballos criollos de campo.....	48
Tabla 12. Valores de la temperatura rectal ($^{\circ}$ C) en caballos criollos de carrera y caballos criollos de campo.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismos de regulación del metabolismo de la glucosa a través de la insulina y el glucagón.	22
Figura 2. Proceso de Glucolisis: fase Anaeróbica	25
Figura 3. Diagrama del ciclo de Cori	26
Figura 4. Población de los animales con los que se trabajó.	63
Figura 5. Materiales para la obtención de muestras de sangre.	63
Figura 6. Medición de la frecuencia cardíaca.....	64
Figura 7. Transferencia de la muestra de sangre al tubo vacutainer con EDTA.	64
Figura 8. Medida de la frecuencia de pulso (pulsoxímetro portátil).	65
Figura 9. Extracción de muestra de sangre de la vena yugular externa.	65
Figura 10. Desinfección de la zona de punción.....	66
Figura 11. Muestras de sangre centrifugadas	66
Figura 12. Equipos para el procesamiento de muestras (Glucometro PHOTOMETER 5010).	67
Figura 13. Hoja de autorización firmada por los propietarios de caballos.	68
Figura 14. Hoja de autorización firmada por los propietarios de caballos de carrera. ..	69
Figura 15. Hoja de autorización firmada por los propietarios de caballos de campo. ..	70

INTRODUCCIÓN

La población total de equinos (potros, yeguas y caballos) en el Perú es de 597 969, donde la región Apurímac registró 88 178 equinos, la cual lidera a otras regiones del país en la población de esta especie de la siguiente manera: Cusco (73 075), Cajamarca (72 684), Huánuco (42 721), La Libertad (42 072), Ancash (41 188), Piura (39 380), Ayacucho (36 850), San Martín (26 948) y Huancavelica (25 293) (1).

En los diferentes países de Sudamérica, los caballos criollos son muy semejantes entre sí; hasta algunos años atrás en Europa fue absolutamente desconocida, pero Actualmente, en países como Alemania se reúnen todos bajo este nombre y son importados como caballos de paseo y de ocio, caracterizándose por su docilidad al manejar (2).

En las competencias hípcas de nuestro país se practican diferentes maneras de entrenar a los caballos; las cuales, son realizadas, generalmente, de manera empírica por los mismos propietarios. Las carreras de caballos en la región Apurímac son parte de la cultura y tradición de sus provincias, principalmente en la provincia de Grau – Chuquibambilla; donde se realizó la presente investigación. Dado que en general en nuestro medio existe poco conocimiento con respecto a cómo el entrenamiento empírico podría afectar al caballo, se hace necesario evaluar algunas variables fisiológicas que estarían alteradas.

Numerosas investigaciones permitieron demostrar que los caballos poseen ventajas fisiológicas para realizar un mayor trabajo físico que el resto de las especies, como resultado de éste, ocurren variaciones bioquímicas y hematológicas que reflejan el nivel de esfuerzo y adaptación que presenta el ejemplar en respuesta al ejercicio al que se ve enfrentado (3). “Entre los métodos que sirven para evaluar los niveles de estrés se encuentran cambios en las variables fisiológicas y sanguíneas. Dentro de ellas, las concentraciones de glucosa, cortisol y el leucograma han sido bastante utilizadas en su determinación, con el fin de poder entregar u obtener evidencia indirecta del estado del animal” (4) (5).



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el distrito de Chuquibambilla – Grau, región Apurímac, con el objetivo de evaluar y determinar los niveles basales de glucosa sanguínea (mg/dL), además de los signos vitales (Frecuencia respiratoria, Frecuencia cardíaca, Frecuencia de pulso y Temperatura rectal) en caballos criollos de carrera y de campo; así mismo se evaluaron el efecto de la edad agrupados en: A (5 a 7), B (8 a 10) y C (11 a 12) años. Se trabajó con 60 caballos criollos del sexo macho de 5 a 12 años de edad, el total de la población de equinos (n=60) fue dividido en 2 grupos de estudio caballos criollos de carrera (n=30) y caballos criollos de campo (n=30). Los datos obtenidos de los signos vitales se tomaron en horas de la mañana; de la misma manera, las muestras sanguíneas que posteriormente fueron procesadas en el laboratorio, la base de datos obtenida a partir de la investigación fue analizada estadísticamente (ANOVA). Al realizar la comparación de los resultados de las variables analizadas entre ambos grupos de estudio se determinó que no existe diferencia significativa ($p>0.05$) de los niveles basales de la glucosa, teniendo valores promedio \pm DS de 107.67 ± 20.55 , 93.36 ± 18.88 y 105.14 ± 20.93 mg/dL para caballos criollos de carrera y 103.58 ± 13.23 , 104.18 ± 15.01 y 112.71 ± 15.05 en caballos criollos de campo de los grupos A, B y C respectivamente. En cuanto a los signos vitales como la frecuencia respiratoria y temperatura rectal, no se observaron diferencias significativas ($p>0.05$) al compararlos entre nicho ecológico y grupo etario. Finalmente, la frecuencia cardíaca y frecuencia de pulso no muestran diferencia significativa entre caballos de carrera y caballos de campo; sin embargo, a la comparación dentro de los grupos etarios A, B y C se observa diferencia estadística.

Palabras clave: *caballo criollo, carrera, campo, glucosa sanguínea, signos vitales.*



ABSTRACT

The present research work was carried out in the district of Chuquibambilla - Grau, Apurímac region, with the objective of evaluating and determining the basal levels of blood glucose (mg/dL), in addition to the vital signs (respiratory rate, heart rate, frequency pulse and rectal temperature) in Creole race and field horses; Likewise, the effect of age grouped into: A (5 to 7), B (8 to 10) and C (11 to 12) years were evaluated. We worked with 60 Creole horses of the male sex from 5 to 12 years of age, the total equine population (n=60) was divided into 2 study groups: Creole race horses (n=30) and Creole field horses. (n=30). The data obtained from the vital signs were taken in the morning hours; in the same way, the blood samples that were subsequently processed in the laboratory, the database obtained from the investigation was statistically analyzed (ANOVA). When comparing the results of the variables analyzed between both study groups, it was determined that there is no significant difference ($p>0.05$) in the basal glucose levels, with mean values \pm SD of 107.67 ± 20.55 , 93.36 ± 18.88 and 105.14 ± 20.93 mg/dL for Creole race horses and 103.58 ± 13.23 , 104.18 ± 15.01 and 112.71 ± 15.05 in Creole field horses of groups A, B and C respectively. Regarding vital signs such as respiratory rate and rectal temperature, no significant differences were observed ($p>0.05$) when comparing them between ecological niche and age group. Finally, heart rate and pulse rate do not show a significant difference between racehorses and field horses; however, when compared within age groups A, B and C, a statistical difference is observed.

Keywords: *Creole horse, race, field, blood glucose, vital signs.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

El rendimiento atlético de un caballo de carrera es el resultado de un buen funcionamiento y coordinación de los sistemas del organismo, tales como el cardiovascular, hematológico, respiratorio y músculo-esquelético; la función adecuada de las rutas metabólicas proporciona energía y de esa manera generar fuerza muscular durante el ejercicio, todo esto va a depender de la interacción compleja de esos sistemas corporales. Asimismo, el rendimiento máximo va a requerir que esos sistemas mencionados anteriormente trabajen cerca de sus límites fisiológicos (6). Se ha demostrado que ocurre hipoxemia arterial inducida por el ejercicio, la desaturación de hemoglobina y la hipercapnia en caballos que realizan ejercicio intenso (7) (8).

La glucosa es el carbohidrato monosacárido más importante del metabolismo en los mamíferos, contribuye como factor predictivo de patologías de tipo metabólico asociadas a la vida del caballo atleta. “La mayoría de los carbohidratos de la dieta son absorbidos hacia la sangre en forma de glucosa, obtenida a partir de los almidones de la dieta y los disacáridos, aunque algunos otros azúcares se convierten en glucosa en el hígado” (9).

“El ejercicio físico ocasiona cambios en los diferentes procesos metabólicos. Tales cambios se producen en el músculo, hígado y tejido adiposo, liberando energía para el trabajo muscular, incrementando el consumo de oxígeno, la actividad cardiaca, respiratoria y una correcta función hemodinámica. El sistema neuroendocrino está directamente relacionado en el metabolismo y en el control funcional de los



diferentes sistemas durante el ejercicio, presentando una compleja función en las adaptaciones del entrenamiento y la actividad durante la competencia” (10).

Debido a las competencias hípicas, se requiere encontrar parámetros que ayuden a monitorear el estado físico de los caballos antes de la competencia, siendo los electrolitos, valores hematológicos y sudoración, los parámetros más estudiados (11). Sorprendentemente, no ha habido informes sobre los efectos fisiológicos de una competición. Sin embargo, los estudios son importantes porque podrían ayudar a comprender las demandas metabólicas del ejercicio. Esto afirmaría en el conocimiento de evaluación del rendimiento físico y la estimación de procesos patológicos inducidos por el ejercicio (12).

El caballo actualmente sigue siendo una actividad económica importante para los pobladores de las comunidades del distrito de Chuquibambilla, sin embargo, estos caballos criollos se van extinguiendo por la introducción de otras razas caballares, así mismo no se conocen los niveles de glucosa sanguínea.

1.2. Enunciado del Problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles serán los niveles basales de glucosa sanguínea en caballos criollos de carrera (*Equus caballus*) del distrito Chuquibambilla, provincia Grau?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los niveles basales de glucosa sanguínea en caballos criollos (*Equus caballus*) de carrera y caballos criollos de campo?
- ¿Cuáles es la variación de los niveles basales de glucosa sanguínea en caballos criollos (*Equus caballus*) de carrera y caballos criollos de campo por edades (5 a 7, 8 a 10 y 11 a 12 años)?
- ¿Cuál es la frecuencia respiratoria, frecuencia cardiaca, frecuencia de pulso y temperatura rectal en caballos criollos (*Equus caballus*) de carrera y caballos criollos (*Equus caballus*) de campo?



1.2.3. Justificación de la investigación

El nivel de glicemia es un parámetro importante para el clínico dedicado a la medicina equina, especialmente en las unidades de cuidados de estos animales en las cuales es un parámetro crítico como indicador pronóstico, por lo que es necesario tener parámetros de referencia precisos que ayuden a la toma de decisiones en situaciones en la que la salud de los animales se encuentre vulnerable.

Del mismo modo, los signos vitales de los equinos al igual que otras especies animales; son fundamentales para reconocer el estado de salud en el que se encuentra, ya que conociendo los parámetros normales el responsable profesional puede determinar si el animal se encuentra saludable, también poder definir la capacidad y rendimiento físico que posee el caballo. El caballo criollo es una especie doméstica sumamente importante utilizado en el transporte de productos en diversas zonas rurales donde todavía no existe acceso de carreteras; únicamente se utilizan trochas carrozables o caminos de herradura siendo de mucho servicio para aquellas personas que están directamente relacionados con los caballos.

Esta investigación nos permitió conocer los niveles de glucosa sanguínea en caballos criollos del distrito de Chuquibambilla, con dos diferentes nichos ecológicos; así mismo, el conocimiento de tales resultados constituye la información fundamental para la medicina equina y el médico veterinario, dado que, no se han realizado trabajos para establecer parámetros de los niveles de glucosa en esta especie. Los resultados que el presente estudio proporciona serán una base fundamental para realizar más investigaciones en equinos de nuestra región, consecuentemente se logrará determinar y establecer los parámetros normales de los niveles de glucosa sanguínea, así como también de los signos vitales en las condiciones climáticas y ambientales que ofrece nuestro departamento.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos de la investigación

2.1.1. Objetivo general

Estimar los niveles basales de glucosa sanguínea en caballos criollos de carrera (*Equus caballus*) y en caballos criollos de campo del distrito Chuquibambilla, provincia Grau.

2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar y comparar los niveles basales de glucosa sanguínea en caballos criollos (*Equus caballus*) de carrera y en caballos criollos de campo.
- Determinar y comparar los niveles basales de glucosa sanguínea en caballos criollos (*Equus caballus*) de carrera y caballos criollos de campo por edades (5 a 7, 8 a 10 y 11 a 12 años).
- Evaluar la frecuencia respiratoria, frecuencia cardiaca, frecuencia de pulso y temperatura rectal en caballos criollos (*Equus caballus*) de carrera y caballos criollos de campo.



2.2. Operacionalización de variables

Tabla 1. Variables de estudio

Variable	Dimensiones	Indicador
Independiente:		
Caballo criollo	Nicho ecológico	Carrera Campo
Edad	Número de animales por grupo etario	Grupo A: 5 – 7 años Grupo B: 8 – 10 años Grupo C: 11 - 12 años
Dependiente:		
Niveles basales de glucosa	Bajo	< 80 mg/dL
	Normal	80-120 mg/dL
	Alto	> 120 mg/Dl
Signos vitales	Frecuencia respiratoria	Resp/min
	Frecuencia cardiaca	Lat/min
	Frecuencia de pulso	Pul/min
	Temperatura rectal	°C

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1. Antecedentes

- a) En una investigación realizada en Lima, se determinaron 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 y 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 (T_1) y 4 horas después de haber finalizado el ejercicio (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 ($p < 0.05$). Al comparar la cinética de los valores sanguíneos de glucosa, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los valores de los tres tiempos de evaluación, siendo los valores más altos los obtenidos en $T_1 = 188.87$ mg/dL, seguido por el $T_2 = 115.00$ mg/dL y el $T_0 = 95.90$ mg/dL. 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. (13).

- b) En una investigación sobre los niveles de glucosa sanguínea mediante el método de medición de bioquímica sanguínea y por el método de glucómetro en Caballos Pura Sangre de Carrera (PSC) del Hipódromo de Monterrico de Lima; se utilizaron 90 caballos PSC machos y hembras entre 2 a 8 años de edad, obteniendo de cada animal una muestra de 3 ml de sangre entera la cual fue transferida a un tubo vacutainer EDTA-F glucosa. Los resultados de los niveles de glucosa sanguínea obtenidos fueron: 87.57 mg/dL para el método de medición



por glucómetro y 96.40 mg/dL para la técnica de medida por bioquímica sanguínea (14).

