

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia



“VALIDACIÓN DE LOS NIVELES DE GLUCOSA EN CABALLOS PERUANOS DE PASO CON UN ANALIZADOR PORTÁTIL DE USO HUMANO”

“VALIDATION OF GLUCOSE LEVELS IN PERUVIAN PASO HORSES WITH A PORTABLE ANALYZER FOR HUMAN USE”

Tesis presentada por la Bachiller:
Riega Andrade Kimberly Nicole
para optar el Título Profesional de:
Médico Veterinario y Zootecnia

Asesor:
Mgr. Vásquez Rodríguez
Guillermo

Arequipa – Perú

2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 21 de Diciembre del 2021

Dictamen: 003534-C-EPMVZ-2021

Visto el borrador del expediente 003534, presentado por:

2013203712 - RIEGA ANDRADE KIMBERLY NICOLE

Titulado:

**VALIDACIÓN DE LOS NIVELES DE GLUCOSA EN CABALLOS PERUANOS DE PASO CON UN
ANALIZADOR PORTÁTIL DE USO HUMANO**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**2145 - ZEGARRA PAREDES JORGE LUIS
DICTAMINADOR**



**2148 - VALDEZ NUÑEZ VERONICA ROCIO
DICTAMINADOR**



**2476 - AGUILAR BRAVO HERBERT MISHAELEF
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, por su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera profesional.

A mi gran compañero de vida, Jorge Luis, Por su apoyo y motivación a lo largo de mi carrera profesional y en mi día a día.

A mi madrina María Prado, quien fue parte fundamental para el cumplimiento de mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Católica Santa María, Facultad de Ciencias Biológicas y químicas, Escuela profesional de Medicina Veterinaria y zootecnia, por mi formación profesional.

A mi asesor Guillermo Vásquez, por su apoyo constante y por haberme guiado en este proyecto.

A Francesca Cavallero, por permitirme realizar el proyecto en las instalaciones de su criadero de caballos "El Ramal".

A mis jurados: MVZ Jorge Zegarra Paredes, MVZ Verónica Valdez Núñez y MVZ Herbert Aguilar Bravo, por su orientación a lo largo de mi trabajo de investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado “Validación de los niveles de glucosa en caballos peruanos de paso con un analizador portátil de uso humano”, se llevó a cabo en el distrito de La Joya, en la provincia y departamento de Arequipa, en el mes de Julio del 2021, con el propósito de validar los niveles de glucosa en caballos peruanos de paso utilizando un analizador portátil de uso humano (Accucheck Guide) y comparándolo con el método enzimático colorimétrico realizado en laboratorio, tomando en cuenta el sexo, edad y estado reproductivo.

Para la presente investigación se evaluaron 40 caballos de paso, de los cuales se obtuvieron muestras de 2ml de sangre entera en ayunas, que fueron transferidas a un tubo vacutainer EDTA-F glucosa. Seguidamente, se procedió con la recopilación de datos de cada caballo, se utilizó una gota de sangre para la medición de glucosa con el analizador portátil y se rotularon las muestras para su posterior traslado y procesamiento en laboratorio. Asimismo, se utilizaron las pruebas estadísticas denominadas “t para muestras independientes”, “ANOVA de un factor”, “correlación de Pearson” y “correlación intra-clase”.

Los resultados obtenidos, mostraron que, en el caso de la glucosa medida con el glucómetro portátil, los machos presentaron un nivel superior que las yeguas, por otro lado, en la glucosa medida con el método tradicional, se observó el mismo patrón de diferencia.

Dentro de dichos resultados, en las comparaciones entre los distintos estados reproductivos, sin considerar el sexo de los caballos, se observa que, el caballo macho entero presenta mayor promedio de glucosa que los caballos macho capón, las hembras preñadas y hembras vacías, dicho patrón se observa tanto con el glucómetro, como con el método de laboratorio. Asimismo, se advierte que, la edad y la glucosa medidas con ambos métodos, tienen una correlación negativa, siendo estas correlaciones no significativas.