- c) En un estudio que se desarrolló en el municipio de Ciudad Bolívar en Colombia, se evaluaron los niveles de glicemia en muestra de sangre periférica mediante un glucómetro portátil, fueron evaluados 29 potros neonatos hijos de yeguas estabuladas; se realizaron mediciones antes de la primera lactancia (T0) y tres mediciones más con intervalos de tres horas. (T3, T6 y T9). Se determinaron los intervalos de confianza para la media poblacional y se realizó una comparación entre sexos, también se determinó una ecuación de regresión para la predicción de la glucosa según el tiempo de medición. Se determinó que al T0 se presentó una media de $81,76 \pm 9,25$ mg/dL, para el T3 fue de $88,97 \pm 11,73$ mg/dL, para el T6 de $112,31 \pm 16,52$ mg/dL y para el T9 fue de $118,52 \pm 13,59$ mg/dL. La ecuación de regresión polinómica fue $\text{Glucosa} = 80,27 + 1,617 \text{ tiempo}^2 - 0,127 \text{ tiempo}^3$ ($R^2 = 0,58$) (15).
- d) En una investigación colombiana, se establecieron los valores de referencia de diferentes metabolitos séricos de Burras Criollas en condiciones de pastoreo en el trópico bajo colombiano. Se tomaron muestras sanguíneas de 18 asnas criollas adultas, clínicamente sanas, en las que se determinó estadística descriptiva de glucosa, proteínas totales, albumina, globulinas, urea, colesterol y triglicéridos. Las medias estimadas fueron: glucosa $65,88 \pm 17,40$ (mg/dL), albumina $3,22 \pm 0,31$ (g/dL), proteínas totales $6,65 \pm 0,55$ (g/dL), globulinas $3,49 \pm 0,56$ (g/dL), urea $45,35 \pm 13,92$ (mg/dL), colesterol $40,86 \pm 40,12$ (mg/dL) y triglicéridos $96,37 \pm 51,52$ (mg/dL) (16).
- e) En una investigación se evaluaron 115 equinos de Paso Fino Colombiano, entre 43 y 78 meses de edad, seleccionados de los criaderos asociados a la Federación Colombiana de Asociaciones Equinas (Fedequinas). El pH, frecuencia cardíaca y frecuencia respiratoria fueron tomadas en reposo (T0), a los 45 minutos de ejercicio (T1) y a los 60 minutos luego del ejercicio (T2). Todo esto para determinar los valores promedios de la frecuencia cardíaca, respiratoria y pH. De igual forma discutir si existen diferencias de estos parámetros entre machos



y hembras en los diferentes tiempos de entrenamiento. La frecuencia cardiaca en T0 fue de 49,44 lpm, similar a los observados en equinos Holsteiner y caballos criollos chilenos de rodeo. El valor de la misma constante en T1 fue 132,231 lpm, dato parecido al de equinos criollos chilenos y en T2 retorno a un valor cercano al de reposo con 52,17 lpm. Aunque este último valor no es registrado con frecuencia en muchas investigaciones, los valores encontrados fueron superiores a los reportados por otros autores. Los valores de frecuencia cardiaca entre machos y hembras no tuvieron diferencias significativas, aunque los machos presentaron una mejor tasa de recuperación de la frecuencia post-ejercicio (T2= 49,49 lpm en machos y 53,81 lpm en hembras). De igual forma, la constante respiratoria no presentó ninguna diferencia entre los sexos. Sin embargo, los valores promedio de la frecuencia respiratoria (Respiraciones por minuto: R/m) variaron notoriamente (T0=17,11 R/m, T1= 98,72 R/m y T2=24,66 R/m. (17).

- f) En otra investigación se encontró que realizaron una serie de ensayos para determinar los parámetros fisiológicos básicos, sus cambios diurnos y la respuesta al ejercicio en caballos exóticos criados en el sur de Asia - Sri Lanka. Para el estudio se utilizaron treinta y dos caballos sanos (9 pura sangre y 23 Selle Fransiasis) de la División Montada de la Policía de Sri Lanka en Colombo, Kandy y Nuwara Eliya. Frecuencia cardíaca (HR), frecuencia respiratoria (RR) y temperatura rectal (RT) de caballos individuales a etapa de reposo (T0) en tres ubicaciones se obtuvieron a intervalos de una hora durante períodos de 24 horas. Se midieron la temperatura ambiental (ET) y la humedad relativa (RH) simultáneamente. Se midieron la RT, la FC y la RR individuales durante 21 días, justo después de completar el siguiente régimen de ejercicio continuo (T1 a T4) o deber de tráfico (T5): T1: 0800-8010 hwalking (velocidad 100 m / min); T2: 0812-0822 h-trote (velocidad 250 m / min); T3: 0824-0834 galope (velocidad 350 m / min); T4: 0836-0900 h-desfile (100 m / min) y T5: 0800-0930 servicio de tráfico. Los caballos se mantuvieron en el establo después del ejercicio / servicio de tráfico y se bañaron de 10.30 a 11.00 h. La RT, la FC y la RR se midieron a las 1000 h y 1100 h en el momento de la estabilización (T6) y bañarse (T7). Los datos se analizaron mediante procedimientos de correlación, regresión



y GLM. Media general \pm DE los valores de RT, RR y FC en reposo fueron $101,0 \pm 1,3$ °F, $30,3 \pm 23,5$ y $35,6 \pm 8,6$ latidos / min, respectivamente. La RT, la RR y la FC en reposo variaron durante el día, lo que significa que la $ET > 75^\circ\text{F}$ fue térmicamente desafiantes. La RT, la RR y la FC aumentaron ($p < 0,05$) al aumentar la intensidad del ejercicio. El galope y el tráfico tuvieron los efectos más profundos. La estabilidad y el baño redujeron ($p < 0,05$) la RT, la RR y la FC, pero no a los niveles previos al ejercicio. Es necesaria una estrecha vigilancia de los índices fisiológicos en los caballos durante el galope y el tráfico en $ET > 75^\circ\text{F}$ (18).

- g) En otro estudio plantearon que las variables fisiológicas derivadas V2 y V4 (velocidad para alcanzar una concentración de lactato en sangre de 2 y 4 mmol / l, respectivamente), FC2 y RRHH4 (frecuencia cardíaca correspondiente) y V200 (la velocidad para una frecuencia cardíaca de 200 latidos / min) mejoraría con el estado de entrenamiento y edad, en French Trotters. Se siguió un total de 194 French Trotters de un establecimiento de entrenamiento durante 6 años y se realizaron 1105 pruebas de ejercicio de campo estandarizadas en una pista de entrenamiento de arena. Los caballos se dividieron en 6 grupos de edad (de 1 a 6 años) y 4 grupos de entrenamiento (inicio, entrenamiento de resistencia, entrenamiento de velocidad, carreras). Se realizó un análisis de varianza de 2 vías para evaluar los efectos de la edad, el entrenamiento y la interacción de la edad y el entrenamiento en estas variables fisiológicas con el nivel de significación estadística establecido en 5%. Los resultados mostraron que hubo una influencia significativa de la edad en la FC4, V2, V4 y V200, con estas variables aumentando con la edad. Además, hubo una influencia significativa del entrenamiento y tanto la edad como el entrenamiento en V2, V4 y V200, con estas variables aumentando con el entrenamiento y la edad. Estos resultados obtenidos en un estudio longitudinal en un ambiente de campo reproducible, son consistentes con estudios experimentales previos basados en laboratorio (19).

3.2. Marco teórico

3.2.1. Caballo criollo

El caballo criollo altoandino está presente en la serranía peruana y como tal se ha adaptado a la geografía; su alzada es baja, con una configuración fuerte que le permiten soportar la presión del trabajo, en especial en el arreo de ganado, subiendo y bajando las empinadas montañas tantas veces como sea necesario con su jinete, hay que entender que su fortaleza se basa en su forma rustica de vida con poca alimentación al igual que vivir entre los 2,000 hasta los 5,800 msnm los ha hecho grandes (20).

“Los caballos se clasifican como herbívoros o consumidores de fibra, es decir son animales de pastoreo con sistemas digestivos diseñados para el consumo constante de alimentos de origen vegetal y a diferencia de la mayoría de otros herbívoros, el sistema digestivo del caballo es considerado monogástrico” (21). Los caballos criollos en la región Apurímac pertenecen a un sistema de crianza extensiva; no existiendo un manejo adecuado en cuanto a la alimentación y reproducción. Se alimentan básicamente de pastos naturales de las zonas alto andinas como gramíneas de bajo contenido nutricional, aunque ocasionalmente se les ofrece forrajes cultivados.

3.2.1.1. Población de equinos en el Perú

El Perú en el año 2012, contaba con una población total de 597 969 equinos entre potros, yeguas y caballos. En el departamento de Apurímac se registró 88 178 equinos, la cual lidera a otras regiones del país en la población de ésta especie, el departamento de Cusco se ubica en segundo lugar con 73 075 equinos, en tercer lugar se encuentra el departamento de Cajamarca con 72 684 equinos, posterior a ellos se encuentran los departamentos de Huánuco con 42 721, La Libertad con 42 072, Ancash con 41 188, Piura con 39 380, Ayacucho con 36 850, San Martín con 26 948 y Huancavelica con 25 293 equinos (1).



3.2.1.2. Clasificación zootécnica del caballo

Se considera que existen tres periodos fundamentales en la vida de un caballo: El primero corresponde desde el nacimiento hasta los 5 años y durante este periodo el ejemplar recibe la denominación de potro o potranca según el sexo. El segundo va desde los 5 a los 13 años y entonces el ejemplar es adulto. El tercero va desde los 14 en adelante y el animal se reseña como viejo (Alomaliza, 2014).

3.2.1.3. Categorización etaria en los caballos/ rango etario en caballos

La determinación de la edad de los caballos basado en el examen de los dientes es la forma más adecuada de conocer o verificar la edad de los caballos, aunque tengan o no registros establecidos. Es más confiable en caballos jóvenes, ya que inicialmente se observa el tipo de diente presente y la valoración de la etapa de erupción, mientras que los dientes permanentes están en función de la estimación del desgaste y la determinación de la edad depende, específicamente, de los cambios en la superficie oclusal ya sea por su rasamiento o por la manera que toman con el desgaste (23).

3.2.1.4. Clasificación taxonómica del caballo

Algunos investigadores mencionan que el caballo fue domesticado a partir del tarpán, el *Equus ferus ferus*, que habitaba en las estepas de Europa oriental, Sur de Rusia y Ucrania; el mismo se extinguió como caballo salvaje en Ucrania a finales del siglo XIX. Sin embargo, otros especialistas, mantienen que el origen del caballo fue el *Equus ferus perzewalskii*, único caballo salvaje, también originario de las estepas euroasiáticas, que pervive en la actualidad (24)



Según Alvares y Medellín (25); el caballo (*Equus caballus*), es un herbívoro de gran porte, cuello largo y arqueado, poblado por largas crines, dentro de la escala taxonómica se clasifica en:

Reino: Animalia
Subreino: Eumetazoa
Filo: Chordata
Subfilo: Vertebrata
Clase: Mammalia
Superclase: Gnathostomata
Orden: Perissodactyla
Suborden: Hippomorpha
Familia: Equidae
Género: Equus
Especie: caballus

3.2.2. Glucosa

La glucosa es un monosacárido con fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$. Es una hexosa, contiene 6 átomos de carbono, y está constituida por el grupo carbonilo (es un grupo aldehído) (26). “Es la fuente primaria de síntesis de energía de las células mediante su oxidación catabólica, teniendo como componente principal polímeros de importancia estructural como la celulosa que se convierte a otros carbohidratos con una función específica como glucógeno para el almacenamiento energético” (27).

Después de la absorción los niveles plasmáticos de glucosa incrementan y de esta manera estimulan la secreción de insulina por el páncreas. Tanto la hiperglucemia como la hiperinsulinemia suprimen la producción hepática de glucosa y estimulan el ingreso de glucosa en el hígado, tejido adiposo y músculo para restaurar la normoglicemia (28).

“Este representa el combustible metabólico básico durante los periodos de nutrición adecuada de animales monogástricos, la glucosa tiene un



significado importante, ya que en cualquier situación es el único consumido por el sistema nervioso central, por lo tanto, el mantenimiento de un aporte continuo de este azúcar es de primordial importancia para el organismo, siendo la glucosa el combustible principal para los tejidos. En estados posteriores a la absorción o después del ayuno, los niveles de insulina son bajos y ocurre un mayor ingreso de glucosa en los tejidos que no son sensibles a la insulina; este ingreso se corresponde principalmente con la producción endógena de glucosa por el hígado y en menor medida por el riñón” (29).

3.2.2.1. Examen de glucemia

Es un examen que mide la cantidad de glucosa en una muestra de sangre. La glucosa es una fuente importante de energía para la mayoría de las células del cuerpo, incluyendo a las del cerebro. Los carbohidratos que se encuentran en los frutos, los cereales y productos lácteos, se absorben rápidamente convirtiéndose en glucosa. Las hormonas producidas en el cuerpo ayudan a controlar el nivel de glucosa en la sangre (30).

3.2.2.2. Absorción de glucosa en tejido periférico

Diversos transportadores de glucosa están involucrados en el almacenamiento de glucosa en el tejido musculo esquelético y en el tejido adiposo. El GLUT 1 se expresa a niveles bajos en la membrana plasmática de las células de musculo esquelético y es responsable del ingreso de bajos niveles de glucosa independiente de insulina en condiciones basales en caballos. El depósito de glucosa dependiente de insulina es principalmente facilitado por GLUT4, y también parcialmente por GLUT12 en humanos y en caballos (28).