Respecto a los valores de glucosa obtenidos en la investigación, se observaron variaciones consistentes entre ambos métodos. Por otro lado, realizando la aplicación del método de correlación de Pearson entre el método tradicional y el glucómetro portátil, se observó que cuentan con una correlación de 0.92, siendo una correlación positiva alta ($p < .001$). Asimismo, aplicando el método de correlación intra-clase de los métodos utilizados de ambos métodos, se observó que existe una muy alta correlación de 0.91.

Adicionalmente, se realizó un análisis de variación porcentual, con el cual determinamos que, la variación entre ambos métodos es de 16.7%.

En la investigación se concluye que el glucómetro portátil de la marca específica Acucchek Guide, no es un buen evaluador de la glucosa en caballos, al tener diferencias significativas con el método tradicional, ello, a pesar de contar con una correlación alta entre los resultados de ambos métodos.

Palabras Clave: Glucómetro portátil, Analizador portátil, Caballos peruanos de paso,
Glucosa.



ABSTRACT

The present research work called "Validation of glucose levels in Peruvian gait horses with a portable analyzer for human use", was carried out in the district of La Joya, in the province and department of Arequipa, in the month of July of this year, with the purpose of validating glucose levels in Peruvian Paso horses using a portable analyzer for human use (Accuchek Guide) and comparing it with the colorimetric enzymatic method carried out in the laboratory, taking into account sex, age and condition. reproductive.

For the present investigation, 40 step horses were evaluated, from which 2ml samples of whole blood were obtained in the fasted state, which were transferred to an EDTA-F glucose vacutainer tube. Next, we proceeded with the data collection of each horse, a drop of blood was used for glucose measurement with the portable analyzer and the samples were labeled for their subsequent transfer and processing in the laboratory. Likewise, the statistical tests called "t for independent samples", "one-way ANOVA", "Pearson correlation" and "intra-class correlation" were used.

The results obtained showed that, in the case of glucose measured with the portable glucometer, the males presented a higher level than the mares, on the other hand, in the glucose measured with the traditional method, the same difference pattern was observed.

Within these results, in the comparisons between the different reproductive states, without considering the sex of the horses, it is observed that the whole male horse has a higher average glucose than male capon horses, pregnant females and empty

females, said pattern It is observed both with the glucometer and with the laboratory method. Likewise, it is noted that age and glucose measured with both methods have a negative correlation, these correlations being not significant.

Regarding the glucose values obtained in the investigation, consistent variations were observed between both methods. On the other hand, applying the Pearson correlation method between the traditional method and the portable glucometer, it was observed that they have a correlation of 0.92, with a high positive correlation ($p < .001$). Likewise, applying the intra-class correlation method of the methods used for both methods, it was observed that there is a very high correlation of 0.91.

Additionally, a percentage variation analysis was carried out, with which we determined that the variation between both methods is 16.7%.

The research concludes that the portable glucometer of the specific brand Acuchek Guide is not a good glucose evaluator in horses, as it has significant differences with the traditional method, despite having a high correlation between the results of both methods.

Key Words: Portable Glucometer, Portable Analyzer, Peruvian Paso Horses, Glucose.

INTRODUCCION

La medición de la glucosa sanguínea, constituye uno de los análisis sanguíneos con gran importancia para la clínica de caballos, ya que su variación podría estar ligada a alguna enfermedad de origen metabólico. La utilización de un analizador portátil nos permitiría obtener valores de glucosa en tiempo real y de esta forma realizar un diagnóstico y tratamiento oportuno para estos pacientes.

Es por este motivo que el principal objetivo en este trabajo de investigación fue realizar un estudio de validación del modelo de analizador portátil Accucheck Guide de uso humano, comparándolo con el método de laboratorio tradicional.

En el primer capítulo de este trabajo de investigación trataremos el planteamiento del problema, donde se expondrá el contexto, los objetivos e hipótesis del presenta estudio.

En el capítulo dos, se presentará una revisión bibliográfica de los temas principales que sustentan el planteamiento, así como los antecedentes de investigación.

En el capítulo tres, se realiza la evaluación metodológica y se detallara las actividades realizadas, así como los instrumentos que se utilizaron para este estudio.

En el capítulo cuatro, se detallarán los resultados obtenidos de la investigación y se realizó la discusión.

En el capítulo cinco, se presentan las conclusiones se la tesis.