El depósito de glucosa en el musculo esquelético y tejido adiposo es estimulado por concentraciones incrementadas de insulina a través del receptor de insulina, lo cual conduce a la translocación de GLUT4 intracelular a la superficie celular. La expresión de GLUT 4 difiere entre



tejido muscular y adiposo, así como la localización del tejido adiposo y del tipo de fibra muscular. La síntesis de glucosa es activada por la unión de la insulina a su receptor en la superficie celular y por la contracción muscular donde el incremento ocurre inmediatamente después del ejercicio (31).

La ingestión de carbohidratos aumenta la concentración de glucosa en sangre, lo cual estimula a las células beta de los islotes de Langerhans del páncreas y produce la liberación de insulina. Esta hormona favorece el transporte de glucosa al interior celular disminuyendo su concentración en sangre (32).

3.2.2.3. Control endógeno de la glucosa

En el estado postabsorción, la producción hepática es la principal fuente de suministro para mantener los niveles de glucosa sanguínea. La epinefrina y el glucagón promueven la liberación de la glucosa a partir del glucógeno y los glucocorticoides promueven la gluconeogénesis oponiéndose a la acción hipoglicémica de la insulina (33).

La remoción de la glucosa sanguínea depende de varios factores, la mayoría relacionados con la tasa de utilización, es decir todos los tejidos utilizan glucosa constantemente con propósitos energéticos o para convertirla en otros productos, como glucógeno, pentosas, lípidos o aminoácidos, de esta manera, el reflujo de glucosa desde la circulación hacia los tejidos es constante y modulado por la tasa de consumo. El nivel de glucosa también es autorregulado por su propia concentración, ya que con niveles elevados la tasa de captación de los tejidos como los músculos y el hígado aumenta. La presencia de insulina incrementa la tasa de utilización de la glucosa mediante el aumento de transporte vía GLUT4 en el músculo y tejido adiposo, o por factores diabetogénicos, que incluyen la hormona del crecimiento, el glucagón, el cortisol y la epinefrina (34).

El hígado ocupa una posición fundamental en el mecanismo de regulación de la glucosa sanguínea debido a su capacidad de reponer o remover la glucosa del sistema circulatorio, sin embargo, la mayor actividad metabólica de este órgano va dirigida a la reposición, más que a uso de la glucosa. Cuando el hígado capta a glucosa, el 25% es oxidado y convertido en lactato o CO₂ y la porción restante forma glucógeno, el cual será la fuente de glucosa aportada por el hígado durante la mayor parte del tiempo. El músculo por el contrario no posee actividad de la enzima glucosa-6-fosfatasa, por ende, no puede generar glucosa libre, y esto lo convierte en un tejido principalmente demandante de dicho nutriente (35).

Cuando la concentración de glucosa en sangre es elevada, ésta ingresa al adipocito, en donde se transforman en acetil-CoA, que se utiliza en la síntesis de ácidos grasos los cuales se almacenan en forma de triglicéridos en las vacuolas como combustible de reserva. Cuando se requiere de energía, el adipocito moviliza sus acúmulos de triglicéridos por medio de lipasas. Los ácidos grasos son liberados a la circulación para que puedan ser utilizados por otros tejidos. Esta respuesta es acelerada por la epinefrina que modula positivamente al triacilglicerol lipasa (28).

3.2.2.4. Importancia clínica del monitoreo de la glicemia

La medición de glucosa sanguínea es muy importante, ya que de ella depende el rendimiento del equino de competencia; básicamente por conversión de energía química muscular en energía mecánica, ya que los carbohidratos en la forma de glucógeno muscular son la fuente de energía para el glicólisis anaeróbico durante el ejercicio vigoroso en seres humanos y en caballos (36).

3.2.2.5. Plasma sanguíneo

El plasma es la fracción líquida y acelular de la sangre, se obtiene al dejar a la sangre desprovista de células como los glóbulos rojos y los glóbulos



blancos. Está compuesto por un 90% de agua, un 7% de proteínas, y el 3% restante por grasa, glucosa, vitaminas, hormonas, oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno, además de productos de desecho del metabolismo como el ácido úrico. A estos se les pueden añadir otros compuestos como las sales y la urea. Es el componente mayoritario de la sangre, representando aproximadamente el 55% del volumen sanguíneo total, mientras que el 45% restante corresponde a los elementos formes (tal magnitud está relacionada con el hematocrito (37).

El remanente del plasma sanguíneo es el suero, una vez consumidos los factores hemostáticos por la coagulación de la sangre. El plasma es salado, arenoso y de color amarillento traslúcido. Además de transportar los elementos formes, mantiene diferentes sustancias en solución, la mayoría de las cuales son productos del metabolismo celular. La viscosidad del plasma sanguíneo es 1,5 veces la del agua. El plasma es una de las reservas líquidas corporales. El total del líquido corporal (60% del peso corporal; 42 L para un adulto de 70 kg) está distribuido en tres reservas principales: el líquido intracelular (21-25 L), el líquido intersticial (10-13 L) y el plasma (3-4 L). El plasma y el líquido intersticial en conjunto hacen al volumen del líquido extracelular (14-17 L) (Breves & Engelhardt, 2004).

3.2.2.6. Fisiología de la glucosa

Las funciones del glucagón se oponen a las de la insulina al estimular la gluconeogénesis e inhibir la glucogénesis. Esta es una de las hormonas necesitadas para la movilización de sustratos y por ende aumenta durante el ejercicio (39). Como las demás hormonas, el glucagón es importante para mantener las concentraciones de glucosa durante el ejercicio, un rol bastante relevante durante las actividades de enduro, donde la disminución en la glicemia favorece la presentación de fatiga central. El incremento en las concentraciones de glucagón también está determinado por la intensidad del ejercicio y su liberación parece estar influenciada por el sistema simpático y las catecolaminas. El entrenamiento a largo plazo al



parecer puede alterar la respuesta del glucagón al ejercicio, aumentando la capacidad de movilizar glucosa durante el mismo (40).

En estado basal, la utilización de la glucosa es de 2 mg/kg/min, de los cuales 0,8 a 1,0 mg/kg/min son metabolizados por el sistema nervioso y otros tejidos no insulino-dependientes. Al inicio del ejercicio, el músculo utiliza 20-25 mg de glucosa/kg/min aproximadamente, luego de 20-40 min de ejercicio severo, dicha utilización aumenta entre 7 a 20 veces. La tasa de utilización de este sustrato por el músculo continúa en aumento hasta un máximo, el cual aparece entre los 90-180 min (41).

Durante los ejercicios de elevada carga atlética, las principales fuentes de energía son el glucógeno muscular y la glucosa sanguínea. Con el aumento de la duración del ejercicio, hay un cambio progresivo hacia el uso de la glucosa sanguínea, ésta desciende hasta niveles de hipoglicemia. El suministro necesario de glucosa se mantiene gracias a que la producción de glucosa hepática se incrementa bajo actividad física. De la glucosa hepática, un 75% proviene de la ruptura del glucógeno hepático y el 25% restante proviene de la gluconeogénesis, pudiendo aumentar a un 45% si el ejercicio se hace más prolongado. Para que la glucosa pueda ser utilizada en los procesos mitocondriales se requiere de la presencia de oxígeno. Así, durante el ejercicio se puede observar un aumento de unas 50 veces el consumo de oxígeno (V_{O_2} Máx.) y de la ventilación pulmonar (42)

El agotamiento de las reservas de glucógeno hepático y muscular es una de las principales causas de fatiga en esfuerzos prolongados (43). Esta aparece cuando los mecanismos de suministro de energía hacia los músculos se agotan. Estos equinos pueden sufrir hipoglicemia durante o al final del ejercicio, muchas veces enmascarada por signos de alteración hídrica y electrolíticas (42).

La hipoglicemia agravaría la fatiga muscular al limitar el aporte de sustratos energéticos al músculo, y daría lugar a fatiga central por déficit



de este compuesto a nivel encefálico, pudiendo provocar ataxia, depresión y coma (44). Al igual que en el equino de resistencia, en atletas maratonistas también se han descrito signos similares, tales como contracciones musculares, palidez extrema, piel húmeda y fría, irritabilidad nerviosa e incluso colapso y pérdida del conocimiento, debido a hipoglicemia marcada. Estos signos aparecen de forma repentina, sin motivo aparente, dando el nombre en inglés “hit the wall” o “golpear el muro” (45). Dicha manifestación aparece cuando el atleta agota sus reservas de glucógeno, alrededor de los 32-34 km (3-4 horas de competencia), obviamente teniendo en cuenta las diferencias individuales tales como la densidad de lamasa muscular relativa de la pierna, el hígado y el glucógeno muscular, y la velocidad de carrera (46).

3.2.2.7. Fisiopatología de la glucosa

Normalmente la glucosa es metabolizada por las células para producir energía en forma de adenosín trifosfato (ATP). La glucosa es obtenida a partir de los alimentos que se ingieren en la dieta, para posteriormente ser distribuida a través de la sangre a todas las células que conforman los órganos y los tejidos. En los mecanismos de regulación del metabolismo de la glucosa, participan dos hormonas secretadas por el páncreas: la insulina y el glucagón.

La principal función de la insulina es disminuir el nivel de glucosa en el plasma sanguíneo, a través de la activación de los receptores transportadores de glucosa, los que incorporan glucosa al citoplasma para ser degradada y obtener energía; este mecanismo es activado en estadio postprandial. Por otro lado, la función principal del glucagón es la de estimular la degradación del glucógeno almacenado para obtener glucosa; cuando se presentan bajos niveles en plasma, como sucede en el ayuno prolongado.



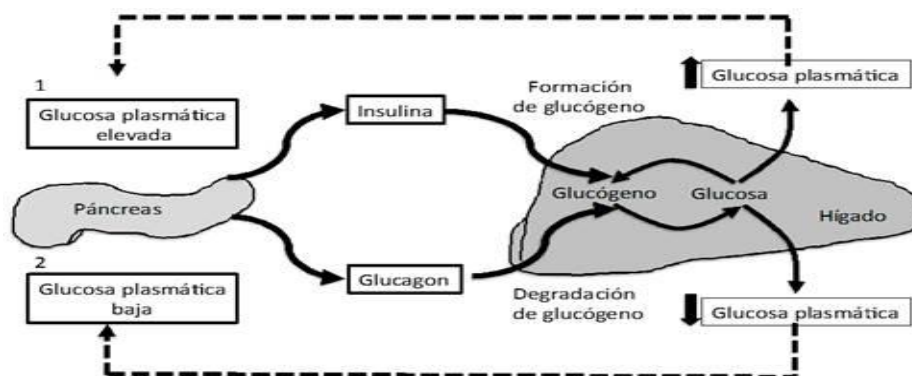


Figura 1. Mecanismos de regulación del metabolismo de la glucosa a través de la insulina y el glucagón.

La diabetes mellitus está denominada como una de las enfermedades metabólicas, cuya particularidad principal es la hiperglucemia en plasma, ocasionada por defectos en la secreción o acción de la insulina; por lo tanto la hiperglucemia es resultado de que el organismo no logra regular la cantidad de glucosa en la sangre, debido a que el páncreas no produce insulina suficiente o las células de tejidos y órganos blanco; y no responden de manera normal a esta hormona (47).

3.2.2.8. Absorción de glucosa

En el intestino delgado del caballo existen dos tipos de transportadores de glucosa independientes de insulina y la tasa de absorción de glucosa puede ser regulada dependientemente del contenido de carbohidratos en la dieta ya que tanto el SGLT1 y GLUT2 aumentan en respuesta a un incremento de carbohidratos hidrosolubles en la dieta y a un mayor aporte de alimentos concentrados (28).

La glucosa sanguínea es suministrada por la absorción intestinal de la dieta o por su producción hepática a partir de los carbohidratos (glucógeno, fructuosa, galactosa) y aminoácidos (gluconeogénesis). El proceso de absorción varía dependiendo del grado de actividad hormonal sistémica, siendo el caso de las hormonas tiroideas, y de la actividad hormonal

gastrointestinal (secretina). Todas las condiciones que afecten los procesos digestivos gastrointestinales, como la acidez, las enzimas digestivas o enfermedades, afectarán sustancialmente la absorción de glucosa, haciendo importante la evaluación de la glicemia (48).

Se han identificado dos clases de proteínas transportadoras de glucosa en las células de los mamíferos. La SGLT1 (cotransportador de alta afinidad, baja capacidad, Na⁺/glucosa tipo 1), que se encuentra presente en las células de la mucosa del lumen intestinal y en el túbulo contorneado proximal del riñón, y las GLUT (facilitadoras del transporte de glucosa). La SGLT1 se encarga principalmente del transporte de D-glucosa y D-galactosa a través de la membrana epitelial del borde de cepillo en contra del gradiente de concentración gracias al transporte activo del Na⁺ y a la bomba Na⁺/K⁺/ATPasa. Los azúcares se acumulan dentro de los enterocitos y son llevados bajo gradiente hacia la circulación sistémica principalmente por el transportador GLUT2 en el intestino (28).

Los transportadores clase I, que incluyen las isoformas GLUT 1-4, facilitan el transporte de glucosa a través de la membrana plasmática por gradiente, hacia el interior o exterior de todas las células del organismo. El GLUT1 se encuentra expresado en las células endoteliales cerebrales, placentarias y testiculares; el GLUT2 se encuentra en el hígado, intestino delgado, riñón y células pancreáticas B; el GLUT 3 es el principal transportador de glucosa en las células parenquimatosas del cerebro; y el GLUT4 está presente principalmente en los tejidos dependientes de las señales de insulina, incluyendo el tejido adiposo, el músculo cardíaco y esquelético (31).

Los transportadoras clase II GLUT5, se encargan del transporte de fructuosa y están presentes principalmente en el intestino delgado, y en menor cantidad en el riñón, cerebro, musculo, tejido adiposo, testículos y espermatozoides. Los demás transportadores clase II, GLUT9 y 11, y los de clase III, GLUT 8, 10 y 12, al parecer son específicos para ciertos



tejidos y células de manera similar a los de clase I. la estructura y función de los GLUT 6-12 requieren mayor investigación (28).

El mayor sitio de absorción de glucosa en los equinos es el intestino delgado proximal, especialmente en el duodeno, seguido del yeyuno e íleon (33).

3.2.2.9. Utilización de nutrientes durante la absorción

Durante la absorción se desarrollan procesos metabólicos en el hígado y los órganos periféricos que convierten los nutrientes en moléculas almacenables y cuando se ingiere alimento, empieza la secreción de insulina incluso antes de que se alcance la máxima cantidad de glucosa absorbida (26).

La cantidad de glucógeno que puede ser almacenada en el hígado es limitada y en condiciones normales es probable que nunca exceda el 10 % del peso total del órgano. La cantidad de glucógeno no es significativa si se compara con la cantidad de glucosa que el hígado capta durante la digestión y absorción de una ingesta rica en carbohidratos; por lo tanto, deben existir otros mecanismos que dispongan del exceso de glucosa, los cuales logren impedir una elevación desmesurada de sus niveles sanguíneos cuando las concentraciones de glucógeno alcancen su valor máximo, siendo la síntesis de ácidos grasos uno de estos mecanismos alternativos (26).

3.2.2.10. 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. 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 CO₂ y un H⁺. La molécula de CO₂ se libera durante la espiración, mientras que el H⁺, 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 H₂O. 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 (49).

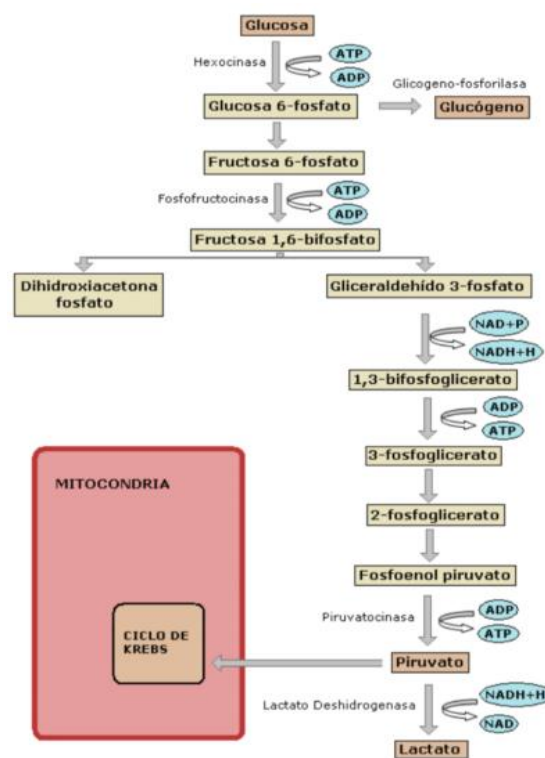


Figura 2. Proceso de Glucólisis: fase Anaeróbica

3.2.2.11. 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” (50).

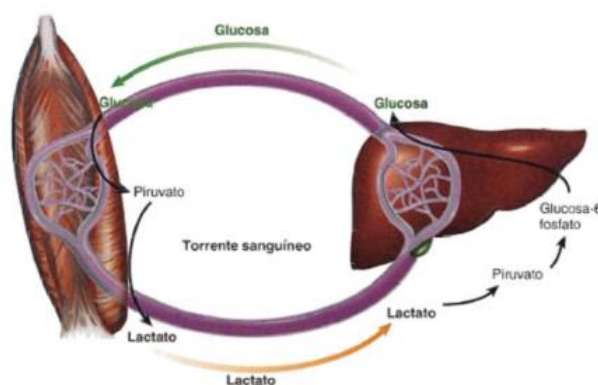


Figura 3. Diagrama del ciclo de Cori

3.2.2.12. Ciclo de Krebs

El ciclo de Krebs (de los ácidos tricarbónicos o del ácido cítrico) es una vía metabólica presente en todas las células aerobias, es decir, las que utilizan oxígeno como aceptor final de electrones en la respiración celular. En los organismos aerobios las rutas metabólicas responsables

de la degradación de los glúcidos, ácidos grasos y aminoácidos convergen en el ciclo de Krebs, que a su vez aporta poder reductor a la cadena respiratoria y libera CO₂. El catabolismo oxidativo de glúcidos, ácidos grasos y aminoácidos puede dividirse en tres etapas, de las cuales el ciclo de Krebs es la segunda. En la primera etapa, que incluye a las vías catabólicas de ácidos grasos y a la glucólisis se genera acetil-CoA (2C). Los aminoácidos pueden dar indirectamente acetil CoA, o directamente intermediarios del ciclo de Krebs. En la tercera etapa el poder reductor aportado por el ciclo de Krebs es drenado hasta el oxígeno a través de los transportadores de cadena respiratoria (NADH.H, FADH₂, CoQ y citocromos) y parte de la energía liberada se emplea en la síntesis de ATP por fosforilación oxidativa (51).

3.2.2.13. 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 CO₂ y H₂O. 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” (21).



3.2.2.14. Fosforilación oxidativa

Es la transferencia de electrones en la cadena de transporte de electrones es energéticamente favorable porque el NADH es un poderoso donador de electrones y el Oxígeno molecular es un potente aceptor de electrones. De hecho, el flujo neto de electrones desde el NADH hasta el Oxígeno resulta en la síntesis de ATP. La fosforilación oxidativa es una serie de eventos químicos que llevan a la síntesis de ATP: Es un proceso bioquímico que ocurre en las células. Es el proceso metabólico final (catabolismo) de la respiración celular, tras la glucólisis y el ciclo del ácido cítrico. De una molécula de glucosa se obtienen 38 moléculas de ATP mediante la fosforilación oxidativa. Dentro de las células, la fosforilación oxidativa se produce en las membranas biológicas. En procariontes es la membrana plasmática y en eucariotes es la membrana interna de las dos de que consta la mitocondrial. El NADH y FADH₂, moléculas donadoras de electrones que "fueron cargadas" durante el ciclo del ácido cítrico, se utilizan en un mecanismo intrincado (que implica a numerosas enzimas como la NADH-Q reductasa, el citocromo c oxidasa y el citocromo reductasa), gracias a la bomba H⁺ que moviliza los protones contra un gradiente de membrana (52).

3.2.2.15. Metabolismo hormonal de los carbohidratos

3.2.2.15.1. Insulina

La insulina es una hormona polipeptida formada por 51 aminoácidos y producida por el páncreas, también es considerada una hormona anabólica por excelencia ya que permite disponer a las células del aporte necesario de glucosa para los procesos de síntesis con gasto de energía. De esta manera, mediante glucólisis y respiración celular se obtendrá la energía necesaria en forma de ATP (29).

Esta hormona ayuda a que los azúcares obtenidos a partir del alimento ingerido lleguen a las células del organismo para



suministrar energía, siendo la insulina liberada por las células beta del páncreas cuando el nivel de glucosa en sangre es alto. En medida que aumenta el aprovechamiento metabólico del nutriente dará como resultado una mayor oxidación e hipoglicemia. Sin embargo, durante el ejercicio los músculos activos son capaces de captar glucosa sin requerir la insulina (33).

La insulina disminuye la producción y liberación de glucosa, además de la glucogenólisis en el hígado, la glucogenólisis es el proceso mediante el cual se degrada el glucógeno a glucosa o glucosa 6-fosfato y ocurrirá cuando el organismo requiera un aumento de glucosa. La importancia de este proceso en el hígado es el aporte de glucosa a la sangre con lo que contribuye al mantenimiento de la glicemia; sin embargo, en el músculo no hay aporte de glucosa por lo tanto utiliza la glucosa proveniente de la glucogenólisis como fuente de energía que procesa durante la realización de ejercicios físicos (26).

“Para llevar a cabo la glucogenólisis son necesarias 3 enzimas citosólicas: el glucógeno fosforilasa que segmenta secuencialmente los enlaces glucosídicos para producir glucosa 1-fosfato, la fosfoglucomutasa en la que un grupo fosfato se transfiere desde la fosfoenzima activa a la glucosa 1-fosfato formando glucosa 1,6-bifosfato la cual fosforila nuevamente a la enzima para producir glucosa 6 fosfato siendo la que puede hidrolizarse a glucosa en el hígado o seguir vía glucolítica, y por último la glucosa transferasa alfa 1-4 y la amilo 1,6 glucosidasa” (29).

Por otro lado, la glucogenólisis es antagónica de la glucogenogenesis donde tiene lugar la síntesis de glucógeno a partir de la glucosa 6-fosfato. Se lleva a cabo principalmente en el hígado y en menor medida en el musculo, y es activado por la insulina en respuesta a



los altos niveles de glucosa que puede ocurrir posteriormente a la ingesta de alimentos con carbohidratos (31).

3.2.2.15.2. Glucagón

El glucagón es una hormona peptídica de 29 aminoácidos que actúa en el metabolismo del glucógeno. Tiene un peso molecular de 3.485 Dalton. Esta hormona es sintetizada por las células α del páncreas (en lugares denominados islotes de Langerhans) (29).

“Las funciones del glucagón se oponen a las de la insulina al estimular la gluconeogénesis e inhibir la glucogénesis. Esta es una de las hormonas necesitadas para la movilización de sustratos y por lo tanto aumenta durante el ejercicio. Como las demás hormonas, el glucagón es importante para mantener las concentraciones de glucosa durante el ejercicio, un rol bastante relevante durante las actividades de los equinos de carrera, donde la disminución en la glicemia favorece la presentación de fatiga central. El incremento en las concentraciones de glucagón también está determinado por la intensidad del ejercicio y su liberación parece estar influenciada por el sistema simpático y las catecolaminas. El entrenamiento a largo plazo al parecer puede alterar la respuesta del glucagón al ejercicio, aumentando la capacidad de movilizar glucosa durante el ejercicio” (33).

3.2.2.15.3. Adipoquinas

“Es una hormona secretada por los adipocitos y regula el metabolismo energético del organismo, ya que estimula la oxidación de ácidos grasos, reduce los triglicéridos plasmáticos y mejora el metabolismo de la glucosa mediante un aumento de la sensibilidad a la insulina. Los niveles de adinopectina se encuentran disminuidos en animales obesos y resistentes a la insulina, la adinopectina

disminuye la producción de glucosa hepática en el hígado, mejora la sensibilidad a la insulina en el músculo e incrementa la oxidación de ácidos grasos libres” (53).

3.2.2.16. Metabolismo basal de la glucosa

El metabolismo basal se define como la energía necesaria para la conservación de diversas actividades celulares, fundamentalmente para el mantenimiento de la vida como son: la conservación de la temperatura corporal, la realización de un trabajo mecánico, la transmisión de impulsos nerviosos, el transporte de sustancias y la realización de otros procesos fisiológicos esenciales. Esto implica múltiples reacciones bioquímicas secuenciales y coordinadas para generar la energía requerida por dichos procesos. Las células y los tejidos son sistemas abiertos e intercambian energía constantemente con el medio; la energía química potencial de los nutrientes básicos como; carbohidratos, grasas y proteínas, se transforma metabólicamente en energía mecánica para que de esta manera el organismo pueda utilizar (34).

Las principales fuentes de energía en el caballo son la glucosa y los ácidos grasos, y la eficiencia con la cual estos sustratos proporcionan energía es mejor en animales que se encuentran bajo un programa regular de entrenamiento de resistencia, tanto en reposo como durante el ejercicio. En términos generales los ácidos grasos volátiles proveen más energía que la glucosa, pero su metabolismo es más lento, así que, en reposo, una tercera parte de las necesidades energéticas en el equino son cubiertas por la oxidación de los carbohidratos y las dos terceras partes restantes son cubiertas por la oxidación de la grasa (33).

La mayor parte de los carbohidratos consumidos se absorben en el intestino delgado y una vez en la sangre, la glucosa puede depositarse en el hígado como glucógeno, el cual será utilizado para suministrar glucosa al organismo mediante glucogenólisis, según las necesidades de los tejidos

extrahepáticos; también puede ir al músculo esquelético y al corazón para producir energía mediante glucólisis, sobre todo cuando los depósitos de glucógeno están reducidos, por ejemplo, en el ayuno o puede ser metabolizada en el sistema nervioso, el riñón, o los glóbulos rojos inmediatamente. La regulación de la glicemia es algo complejo y requiere de la participación de varias hormonas; la insulina, el glucagón y hormonas tiroideas las cuales secretan coordinadamente en periodos de inactividad física para mantener la glicemia constante (34).

“El caballo solo mantiene una baja cantidad de glucosa de reserva aproximadamente hasta el 1% de su peso corporal, así que cuando los depósitos hepáticos y musculares de glucógeno están llenos, los carbohidratos adicionales aportados en la dieta son transformados en grasas y depositados en el tejido adiposo. La razón de esto es debido al mayor rendimiento energético de las grasas, el caballo puede almacenar más energía en el tejido adiposo sin aumentar sustancialmente el peso corporal, constituyendo este el mayor depósito energético del organismo; motivo por el cual el caballo utiliza selectivamente los ácidos grasos volátiles como fuente de energía durante periodos de bajo nivel de actividad física como mantenerse en pie o caminar” (28).

3.2.3. Signos vitales en caballos

Las funciones vitales de los animales son parámetros cuantificables que pueden tener variaciones por influencia de la edad, sexo, etc.; Los signos vitales en los caballos están constituidos por mecanismos que regulan el organismo del animal con la finalidad de mantenerlo equilibrado con el medio ambiente. Estas variables también son útiles para monitorear los efectos del entrenamiento y evaluar el comportamiento del caballo (19).



Tabla 2. Signos vitales de equinos criollos.