En el capítulo seis, se brindó algunas recomendaciones.



INDICE DE CONTENIDO

DICTAMEN APROBATORIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCION

CAPITULO I	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Enunciado Del Problema.....	2
1.2 Descripción Del Problema	2
1.3 Justificación	2
1.4 Objetivos	3
1.5 Hipótesis	4
CAPITULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Análisis bibliográfico.....	6
Digestión de los carbohidratos.....	10
Digestión Enzimática.....	11
Fermentación de los carbohidratos.....	11
2.2 Antecedentes de Investigación	33
CAPITULO III	35

3. MATERIALES Y METODOS	36
3.1 Materiales	36
3.2 Métodos	38
3.3 Variables de respuesta	39
3.4 Evaluación Estadística	40
CAPITULO IV	42
4. RESULTADOS Y DISCUSION	43
4.1 Resultados	43
4.2 Discusión	55
CAPITULO V	59
5. CONCLUSIONES	60
CAPITULO VI	61
6. RECOMENDACIONES	62
REFERENCIA	63
ANEXOS	67
ANEXO 1 IDENTIFICACIÓN DE LOS CABALLOS PERUANOS DE PASO DEL ESTABLO “EL RAMAL”	68
ANEXO 2 RESULTADOS DE LABORATORIO	70
ANEXO 3 IMÁGENES DE TOMA DE MUESTRAS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Descriptivos de los caballos evaluados.....	43
Tabla 2.	Promedios y desviaciones estándar por método entre sexo.....	44
Tabla 3.	Comparación entre sexo	45
Tabla 4.	Promedios y desviaciones estándar por métodos entre el estado reproductivo	46
Tabla 5.	Comparación entre estado reproductivo	47
Tabla 6.	Comparaciones post hoc.....	48
Tabla 7.	Correlación de Pearson entre la glucosa medida por métodos y edad.....	49
Tabla 8.	Correlación de Pearson de glucosa medida entre métodos.....	52
Tabla 9.	Correlación Intra-clase entre métodos	53

INDICE DE GRAFICOS

Figura 1.	Gráfico dispersión de la edad y la glucosa medida por el glucómetro portátil	50
Figura 2.	Gráfico dispersión de edad y glucosa medida por método enzimático	51
Figura 3.	Gráfico de dispersión de la glucosa medida por ambos métodos	52



CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Enunciado del Problema

Validación de los niveles de glucosa en caballos peruanos de paso con un analizador portátil de uso humano

1.2 Descripción del problema

Los analizadores portátiles de glucosa de uso humano emplean métodos electroquímicos, los cálculos de los niveles de glucosa pueden diferir entre modelos de glucómetros por su configuración. Esta diferencia en los cálculos podría verse reflejado en los resultados de muestras de caballos, dado que la concentración de glucosa en el plasma de los animales difiere a la de los humanos. Es por este motivo que algunos autores recomiendan realizar estudios de validación de los diversos modelos de glucómetros de uso humano para su uso en medicina veterinaria.

1.3 JUSTIFICACION

1.3.1 Aspecto General

En el presente estudio se validará la funcionalidad de un analizador portátil de glucosa de uso humano de la marca Accu-chek Guide, para su uso como prueba diagnóstica de campo en el caballo peruano de paso.

1.3.2 Aspecto Tecnológico

La utilización de un analizador portátil de glucosa de uso humano en la práctica profesional veterinaria para caballos de paso peruanos proporcionará una herramienta esencial para determinar situaciones clínicas y brindará información en tiempo real sobre el estado de salud de los caballos para un correcto diagnóstico y control.

1.3.3 Aspecto Social

Los veterinarios y criadores tendrán la información necesaria, para poder utilizar un analizador portátil de uso humano en caballos, lo cual permitirá reducir costos de medición de glucosa en laboratorio y mayor accesibilidad de los mismos.

1.3.4 Aspecto económico

Con la validación del analizador portátil se busca mejorar y agilizar el diagnóstico al ser utilizado como prueba diagnóstica de campo, con esto se podrá evitar costos adicionales enviando la muestra a laboratorio para ser analizada.