Autor	Tiempo	Raza	T0		T1		T2	
			Fr C lpm	Fr R R/m	Fr C lpm	Fr R R/m	Fr C lpm	Fr R R/m
Mejía y Arias, 2008		Criollo Colombia	35,86	11,81	64,4	31,34	34,93	11,72
Dos Santos, 2006		Criollo Brasil	35,6		184,3			
Arias, 2006		Criollo Colombia	69,86		160,16			
Gómez et al., 2004		Holsteiner	40,8	10,8	74,6	65,2		
Umbarila, 2007		Criollo chileno rodeo	42		110			
Ruiz, 2011		Carrera	37,5	17,5				
Ruiz, 2011		Endurance	37,47	15,6				
Ruiz, 2011		Salto	36,93	17,16				

Adaptada de: (54) (55) (56) (57) (58) (59).

El momento óptimo para determinar los signos vitales es cuando el caballo está descansando ya que el ejercicio sube el ritmo de la respiración y el pulso (60). El ejercicio es un factor sumamente importante en la fisiología del caballo, ya que debido a la intensidad del mismo se producen muchas variaciones referentes a las constantes fisiológicas (61).

3.2.3.1. Frecuencia respiratoria

La frecuencia respiratoria es el número de movimientos respiratorios completos que se producen en una unidad de tiempo, minuto. Es uno de los signos vitales a medir en primer lugar debido a que la frecuencia puede incrementar si el animal es examinado o inicia actividad física. “Se delimita entre las costillas 9, 11 y 17 el espacio para auscultar y percudir clínicamente los pulmones, en el examen clínico se revisa la frecuencia respiratoria, la amplitud respiratoria, el tipo de respiración y el ritmo. Siempre se debe realizar en un lugar tranquilo, el examen clínico para auscultar se ubica desde el latero caudal y latero craneal en un ángulo de cuarenta y cinco grados con respecto al animal. El valor clínico normal es

de 12 respiraciones por minuto, se debe tener en cuenta para evaluar taquipnea y bradipnea” (62) (63).

Tabla 3. Media \pm desviación estándar de la frecuencia respiratoria (C/min) en cuatro diferentes tiempos de actividad (preejercicio, inmediatamente después, 15 minutos y 30 minutos posejercicio) en competencia.

Tiempo	n	Media	SD	Lím. sup	Lím. inf
0	24	20,000	81,721	23,451	16,549
1	24	72,333	20,231	80,876	63,791
15	24	40,250	18,588	48,099	32,401
30	24	27,917	14,512	34,045	21,789

(64).

Los promedios de frecuencia respiratoria en reposo durante la mañana son $24,8 \pm 3,5$ resp/min; en ejercicio se incrementan a $91,8 \pm 14,2$ resp/min aproximadamente. La frecuencia respiratoria normal en un equino adulto en reposo es 8 a 18 ciclos por minuto; se puede medir fácilmente observando a distancia o laterocaudalmente al paciente y contando el número de movimientos del tórax (65).

Tabla 4. Comparativo de frecuencias respiratorias en equinos en tres diferentes modalidades.

	Carrera	Enduro	Salto
Preejercicio (resp/min)	8 – 16 Fuente: (Kiding, 2001)	14 - 18 Fuente: (Muñoz, 2002)	08 - 12 Fuente: (Jablonska, 1991)
Posejercicio (resp/min)	34 – 48 Fuente: (Jablonska, 1991)	34 - 38 Fuente: (Ose, 2001)	62 - 67 Fuente: (Ose, 2001)

Tomada de (64).

Tabla 5. Valores de la frecuencia respiratoria en caballos de salto Holsteiner.

Constante	reposo (promedio \pm DS)	post – ejercicio (promedio \pm DS)
F. Respiratoria	$13,4 \pm 1,3$	$96,8 \pm 6,9$

(63).



3.2.3.2. Frecuencia cardiaca

El corazón y la circulación sanguínea son los elementos directamente relacionados con los cambios durante el ejercicio ya que ellos son los encargados del transporte de oxígeno desde los pulmones a los tejidos periféricos, y a mayor exigencia deportiva, mayor será el gasto cardiaco (66). Se ubica en la parte inferior izquierda del tórax, entre los espacios intercostales tres y cinco, importante para auscultación y percusión. En equinos la base cardiaca se ubica por debajo de la mitad total de tórax, pero ligeramente por encima de la cavidad torácica. El examen clínico se aplica entre el cuarto y sexto espacio intercostal (67).

La frecuencia cardiaca puede ser un excelente indicador de la intensidad del ejercicio y parece ser relativamente constante sea cual sea la edad y el estado de entrenamiento del caballo y también cualquiera que sea la pista (68). “No obstante son muy diversos los factores que pueden modificar esta frecuencia cardiaca además del ejercicio, como son el dolor, la excitación, el estado hídrico del animal o la estimulación del sistema nervioso simpático, que puede inducir aumentos de hasta 110 ppm (pulsaciones por minuto), frente a los 25 y 40 ppm de frecuencia basal, la cual fue estudiada por Hamlin, R. L. y otros en el año 1972 (69). Dicho estudio fue ratificado por Couroucé, A. y otros en el año 1999, donde determina diferentes signos útiles para obtener resultados acerca de la salud de un caballo” (19).

En general, la frecuencia cardiaca de los caballos durante el trabajo alcanza promedios máximos de 129 ± 4 lat/min en la mañana y de 137 ± 8 lat/min en la tarde, mientras que en reposo los valores promedio son 38 ± 3 y 40 ± 2 lat/min en la mañana y en la tarde, respectivamente (70).

Cano, E. (2019), indica que un caballo adulto en reposo tiene de promedio entre 28 a 48 pulsaciones por minuto, aunque es importante destacar que su condición física también puede variarlas, por ejemplo, un caballo



entrenado y en buena forma, es posible que tenga un ritmo cardíaco más bajo de lo normal, por tal motivo es de importancia realizar mediciones precedentemente para conocer a nuestro caballo (Cano, 2019).

Tabla 6. Media \pm desviación estándar de la frecuencia cardiaca (L/min) en cuatro diferentes tiempos de actividad (preejercicio, inmediatamente después, 15 minutos y 30 minutos posejercicio) en competencia.

Tiempo	N	Media	SD	Lím. sup.	Lím. inf.
0	24	41,625	11,185	46,348	36,902
1	24	127,88	25,620	138,69	117,06
15	24	56,917	12,813	62,327	51,506
30	24	47,250	10,613	51,731	42,769

(64).

Tener conocimiento respecto a la frecuencia cardiaca logra dar una idea fiable de la condición física de un caballo, ya que sus variaciones le permiten al veterinario saber cómo responde al ejercicio, como es su recuperación posteriormente y además permite obtener un indicador de la salud del animal (66).

3.2.3.3. Frecuencia de pulso

Para determinar el pulso, el caballista puede presionar sus dedos contra la arteria. Cada pulsación de la arteria es un latido de corazón. Hay varios lugares en donde se puede sentir una arteria, (60).

3.2.3.4. Temperatura rectal

El primer signo de que un caballo está enfermo se manifiesta en los cambios de actitud. Las constantes vitales normales según León (72) son:



Tabla 7. Constantes vitales en caballos.

Signos vitales	Adultos	Potros
Temperatura	37.5 – 38.2 °C	37.2 – 38.6 °C
Frecuencia cardiaca	28 – 40 p.p.min	40 – 80 p.p.min
Frecuencia respiratoria	8 -15 r.p.min	30 r.p.min

“La temperatura normal del cuerpo de un caballo es entre 99.5°F y 101.5°F (37.5°C y 38.6°C), la cual puede tener variaciones durante el día. Factores internos y ambientales pueden influir la temperatura del cuerpo; así como también el ejercicio, excitación, clima caliente, dolor y enfermedad pueden subir la temperatura de un caballo. Cuando la temperatura llega a 102°F (38.9°C), el caballo tiene una fiebre baja. Una fiebre moderada es de 104°F (40°C) y una fiebre alta es de 106°F (41.1°C). Si la temperatura sube arriba de 106°F (41.1°C), el caballo está muy enfermo. El chance de recuperación de un caballo con esta temperatura tan alta es muy bajo. Los caballos que están en shock pueden exhibir temperaturas de cuerpo bajas” (60).

Evans, D. L. en el año 1988, obtuvo la temperatura rectal media de (99,7 ± 1,7 °F) de caballos exóticos en reposo, resultados que estuvieron dentro del rango normal de 99,5-101,5 °F para los equinos (73).

3.3. Marco conceptual

- a) **Caballo Criollo:** el caballo criollo corresponde a un animal de silla, equilibrado y armónico, bien musculado y de fuerte constitución, con su centro de gravedad bajo, de buen pie y andares sueltos, ágil y rápido en sus movimientos, de carácter activo, enérgico y dócil, su característica racial está definida por su rusticidad, longevidad, fertilidad, resistencia, valentía, poder de recuperación y aptitud para trabajos ganaderos (Alomaliza, 2014).
- b) **Caballo pura sangre de carrera:** El caballo pura sangre es la raza de caballos más rápida y de las más valiosas en el mundo. Se trata de una raza mezcla de equinos diferentes, aún se conserva un registro genealógico de las primeras razas



inglesas e irlandesas. Ha sido la mayor influencia en las carreras de caballos, aportándoles mejor estética, velocidad y resistencia.

- c) **Caballo criollo de carrera:** El caballo criollo altoandino está presente en la serranía peruana y como tal se ha adaptado a la geografía; su alzada es baja, con una configuración fuerte que le permiten soportar la presión del trabajo, en especial en el arreo de ganado, subiendo y bajando las empinadas montañas tantas veces como sea necesario con su jinete, hay que entender que su fortaleza se basa en su forma rustica de vida con poca alimentación al igual que vivir entre los 2,000 hasta los 5,800 msnm los ha hecho grandes (20).
- d) **Caballo criollo de campo:** Se describe a los caballos criollos que juegan rol importante en las actividades agropecuarias tales como el arado de tierras, carga, transporte, etc.
- e) **Glucosa:** Es uno de los principales sustratos energéticos de las distintas células del organismo. Los niveles de este metabolito en sangre son regulados por un sistema fisiológico que permite mantenerlo dentro de un rango. La glucosa, es una hexosa ya que contiene 6 átomos de carbono y es una aldosa, esto es el grupo carbonilo al extremo de la molécula. Es el monosacárido más importante para todos los organismos vivos, constituyendo la principal fuente de energía. Forma parte de 0.08 – 0.1% del contenido sanguíneo de todos los mamíferos (74).
- f) **Signos vitales:** Son la cuantificación de acciones fisiológicas, como la frecuencia y ritmo cardíaco (FC), la frecuencia respiratoria (FR), la temperatura corporal (TC), la presión arterial (PA o TA) y la oximetría (OXM), que indican que un individuo está vivo y la calidad del funcionamiento orgánico. Los signos vitales normales cambian de un individuo a otro y en el mismo ser en diferentes momentos del día; pero también por las variables a referenciar más adelante. Cualquier alteración de los valores normales, orienta hacia un mal funcionamiento orgánico y por ende se debe sospechar de un estado mórbido (75).

- g) Frecuencia respiratoria:** Es el número y la amplitud de los movimientos respiratorios que son muy variables y dependen sobre todo aparte de factores como la edad, sexo y tamaño. La frecuencia respiratoria aumenta, por ejemplo, con el trabajo corporal, la elevación de la temperatura corporal exterior, inmediatamente después de la ingestión de grandes cantidades de alimento y durante la gestación. A medida que aumenta la edad y el tamaño de los animales, se observa una disminución de la frecuencia respiratoria (76).
- h) Frecuencia cardíaca:** se designa al número de ciclos o revoluciones cardíacas que se producen por minuto, este número es distinto según la especie animal que se trata, así también, los animales de pequeña talla tienen generalmente una frecuencia cardíaca notablemente más elevada que los animales corpulentos que está en correlación con la intensidad de los procesos metabólicos. La edad del animal dentro de una misma especie es otro factor que influye sobre la frecuencia cardíaca, disminuye al aumentar la edad, en animales jóvenes tiene por término medio mayor frecuencia cardíaca que los adultos, esta circunstancia se puede atribuir a un menor tono vagal en los primeros, además en estados de inquietud se produce en los animales un aumento de frecuencia cardíaca, que es consecuencia de la estimulación simpática (76) (77).
- i) Frecuencia de pulso:** Es una onda de elongación y de expansión de las paredes arteriales producida por la variación en la presión arterial, durante cada latido cardíaco (78).
- j) Temperatura:** La temperatura corporal se define como el grado de calor conservado por el equilibrio entre el calor generado (termogénesis) y el calor perdido (termólisis) por el organismo. La temperatura corporal depende de distintos factores como: la hora del día y la edad. Los animales jóvenes tienen una temperatura superior a la de los animales adultos, como consecuencia de la mayor intensidad de fenómenos metabólicos en los primeros, el sexo en líneas generales se ha observado que las hembras suelen exhibir temperaturas ligeramente superiores por término medio a las de los machos y su variación se encuentra entre 0.1 hasta 0.5 °C pudiendo llegar a 1 °C (79).

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación es no experimental por que el estudio se realiza sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observa los fenómenos en su ámbito natural para analizarlos. Es transversal debido a que los datos fueron recopilados en un momento único (80).

4.2. Diseño de la investigación

El presente trabajo de investigación se fundamenta en un diseño de investigación descriptivo, de modo que se realizó muestreo de sangre y registro de los signos vitales de cada animal correspondiente a los grupos de estudio categorizado por edades, además acorde a la actividad (nicho ecológico) que cumplen rutinariamente. Las muestras sanguíneas fueron llevadas al análisis de laboratorio, cuyos resultados de los niveles basales de glucosa sanguínea y los signos vitales de cada animal se determinaron mediante el análisis estadístico.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

El distrito de Chuquibambilla donde se realizó la presente investigación, cuenta con una población total de 3 032 equinos donde se incluyen caballos, potros y yeguas.



4.3.2. Muestra

Para el desarrollo de la presente investigación se consideró 60 caballos del sexo macho con estado de salud aparentemente normal; esta población de animales tuvo de 5 a 12 años de edad, animales que eran utilizados para competencias hípicas y otros en trabajos de campo. Los propietarios de los caballos fueron informados sobre el procedimiento de la investigación y así mismo firmaron una hoja de autorización para realizar análisis sanguíneos (anexo – Figura 13). Las muestras fueron tomadas por conveniencia del investigador, la muestra tomada fue un caballo por criador; el 50% de los caballos fueron animales de campo y el otro 50% fueron caballos criollos de carrera. El material en estudio fueron las muestras sanguíneas sometidas a un procedimiento de centrifugación y espectrofotometría.

4.4. Procedimiento

Para este trabajo se utilizaron caballos bajo una crianza extensiva y alimentados con pastos naturales, la toma de muestras sanguíneas y el registro de los signos vitales se inició con 30 caballos que corresponden al grupo de caballos de campo y de los otros 30 se obtuvo antes de participar en competencia de carrera de caballos.

4.4.1. Colección de muestras de sangre

La recolección de muestras se realizó en horas de la mañana y en ayunas, en caso de los caballos de campo fueron trasladados a un corral, donde se agruparon a los 30 caballos para ser muestreados individualmente; de otro modo, las tomas de muestra de los caballos de carrera fueron obtenidas justo antes de que cada caballo inicie la competencia.

Cada muestra sanguínea se obtuvo con una jeringa de 5 mL de la vena yugular externa, previamente a ello se realizó la desinfección de la región lateral del cuello donde es la zona de punción; una vez obtenida la muestra sanguínea se transfirió una cantidad de 3 mL de sangre a un tubo vacutainer sin anticoagulante (tapa roja) que fue rotulado antes de iniciar con el muestreo,



inmediatamente los tubos fueron colocaron dentro de un cooler que mantiene una temperatura aproximada entre 2 a 8 °C.

4.4.2. Procesamiento de muestras sanguíneas en el laboratorio

1°: las muestras sanguíneas recolectadas fueron llevadas al laboratorio, donde fueron extraídas del cooler y se colocaron en 3 gradillas para tubo vacutainer diferentes de acuerdo a los grupos categorizados por edades y estas a su vez separadas las muestras de caballos criollos de carrera de las muestras de caballos criollos de campo.

2°: las muestras sanguíneas fueron centrifugadas a 3500 RPM, por un periodo de tiempo de 7 minutos.

3° Se procedió a colocar 10 uL de suero sanguíneo obtenido en un tubo de ensayo, posteriormente se añade 1 mL de reactivo de glucosa (línea líquida enzimática AA) previamente atemperada al medio ambiente; el reactivo se conserva en una temperatura que comprende de 2 a 8° C.

4°: Una vez realizada la mezcla del suero sanguíneo y el reactivo, se procede a incubar en baño maría a 37° C durante 5 minutos.

5°: Luego de haber transcurrido el tiempo establecido, se procede a realizar lectura en el espectrofotómetro (490 a 530 nm) longitud de onda para seguidamente obtener los resultados finales de cada muestra sanguínea.

Los resultados fueron registrados en una ficha clínica de acuerdo a la codificación que se dio al momento de extraer cada muestra sanguínea.

4.4.3. Recolección de datos de los signos vitales

La recolección de datos de los signos vitales se obtuvo de los 60 caballos sin ser sometidos a ningún tipo de esfuerzo físico.

4.4.3.1. Frecuencia Respiratoria

Se valoró mediante la observación de los movimientos de las costillas, esternón y de los flancos; en respuesta a la expansión y contracción de los



pulmones y al movimiento del diafragma cuando el animal estuvo de pie. Se reafirmaron observando los movimientos de los orificios nasales (ollares).

4.4.3.2. Frecuencia cardiaca

Se auscultó con estetoscopio en el flanco izquierdo del animal, en la región torácica detrás de la articulación humero-radio-cubital, entre el 3° y 5° espacio intercostal.

4.4.3.3. Frecuencia de pulso

Se determinó mediante un pulsoxímetro portátil, el sensor se aplicó en el labio del animal.

4.4.3.4. Temperatura rectal

La temperatura se midió con un termómetro digital, el cual fue introducido en el recto del animal previamente desinfectado y lubricado.

4.5. Técnica e instrumentos

Para la recolección de datos se elaboró una ficha clínica por cada animal, donde se registraron los datos de cada caballo durante la toma de muestras sanguíneas y del mismo modo durante el registro de los signos vitales; en la ficha clínica se describen datos como: edad, sexo, nicho ecológico, rotulado de muestra sanguínea, signos vitales, finalmente los resultados del análisis sanguíneo en el laboratorio también fueron registrados en la misma ficha.

4.5.1. Material de investigación

4.5.1.1. Material biológico

Caballos



4.5.1.2. Materiales y equipos para el muestreo de sangre y registro de los signos vitales en campo

- Tubos vacutainer
- Jeringas de 5 mL
- Cooler
- Mameluco
- Guantes desechables
- Algodón
- Alcohol de 70°
- Estetoscopio
- Termómetro digital
- Reloj/cronómetro
- Pulsoxímetro portátil
- Soga de sujeción

4.5.1.3. Materiales y equipos de laboratorio

- Tubos de ensayo
- Pipeta
- Micropipeta
- Centrífuga
- Espectrofotómetro
- Gradilla porta tubos
- Baño maría
- Reactivo glucosa enzimática (Wienerlab®)
- Mandil

4.6. Análisis estadístico

La base de datos obtenida a partir de la investigación fue analizada estadísticamente mediante el análisis de la varianza ANOVA, realizada con la finalidad de determinar



los niveles basales de la glucosa, así mismo los signos vitales de caballos criollos de campo y caballos criollos de carrera; para la interpretación de los resultados se utilizaron el promedio, desviación estándar y coeficiente de variabilidad. El diseño estadístico con el que se trabajó fue diseño bloque completamente al azar, con modelo aditivo descrito a continuación.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + D_y + E_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3$ (Edad en años: 5 a 7, 8 a 10, 11 a 12)

$j = 1, 2$ (Nicho ecológico: caballos de carrera, caballos de campo)

$k = 1, 2, 3$ (Niveles basales de glucosa: alto, medio, bajo)

$y = 1, 2, 3, 4$ (Signos vitales: frecuencia respiratoria, frecuencia cardiaca, frecuencia de pulso, temperatura).

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta (niveles basales de glucosa sanguínea, signos vitales y edad)

μ = Constante media de la población

A_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor (Nicho ecológico)

B_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor (Niveles basales de glucosa sanguínea)

C_k = Efecto del k -ésimo nivel del factor (frecuencia respiratoria, frecuencia cardiaca, frecuencia de pulso, temperatura)

D_y = Efecto de la interacción de los factores

E_{ijk} = Efecto del error

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Análisis de resultados

5.1.1. Niveles basales de glucosa (mg/dL)

Tabla 8. Promedio \pm (DS) de los niveles basales de la glucosa (mg/dL) evaluadas a los caballos criollos de carrera y caballos criollos de campo según edad.

Edad	N. Ecológico	n	Promedio (mg/dL) \pm DS	CV %	Mín.	Máx.
A 5 a 7	Carrera	12	107.67 \pm 20.55	0.20	78	143
	Campo	12	103.58 \pm 13.23	0.10	79	122
B 8 a 10	Carrera	11	93.36 \pm 18.88	0.20	67	128
	Campo	11	104.18 \pm 15.01	0.14	82	132
C 11 a 12	Carrera	7	105.14 \pm 20.93	0.20	79	144
	Campo	7	112.71 \pm 15.05	0.13	93	132

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($p > 0.05$).

En la tabla 8, se observa que los valores de los niveles basales de la glucosa (mg/dL) evaluadas de 30 caballos de carrera y 30 caballos de campo no muestran diferencia estadística ($p > 0.05$) entre sí al comparar los caballos dentro del nicho ecológico al que pertenecen; de igual manera, no existe diferencia estadística entre los caballos que pertenecen a los diferentes grupos por edad. Para los caballos de carrera se tiene los promedios de 107.67 \pm 20.55, 93.36 \pm 18.88 y 105.14 \pm 20.93 mg/dL en los grupos etarios de 5 a 7, 8 a 10 y 11 a 12 años respectivamente; mientras que para los caballos de campo se obtuvieron los promedios de 103.58 \pm 13.23, 104.18 \pm 15.01 y 112.71 \pm 15.05.71 mg/dL en los grupos etarios de 5 a 7, 8 a 10 y 11 a 12 años respectivamente. No existiendo diferencia estadística de los valores sanguíneos de la glucosa entre los caballos criollos de carrera y caballos criollos de campo.

5.1.2. Signos vitales

5.1.2.1. Frecuencia respiratoria

Tabla 9. Valores de la frecuencia respiratoria (resp/min) en caballos criollos de carrera y caballos criollos de campo.

Edad (años)	N. Ecológ.	n	Promedio Res/min±DS	CV %	Min.	Max.
A 5 a 7	Carrera	12	32.33±2.93 _{Aa}	0.09	28	38
	Campo	12	32.50±3.42 _{Aa}	0.11	26	38
B 8 a 10	Carrera	11	32.18±3.28 _{Aa}	0.10	26	38
	Campo	11	33.27±3.13 _{Aa}	0.09	28	38
C 11 a 12	Carrera	7	35.14±1.95 _{Aa}	0.06	32	38
	Campo	7	33.42±1.90 _{Aa}	0.06	30	36

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$).

A: nicho ecológico, a: edad.

En la tabla 9, se observa los valores de la frecuencia respiratoria (resp/min) en caballos de carrera y caballos de campo, donde se encontraron promedios de 32.33±2.93, 32.18±3.28 y 35.14±1.95 resp/min en caballos de carrera de 5 a 7, 8 a 10 y 11 a 12 años respectivamente; así mismo se obtuvieron promedios de 32.50±3.42, 33.27±3.13 y 33.42±1.90 resp/min en los mismos grupos etarios. Los resultados no muestran una diferencia significativa ($p>0.05$) entre caballos de carrera y caballos de campo, del mismo modo dentro de los grupos etarios (A, B y C).

5.1.2.2. Frecuencia cardiaca

En la tabla 10, observamos que los valores de la frecuencia cardiaca (lat/min) en caballos de carrera y caballos de campo de la edad comprendida entre 5 a 7 años, tienen un promedio de 56.25±10.06 y 55.25±6.68 lat/min respectivamente; así mismo, en el grupo etario de 8 a 10 años los caballos de carrera promedian 58.18±15.96 lat/min, mientras que los caballos de campo muestran 61.81±12.47 lat/min en promedio. Finalmente, los caballos de 11 a 12 años de edad alcanzaron un promedio de 63.42±12.31 y 68.14±12.36 lat/min para caballos criollos de carrera y



caballos criollos de campo respectivamente. Los resultados no muestran una diferencia significativa ($p>0.05$) entre caballos de carrera y caballos de campo; sin embargo, a la comparación dentro de los grupos etarios A (5 a 7), B (8 a 10) y C (11 a 12) se observa diferencia estadística.

Tabla 10. Valores de la frecuencia cardiaca (lat/min) en caballos criollos de carrera y caballos criollos de campo.

Edad	N. Ecológ.	n	Promedio (lat/min)± DS	CV %	Min.	Max.
A 5 a 7	Carrera	12	56.25±10.06 _{Aa}	0.18	39	80
	Campo	12	55.25±6.68 _{Aa}	0.12	40	64
B 8 a 10	Carrera	11	58.18±15.96 _{Aab}	0.27	36	86
	Campo	11	61.81±12.47 _{Aab}	0.20	46	84
C 11 a 12	Carrera	7	63.42±12.31 _{Ab}	0.19	52	82
	Campo	7	68.14±12.36 _{Ab}	0.18	50	82

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$).
A: nicho ecológico, a: edad.

5.1.2.3. Frecuencia de pulso

Tabla 11. Valores de la frecuencia de pulso (pul/min) en caballos criollos de carrera y caballos criollos de campo.

Edad	N. Ecológ.	N	Promedio (pul/min) ±DS	CV %	Min.	Max.
A 5 a 7	Carrera	12	58.17±7.44 _{Aa}	0.13	46	76
	Campo	12	53.83±4.20 _{Aa}	0.08	48	63
B 8 a 10	Carrera	11	60.27±12.43 _{Aab}	0.21	45	82
	Campo	11	61.45±13.01 _{Aab}	0.21	40	86
C 11 a 12	Carrera	7	62.00±11.18 _{Ab}	0.18	50	78
	Campo	7	68.42±13.73 _{Ab}	0.20	53	86

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$).
A: nicho ecológico, a: edad.

En la tabla 11, se describe los resultados obtenidos de la toma de datos de la frecuencia de pulso (pul/min) de caballos de carrera y de campo, donde se

muestra que no existe una diferencia significativa ($p>0.05$) dentro de la variable nicho ecológico (caballos de carrera y caballos de campo); sin embargo, a la comparación dentro de los grupos etarios A (5 a 7), B (8 a 10) y C (11 a 12) se observa diferencia estadística. Por otro lado, se muestran promedios de 58.17 ± 7.44 pul/min en caballos de 5 a 7 años, 60.27 ± 12.43 pul/min en caballos de 8 a 10 años y 62.00 ± 11.18 pul/min en caballos de 11 a 12 años de edad, correspondiente al grupo de estudio de caballos de carrera. Del mismo modo, se obtuvieron promedios de 53.83 ± 4.20 , 61.45 ± 13.0 y 68.42 ± 13.73 pul/min para caballos de campo dentro de los grupos etarios de 5 a 7 años, 8 a 10 años y 11 a 12 años de edad respectivamente.

5.1.2.4. Temperatura rectal

Tabla 12. Valores de la temperatura rectal ($^{\circ}\text{C}$) en caballos criollos de carrera y caballos criollos de campo.