1.3.5 Importancia del trabajo

La presente investigación beneficiará a la práctica profesional veterinaria, así como a los criadores de la raza de caballo peruano de paso, en razón a que se obtendrá un valor de glucosa en tiempo real mediante un analizador portátil de uso humano (glucómetro) lo que permitirá optimizar el diagnóstico y tomar decisiones terapéuticas inmediatas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Validar los niveles de glucosa con un analizador portátil de uso humano en Caballos peruanos de paso.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Estimar valores de glucosa sanguínea en el caballo peruano de paso mediante un método enzimático colorimétrico y un analizador portátil de glucosa de uso humano.
- Comparar los resultados obtenidos por medio del analizador portátil con los obtenidos mediante examen de laboratorio, y determinar la precisión del analizador portátil de uso humano en caballos peruanos de paso.
- Determinar los valores de glucosa en el caballo peruano de paso según Sexo, estado reproductivo y edad.

1.5 HIPOTESIS

Dado que, el analizador portátil de marca Accucheck Guide mide el nivel de glucosa en humanos eficientemente, es probable que, permitan realizar una medición correcta en los caballos peruanos de paso.



CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Análisis bibliográfico

2.1.1 Caballo peruano de paso

En cuanto al origen y evolución del caballo, su primer antecesor fue conocido como Eohippus, lo cual tiene el significado de, Eo: Amanecer e Hippius: caballo, “Caballo del Amanecer”, este tuvo su desarrollo en el Eoceno, hace 50 millones de años aproximadamente, este primer ejemplar tenía el tamaño de un perro de raza Fox Terrier y algunas de sus características coincidían con la anatomía del rinoceronte y el tapir, ambas especies procedían a los perisodáctilos, esto quiere decir que en los miembros posteriores tenían cuatro dedos y se apoyaban en las almohadillas plantares. Se le conoció por primera vez en la región de Nuevo México, al Oeste de los Estados Unidos (1). Del mismo modo se cree que un perisodáctilo existió en Europa y que pudo haberse formado por las distintas migraciones de América por el Estrecho de Bering, este sería el que formaría el género Hyracotherium, Hirax: Musaraña, Theria: Bestia, del cual se cree que era el antecesor de la musaraña (1). Mas adelante, hubo un espécimen aún más evolucionado que el Eohippus antes mencionado, se trata del Orohippus, el cual también apareció durante la época del Eoceno, este era más grande que el Eohippus y tenía cuatro dedos en los miembros delanteros y tres en los traseros, a estas alturas de la evolución, los molares empezaron a tener características mas similares a los del equino actual (1).

En el periodo del Oligoceno, el Mesohippus aparece, un espécimen cuyo tamaño era mucho mayor a nivel de la cruz, los miembros anteriores y posteriores se presentaron más largas, al igual que ocurría con el cuello, estos contaban con tres dedos en cada extremidad, siendo el dedo medio el más largo que los laterales.

(1). En el periodo del Mioceno, fueron apareciendo más especímenes como el Parahippus y el Merychippus, los cuales contaban con características más apegadas a las del caballo actual, estos fueron animales con más agilidad. Al final de la era Terciaria, nos encontramos con el Hiparión, este espécimen todavía tenía tres dedos, por otro lado en este periodo también tenemos al Pliohippus, quien poseía muelas con características a la de los Equinos actuales, este tenía un dedo en cada extremidad. Se estima que hace 175 mil años aproximadamente, el equino que pasó por el estrecho de Bering, desde Alaska al Asia (Rusia), y luego continuo hacia Europa y África. De Europa vino a América, en el año 1492 a Santo Domingo y de aquí pasaron a través del Istmo de Panamá pasando por el Perú hasta Chile y hasta lo que actualmente es Buenos Aires en Argentina (1).