Edad	N. Ecológ.	N	Promedio ($^{\circ}\text{C}$) \pm DS	CV	Min.	Max.
A 5 a 7	Carrera	12	$37.54\pm 0.34_{Aa}$	0.01	37	38
	Campo	12	$37.36\pm 0.53_{Aa}$	0.01	37	38
B 8 a 10	Carrera	11	$37.30\pm 0.50_{Aa}$	0.01	37	38
	Campo	11	$37.61\pm 0.51_{Aa}$	0.01	37	38
C 11 a 12	Carrera	7	$37.50\pm 0.49_{Aa}$	0.01	37	38
	Campo	7	$37.56\pm 0.50_{Aa}$	0.01	37	38

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$).
A: nicho ecológico, a: edad.

En la tabla 12, se tienen valores de la temperatura rectal ($^{\circ}\text{C}$) de caballos de carrera y de campo; donde los caballos de carrera tienen un promedio de 37.54 ± 0.34 , 37.30 ± 0.50 y 37.50 ± 0.49 $^{\circ}\text{C}$ en los grupos de 5 a 7 años, 8 a 10 años y 11 a 12 años de edad respectivamente; mientras que los caballos de campo promedian 37.36 ± 0.53 $^{\circ}\text{C}$ en caballos de 5 a 7 años, 37.61 ± 0.51 $^{\circ}\text{C}$ en caballos de 8 a 10 años y 37.56 ± 0.50 $^{\circ}\text{C}$ en caballos de 11 a 12 años de edad.

La temperatura rectal es estadísticamente igual ($p>0.05$) entre caballos de carrera y caballos de campo; del mismo modo, la categorización y grupos de estudio por edades no muestran diferencias entre ellos.

5.2. Discusión de resultados

Para la glucosa, se describe que los resultados obtenidos en la presente investigación teniendo un rango de 67 – 144 mg/dL en caballos criollos de carrera, así mismo un valor mínimo de 79 mg/dL y un valor máximo de 132 mg/dL para caballos criollos de campo, sin diferencia estadística significativa ($p>0.05$); dichos resultados se asemejan a los resultados obtenidos por Serván, L.M. en el año 2017 (13), quien menciona datos similares en diferentes países de Latinoamérica; siendo los más próximos lo encontrado en Argentina (75 – 118 mg/dL) y en Venezuela (80-110 mg/dL), de los valores de los niveles basales de la glucosa (mg/dL) evaluadas a los caballos de carrera y caballos de campo, nuestros resultados se encuentran dentro de los parámetros fisiológicos normales, no presentan diferencia estadística significativa ($p>0.05$) entre los caballos de carrera y campo; del mismo modo entre los grupos de estudio clasificados por edades A (5 a 7), B (8 a 10) y C (11 a 12). Estos resultados presentan valores diferentes a los resultados publicados en una investigación realizada por Benavides, P.C. en el 2017 (14), donde se obtuvo niveles de glucosa sanguínea de 87.57 mg/dL para el método de medición por glucómetro y un valor de 96.40 mg/dL para el método de medición por bioquímica sanguínea. De ello se deduce que las diferencias encontradas entre los resultados de la investigación del autor antes mencionado y nuestros resultados podrían deberse a la diferente zona de estudio y a los diferentes métodos de análisis de las muestras sanguíneas. Cabe señalar que los animales de nuestra investigación son caballos criollos de campo que a su vez algunos de ellos son utilizados para competencias hípcas por afición con entrenamiento empírico, mientras que los caballos con los que trabajó Benavides (14) son caballos pura sangre de carrera (CPC); atribuyendo a ello las diferencias encontradas entre ambas investigaciones.

Por otro lado, una de las razones que pueden influir en la variación de los resultados puede ser la muestra con la que trabajó Benavides (14) ya que el autor obtuvo



muestras de sangre de caballos machos y hembras, mientras que en la presente investigación se obtuvieron muestras solamente de caballos machos. Finalmente; con respecto al factor edad, se tiene un promedio de 93.36 ± 18.88 mg/dL de los niveles de la glucosa sanguínea de los caballos de carrera que corresponden al grupo etario de 8 a 10 años de edad, resultado que se acerca al 96.40 mg/dL obtenido en un estudio mediante el método de medición por bioquímica sanguínea (14), los cuales trabajaron con caballos de entre 2 a 8 años de edad.

De los signos vitales que se muestran en la tabla 9 (frecuencia respiratoria), tabla 10 (frecuencia cardíaca), tabla 11 (frecuencia de pulso) y tabla 12 (temperatura rectal); se encuentran dentro los rangos normales en todos los parámetros evaluados.

Los resultados que se obtuvieron a partir de la presente investigación para la frecuencia respiratoria se clasificaron en tres grupos categorizados por edades (5 a 7, 8 a 10 y 11 a 12 años) y por la actividad que realizan (caballos de carrera y caballos de campo) cuyos promedios son superiores a los valores promedio de equinos en reposo ($T_0=17,11$ R/m) reportados por Chaparro, J. R. en el 2015 (17), sin embargo los resultados que el mismo autor obtuvo en el momento post ejercicio ($T_2=24,66$ R/m) se acercan a nuestros promedios. Estas diferencias encontradas pueden ser debido a que la investigación se realizó en un medio ambiente diferente al hábitat de nuestra población de animales con los que trabajamos; así mismo, los caballos evaluados en nuestra investigación son de raza criolla a diferencia de los equinos de Paso Fino Colombiano con los que trabajo el autor antes mencionado.

Se determinó que la frecuencia respiratoria en caballos criollos de campo y caballos criollos de carrera en el distrito de Chuquibambilla no muestra diferencia significativa ($p > 0.05$) entre sí. Del mismo modo; la variación de la frecuencia respiratoria que existe en éste estudio (26 a 38 resp/min), se encuentran dentro de los resultados descritos por Hulugalla, 2012 (18), quien obtuvo media general \pm DS de $30,3 \pm 23,5$ resp/min en 9 caballos pura sangre y 23 caballos Selle Fransiasis, se presume que la aproximación de resultados se debería a la semejanza de las edades de los animales entre ambas investigaciones.



Respecto a la frecuencia cardiaca se obtuvo un promedio de 68.14 lat/min como el resultado más alto para esta variable que corresponde a los caballos criollos de campo de 11 a 12 años; estos resultados son diferentes a los reportados por Chaparro, J. R. en el año 2015 (17) quien en su investigación obtuvo 49.44 lat/min en T0; es importante mencionar que en el T2 (60 minutos luego del ejercicio) manifestó 52,17 lat/min en equinos criollos chilenos, resultado que se asemeja a nuestro promedio de caballos criollos de campo de la categoría de 5 a 7 años de edad de nuestra investigación. En otra investigación (18), se presentó media general \pm DS de $35,6 \pm 8,6$ lat/min, resultado que se aproxima a los valores mínimos que se obtuvo de caballos criollos de carrera del primer grupo etario de nuestra investigación.

Con referencia a la temperatura rectal nuestros resultados fluctúan desde 37 hasta los 38 °C para caballos criollos de carrera y caballos criollos de campo de los tres grupos etarios, son similares a los descritos por Hulugalla, 2012 (18) quien obtuvo media general \pm DS (101.0 ± 1.3 °F) que se convierten a 38.3 ± 1.3 °C, la cual se aproxima a nuestros datos en ambos grupos de animales de la presente investigación.

Finalmente, los resultados que se proporcionan en esta investigación pueden ser de mucha utilidad al momento de evaluar esta especie sobre todo en nuestro país y específicamente en la región, ya que se han determinado los valores normales de los signos vitales en las condiciones antes descritas. La relación entre estas variables fisiológicas y el rendimiento en carreras debería definirse en el futuro de acuerdo con varios criterios de rendimiento para definir cuán útiles pueden ser estas variables para predecir el rendimiento en carreras de un caballo (19).



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- De los Valores de los niveles basales de la glucosa (mg/dL) evaluadas a los caballos de carrera y caballos de campo en las tres categorías de edades, no existen diferencia significativa ($p>0.05$) entre sí. Los resultados indican que existe un aumento de la glucemia con relación al aumento/avance de la edad de los caballos criollos de campo.
- De los signos vitales como la frecuencia respiratoria (resp/min), frecuencia cardiaca (lat/min), frecuencia de pulso (pul/min) y temperatura rectal ($^{\circ}\text{C}$); no se observaron diferencias significativas ($P<0.05$) en ninguno de los parámetros evaluados dentro de la variable nicho ecológico. También se concluye que tanto la frecuencia cardiaca como la frecuencia de pulso, evidencian diferencia estadística al compararlos entre los grupos (A, B y C) categorizados por edades.

6.2. Recomendaciones

- Evaluar los niveles de glucosa (mg/dL) a los caballos de carrera y caballos de campo en diferentes momentos y/o actividades.
- Determinar los signos vitales de los caballos de carrera en diferentes tiempos (ayunas, antes y después de la competencia hípica).
- Evaluar otros factores (alimentación, zona de estudio, etc) que pueden influir en las variaciones de los niveles de glucosa y los signos vitales en caballos de campo y carrera.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INEI. IV Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadística e Informática; 2012.
2. Franckh , kosmos. Verlags-GmbH & Co. Europa: hispano europe. ; 2011.
3. Barra M. Evaluación del hemograma, concentración sanguínea de cortisol y glucosa en equinos sometidos a un ejercicio estandarizado en treadmill. Memoria Título Médico Veterinario. U. de Concepción, Fac. Medicina Veterinaria. Chillán, Chile: Departamento de Ciencias Clínicas; 2007.
4. Rojas M. Indicadores sanguíneos de estrés en equinos sometidos a orquiectomía, tratados en base a fenilbutazona o a la combinación de fenilbutazona y tramadol. Memoria Título Médico Veterinario. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Instituto de Ciencias Clínicas Veterinarias; 2010.
5. Flores D. Indicadores de estrés en equinos sometidos a orquiectomía tratados con analgesia preventiva en base a tramadol o fenilbutazona. Memoria Título Médico Veterinario. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Instituto; 2010.
6. Franklin SAK. Poor performance not a simple diagnosis – Proceeding of the 10th international WEVA congress, [veterinary textbook]. Moscow, Russia.. ; 2008.
7. Bayly WM,BDGaPDM. Arterial blood gas tensions during exercise in horse with laryngeal hemiplegia, before and after corrective surgery. Res. Vet. Sci. 1984;; p. 36: 256-258.
8. Wagner PD,JRGGklaMRFBWJRMDRLPaHtE. Mechanism of exercise-induced hypoxemia in horses. J. Appl. Physiol.Woakes. 1989;; p. 66: 1227-1233.
9. Murray RK. Carbohydrates of Physiologic Importance. En Murray y Bender, Harper's Illustrated Biochemistry, 28a edición, Mc.GrawHill Companies, ISBN. 978wag-0-07-162591-3. ; 2009.



10. Art T. Proceeding of the 5th european equine nutritio and heath, [veterinary textbook]. Waregem, Belgium. ; 2011.
11. Mutis C. Determinación y análisis de valores de nitrógeno ureico en sangre (bun), glucosa, creatin kinasa (ck) y ácido láctico pre y post ejercicio de una población de atletas equinos de salto en Bogotá. REDVET. 2005; VI(2).
12. Art T,AH,DD,&LP. Effect of show jumping on heart rate, blood lactate and other plasma biochemical values. Equine Veterinary Journal. 1990;: p. 22(S9), 78-82.
13. Serván LM. Cinética de los niveles de glucosa sanguínea debido al ejercicio en caballos Pura Sangre de Carrera. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma. Facultad de Ciencias Biológicas; 2017.
14. Benavides PC. Niveles basales de glucosa sanguínea en caballos pura sangre de carrera del hipódromo de Monterrico, universidad, Ricardo Palma (Tesis para optar el Título Profesional de Médica Veterinaria). Lima;: 2017.
15. Buitrago JA, Campuzano L, Bolívar D, López YP, Cardona JA. Niveles de glicemia en potros criollo colombiano durante sus primeras horas de vida. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2016; 11(3): p. 48-57.
16. Ramírez C. Perfil metabólico en burras criollas (equus asinus) en el trópico bajo Colombiano. Científica. 2016 julio-agosto; XXVI(4): p. 214-219.
17. Chaparro JR. Determinación de parámetros fisiológicos (frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y pH sanguíneo) de caballos paso fino colombiano en reposo, ejercicio y post ejercicio en la sabana de Bogotá. Bogotá;: 2015.
18. Hulugalla W, Perera E, Wijayagunawarda M. A Study on Basic Physiological Parameters and their Response to Exercise of Exotic Horses (Equas cabellus) kept under Sri Lankan Conditions. Tropical Agricultural Research. 2012; 23(4): p. 309-318.
19. Couroucé A, Chrétien M, Valette JP. Physiological variables measured under field conditions according to age and state of training in French Trotters. Equine Veterinary Journal. 2002; 34(1): p. 91 - 97.



20. Luna C. El caballo Peruano. Lima: Banco Agrario. ; 1985.
21. Martínez A. Nutrición de caballos de ocio alimentados a pesebre – Universidad de Córdoba, Dpto. de Producción Animal. [Documentos de Trabajo de Producción] Vol. 5. Argentina. ; 2007.
22. Alomaliza NE. Caracterización Fenotípica de Caballos Criollo de la provincia de Tungurahua Canton Tisaleo. Guaranda- Ecuador: Universidad Estatal de Bolívar- Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2014.
23. Cardona JA, Álvarez J. Estimación de la edad de los caballos basado en el examen dentario. Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica. 2010; 13(1): p. 29-39.
24. Aguera CE. Domesticación y origen de la doma y manejo del caballo. 2008. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba.
25. Álvarez J, Medellín RA. Equus caballus. Vertebrados superiores exóticos en México: diversidad, distribución y efectos potenciales. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. ; 2005.
26. Mynor A. Conceptos de bioquímica básica – Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas USAC. Guatemala;; 2007.
27. Valdés C. Determinación de los valores fisiológicos del sodio, el potasio y el ion en plasma, con su variación pre y post ejercicio, en caballos de paso fino en Bogotá. Colombia;; 2010.
28. Quintero C. Uso de la glicemia como indicador del estado atlético en equinos – Universidad de Buenos Aires, Facultad de Medicina Veterinaria, tesis de grado. Argentina;; 2010.
29. Barreto C. Determinación y análisis de valores de nitrógeno ureico en sangre (BUN), glucosa, creatin kinasa (CK) y ácido láctico pre y post ejercicio en una población de atletas equinos de salto en Bogota D.C. ; 2005.
30. Wisse. MedlinePlus. [Online].; 2016 [cited 2020. Available from: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003482.htm>.



31. Muriel M. Determinación de la cinética del daño en el ADN de leucocitos de sangre periférica en equinos sometidos a esfuerzo físico de alta intensidad. tesis de doctorado. Argentina: Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Veterinarias Dpto. de clínicas; 2016.
32. Briggs K. Equine nutrition: your guide to horse health care and management. Revised edition. USA.; 2007.
33. Cunningham J. Fisiología Veterinaria. 4th ed. España: Elsevier: Editorial Barcelona; 2009.
34. Arias M. Aspectos metabólicos del caballo atleta – Universidad de Antioquia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Col Ciene Pec. 2000; 13(2).
35. Galindo C. Alteraciones metabólicas durante entrenamiento en equinos de la raza pura sangre árabe. revista de Medicina Veterinaria. 2007;(13).
36. Marín E. Validación de un analizador de glucosa portátil para su uso en caballos – Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. [tesis de grado]. León, Nicaragua. ; 2013.
37. Cunningham J, Klein G. Fisiología Veterinaria. Quinta ed. Barcelona - España: Elsevier. 2013.
38. Breves G, Engelhardt W. Fisiología Veterinaria. Primera ed. Zaragoza - España: Acribia, S.A. ; 2004.
39. Swenson MJ, Reece WO. Fisiología de los Animales Domésticos de Dukes. México, Uteha, V1. ; 1999.
40. Thomas H, Ayman I. Utilización Post Absortiva de los Nutrientes. En: Brodley, G. Fisiología Veterinaria. Barcelona, Elsevier Saunders, p. 343-358. ; 2013.
41. Urbina C. Contribución al Estudio de la Hipoglicemia en Ejercicio del Equino Fina Sangre de Carrera. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Escuela de Ciencias Veterinarias, Chile, 28p. ; 2004.
42. Coyle EF. Carbohydrate Supplementation during Exercise 1. Journal of Nutrition 122 (S3): 788-795. ; 1992.



43. Rose RJ. Endurance exercise in the horse-A review. Part II. British Veterinary Journal, 142(6):542-552. ; 1986.
44. Hinchcliff KW, Kaneps AJ, Geor RJ. Medicina y Cirugía en los Equinos de Deporte. Buenos Aires, Inter-Médica, V2. ; 2008.
45. Coyle EF. Regulación Fisiológica del Rendimiento en el Maratón. Disponible en:<http://g-se.com/es/entrenamiento-de-la-resistencia/articulos/regulacion-fisiologica-del-rendimiento-en-el-maraton-1645>. 2013.
46. Rapoport BI. Metabolic Factors Limiting Performance in Marathon Runners. ; 2010.
47. Gilor C. What's in a Name? Classification of diabetes mellitus in veterinary medicine and why it matters. Journal of Veterinary Internal Medicine. 2016;; p. 30(4):927-40.
48. Valeria Del Arco , Martha. Evaluación del descenso de rendimiento en caballos de deporte; Congreso Solidario Medicina Equina U.C.M. Revista Complutense de Ciencias Veterinarias. 2012.
49. Ramos R. Hípica en Colombia: Historia, Entrenamiento y Algo más. Anécdotas Hípicas Venezolanas. ; 2007.
50. Reece W. Fisiología de los animales domésticos. 12th ed. España; 2004.
51. Doldán S, Monza J, Signorelli S. Ciclo de krebs. ; 1999.
52. UNAM. Facultad de Medicina, Bioquímica y Biología molecular en Línea. ; 2018.
53. Palomer X. Adiponectina: un nuevo nexo entre obesidad, resistencia a la insulina y enfermedad cardiovascular. Med Clin. 2005;; p. 124(10):388-95.
54. Mejía S, Arias M. Evaluación del estado físico de caballos de salto mediante algunas variables fisiológicas. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2008; 3(2).
55. Dos Santos V. Variaciones hemato - bioquímicas en equinos de salto sometidos a diferentes protocolos de ejercicio físico. Facultad de Veterinaria. Universidad Do Rio Grande Do Sul. 94 p. ; 2006.



56. Arias M. P ea. Estimación de la intensidad de trabajo en un grupo de caballos criollos colombianos de diferentes andares. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2006; 1(2): p. 18 - 31.
57. Gomez C, al e. Endocrinologic, hematologic and heart rate changes in horses. American Journal Veterinary Research, n. 47, p. 47 – 50.. American Journal Veterinary Research. 2006;(47): p. 47 – 50.
58. Umbarila L. Revisión de literatura de hallazgos hematológicos y fisiológicos en caballos atletas en la modalidad de competición completa de equitación. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales facultad de ciencias agropecuarias medicina veterinaria y zootecnia; 2007.
59. Ruiz A. Constantes hemáticas en equinos dedicados a actividades deportivas (salto y carrera) de la zona centro del estado de Veracruz. Tesis de grado, universidad de Veracruz. México.; 2011.
60. Scott B, Martín M. Entendiendo los signos vitales de vida en caballos. Texas A&M Agrilife Extension. 2016; 3.
61. Corvalán C. Estudio del ejercicio de natación en caballos de deporte y su influencia sobre la frecuencia cardiaca y la lactacidemia. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria, universidad complutense de Madrid. ; 2010.
62. Marek J, Mócsy J. Diagnóstico Clínico de las Enfermedades Internas de los Animales Domésticos. ; 1973.
63. Radostis O, Mayhew IG, Houston D. Exámen y Diagnóstico Clínico en Veterinaria. ; 2001.
64. Guerrero P, Portocarrero L, Ramírez J, Mutis C. Determinación de frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, lactato deshidrogenasa, creatin kinasa y ácido láctico en caballos durante competencia de salto en la sabana de Bogotá. Revista de Medicina Veterinaria. 2009 Enero - junio;(17): p. 37 - 52.
65. Muñoz LE. Semiología del equino. In. Concepción: Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Veterinarias. Departamento de Ciencias Clínicas; 2018. p. 45.



66. Cunningham J. Fisiología Veterinaria. Tercera Edición. Elsevier España S.A; 2002.
67. Ramírez GF. Manual de semiología clínica veterinaria. Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas; 2005.
68. Couroucé A, Geffroy O, Barrey E, Auvinet B, Rose RJ. Comparison of exercise tests in French trotters under training track, race track and treadmill conditions. *Equine vet. J., Suppl. 30 (Equine Exercise Physiology 5)*. 1999;p. 528-532.
69. Hamlin RL, Klepinger WL, Gilpin KW, Smith CR. Autonomic control of heart rate in the horse. *American Journal of Physiology-Legacy Content*. 1972;; p. 222(4), 976-978.
70. Eckert R, Randal B. Fisiología animal mecanismos de adaptación. Cuarta edición. McGraw–Hill. ; 1997.
71. Cano E. Las constantes vitales de un caballo sano y cómo medirlas. ; 2019.
72. León P, Fernández M. Manejo y cuidado del caballo: Servicio de Formación Agraria e Iniciativas. Junta de CAstilla y León.
73. Evans D, Rose R. Respuestas cardiovasculares y respiratorias en caballos de pura sangre durante el ejercicio en cinta. *J. Experimental Biol.* 1988;; p. 134, 397-408.
74. McCowen KC, Malhotra A, Bistrrian BR. Stress- induced hyperglycemia. *Estados Unidos. Crit Care Clin.;* 2001.
75. Garrido RP, González L, García M, Coll E. Patrones de desaturación ergoespirométricos en función de la edad. *Rev Int Med.Cienc.Act Fís.* 2005;; p. 5(18):1577.
76. Dukes H, Swenson J. Fisiología de los Animales Domésticos. 4th ed. Madrid: Editorial Aguilar; 1985.
77. Montgomery CA. Oncologic and toxicologic research: alleviation and control of pain and distress in laboratory animals. *Cancer Bull.* 42(4): 230-237. 1990.
78. Torres JO, Carreon M, Aranibar H, Portocarrero. Descripción de la Irrigación Sanguínea de la Cabeza de la Alpaca (*Vicugna pacos*). Tesis de pre grado.



Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
2014.

79. Argente H, Álvarez M. Semiología médica, fisiopatología, semiotecnia y propedéutica. Enseñanza basada en el paciente. 2005..
80. Hernández R. Metodología de la Investigación (6ta ed.). D.F.; 2014.



ANEXOS





Figura 4. Población de los animales con los que se trabajó.



Figura 5. Materiales para la obtención de muestras de sangre.



Figura 6. Medición de la frecuencia cardiaca.



Figura 7. Transferencia de la muestra de sangre al tubo vacutainer con EDTA.



Figura 8. Medida de la frecuencia de pulso (pulsoxímetro portátil).



Figura 9. Extracción de muestra de sangre de la vena yugular externa.



Figura 10. Desinfección de la zona de punción.



Figura 11. Muestras de sangre centrifugadas



Figura 12. Equipos para el procesamiento de muestras (Glucometro PHOTOMETER 5010).

AUTORIZACION PARA REALIZAR ANALISIS SANGUINEO

Yo Cristobal Rayme chogue con DNI: 31520442 propietario del caballo Verdaval, autorizo a que el bachiller en Medicina Veterinaria y Zootecnia Nicky Alex Bolivar Villegas con DNI: 70745682, realice análisis sanguíneos a mis caballos únicamente con fines de investigación para la realización de su tesis para obtener el título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista; siendo de mi conocimiento que esta información no será adulterada ni utilizada con fines comerciales; por lo que me comprometo a no interferir en la recolección de datos mientras estos se requieran.

Chuquibambilla, 06 de Noviembre del 2019.



Firma del propietario

Figura 13. Hoja de autorización firmada por los propietarios de caballos.

RELACION DE PROPIETARIOS DE LOS CABALLOS DE CARRERA QUE AUTORIZARON LA EXTRACCION DE SANGRE PARA EL ANALISIS DE GLUCOSA

N°	NOMBRE Y APELLIDO	DNI	FIRMA
01	Miguel vera Loayza	31522028	
02	Roberto Carbajal Guillen	80099125	
03	Julián Castillo Sánchez	31520914	
04	Hugo Rubén Camargo Hualpa	31657890	
05	Néstor Huamán Hanco	43083832	
06	Florentino Bautista Huamani	31543081	
07	Alexander Peña Contreras	44223176	
08	Darwin Casaverde Villegas	31544132	
09	Domy Moreano Silva	42754405	
10	Yony Serrano Cayturo	31543003	
11	Aristides Tapia Silva	31531639	
12	Valvino Tapia Zanabria	80100712	
13	Teodoro Roca Moreano	31520968	
14	Abdón Umeres Bolívar	43454136	
15	Moisés Ayquipa Villegas	44060547	
16	Reynaldo Patricio Villegas Tapia	31544019	
17	Claudio Puma Flores	31541503	
18	Edilberto Concha Villegas	31521058	
19	Serapio Gutiérrez Noa	31521682	
20	Benigno Villegas Carbajal	31522255	
21	Justo Loayza Cayturo	31552650	
22	Juan Ramos Valenzuela	31520770	
23	Florencio Quivio Rojas	31543050	
24	Genaro Quivio Carbajal	31520612	
25	Nicolai Warthon Quintanilla	46020361	
26	Dalmiro Cayturo Tapia	42093325	
27	Luis Carlos Challanca Huamani	70763148	
28	Jhony Caverro Vargas	31543168	
29	Ubaldo Tapia Valenzuela	10262462	
30	Bernabé Zanabria Cuellar	31545774	

Figura 14. Hoja de autorización firmada por los propietarios de caballos de carrera.

RELACIÓN DE PROPIETARIOS DE LOS CABALLOS DE CAMPO QUE AUTORIZARON LA EXTRACCIÓN DE SANGRE PARA EL ANÁLISIS DE GLUCOSA

N°	NOMBRE Y APELLIDO	DNI	FIRMA
01	Toribio Chipayo Lopinta	41157163	
02	Benicio Moreano Valenzuela	31521825	
03	Euclides Valenzuela Umeres	80230017	
04	Jaime Lopinta Tomaylla	44316995	
05	Juvenal Lopinta Chipayo	41114555	
06	Juan Puma Flores	41620389	
07	Enrique Carbajal Lopinta	43270263	
08	Obdulio Chipayo Cuellar	31520256	
09	Hugo Chipayo Cuellar	31520259	
10	Florencio Lopinta Rojas	45373939	
11	Teodoro Quivio Serrano	31541573	
12	Aquiles Bravo Huaman	31509817	
13	Agustín Tapia Juárez	40917959	
14	Yordan Bravo Pacco	46711255	
15	Hugo Bravo Tarapaqui	44060560	
16	Bonifacio Hurtado Candia	31520371	
17	Dimas Lopinta Rojas	80101150	
18	Bernardino Loayza caytairo	31544195	
19	Pilar Caytairo Valenzuela	31521323	
20	Cristóbal huilca Navarro	41727319	
21	Alejandro Huamani Sanchez	80199310	
22	Valentín Caceres Vera	31521000	
23	Jorge Riveros Choque	80099070	
24	Valentín Aguilar Ferro	80099019	
25	Cleto Trujillo Aguilar	48430159	
26	Alejandro Riveros Bautista	31552613	
27	Justino Carbajal Rayme	43683068	
28	Alex Caytairo Riveros	31551759	
29	Walter Ramos Riveros	43258066	
30	Sergio Chipayo Concha	31552766	

Figura 15. Hoja de autorización firmada por los propietarios de caballos de campo.