El caballo peruano de paso descende de las mejores razas de caballo que fueron ingresadas en el Perú durante la época de la conquista por los españoles. Dentro de las razas de caballo que fueron ingresadas están el Berberisco, Andaluz y Frisón, estos eran utilizados como caballos de guerra, caballos de ambladura, y de viaje. Por parte del Berberisco, el caballo peruano de paso obtuvo su ambladura, su pelaje, su estatura y su temperamento dócil y a la vez enérgico. El frisón le brindo una estatura más grande, el porte de cabeza, su andar alto, su temperamento. Por parte del Andaluz, el caballo de paso peruano obtuvo su andar lateral. Durante el siglo 17, en Europa se preferían los caballos que trotaban, mientras que en Perú se conservó la ambladura, la cual es más favorable al viaje a caballo ya que el caballo de ambladura es mucho más cómodo que el caballo que trota sobre todo en los viajes de largas distancias. Los peruanos crearon su propia raza de caballo, que fue denominada “Caballo Peruano de Paso” así como sus propios arreos y adiestramiento. “El caballo Peruano de Paso se caracteriza sobre todo por su andar llamado “paso” el cual corresponde a una ambladura con

un ritmo a 4 tiempos. Es ese tipo de ambladura que hace del Caballo Peruano de Paso el caballo el más cómodo y suave del mundo” (2).

2.1.2 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)” (3).

La glucosa sirve como combustible, siendo este un papel muy importante en el metabolismo. sirve como fuente de energía para los eritrocitos sanguíneos y para el cerebro. No obstante, la capacidad del hígado para poder almacenar el glucógeno solo alcanza para abastecer de glucosa al cerebro durante medio día aproximadamente, cuando se encuentra en condiciones de ayuno. Es por este motivo que, en casos de ayuno, la biosíntesis de la glucosa a partir de precursores que no son carbohidratos debe cubrir la mayoría de las necesidades de glucosa en el organismo (4).

“La glucosa es combustible metabólico básico durante los periodos de nutrición adecuada de animales monogástricos, esta tiene un significado importante, ya que en cualquier situación es el único consumido por el sistema nervioso central, por este motivo, el mantenimiento de un aporte continuo de este azúcar es de primordial importancia para el organismo, siendo el combustible principal para los tejidos” (3).

“Los niveles de insulina son más bajos en estados posteriores a la absorción o después del ayuno, de esta forma hay 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” (3).

2.1.3 Homeostasis de la glucosa

“La glucosa es un monosacárido con fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$. Es una hexosa, es decir, contiene 6 átomos de carbono, y es una aldosa, esto es, el grupo carbonilo está en el extremo de la molécula (es un grupo aldehído). Su rendimiento energético es de 3,75 kilocalorías por cada gramo en condiciones estándar” (5). La glucosa, combinada o libre, es uno de los compuestos orgánicos que más abundan en la naturaleza, siendo fuente primaria de síntesis de energía de las células, mediante su oxidación catabólica, es el componente principal de polímeros de almacenamiento energético como el almidón y el glucógeno y de polímeros de importancia estructural como la celulosa (5).

Existen varios estudios de niveles basales en equinos en varios países, en Argentina las cifras están en un rango de 75-118mg/dL (6), en Brasil se obtuvo un resultado entre 79,6-98,4 mg/dL (7), en Venezuela entre 80-110 mg/dL (8), en Colombia utilizan un valor referencial entre 62-134 mg/dL (9), En México fue de 97,2 mg/dL (10), en Ecuador las concentraciones de glucosa en sangre de los caballos están entre 60-90 mg/dl (11), en Chile obtuvieron valores entre 70.02-84.06 mg/dL (12), Por otro lado, en Cuba se describe un valor mínimo de 80,64 mg/dl en animales no asociados al deporte (13).

2.1.4 Digestión equina

Los caballos suelen pastar aproximadamente de 12 a 16 horas diarias en períodos alternados de 2 a 3 horas, tomando en cuenta interacción social y descansos, cuando se encuentran en libertad. El aparato digestivo de los caballos está adaptado para poder ingerir grandes cantidades de hierba a lo largo del día y de

esta forma obtener energía de la misma, independientemente de su contenido de fibra (14). “En la parte anterior del aparato digestivo, el proceso digestivo del caballo es similar al de los restantes monogástricos: la digestión enzimática del alimento libera glucosa, aminoácidos y ácidos grasos para su absorción” (14).

Digestión de los carbohidratos

Los carbohidratos son un grupo de compuestos a los que pertenecen los almidones, celulosas y azúcares, son sustancias fundamentales que constituyen a las plantas y componen los alimentos más importantes para los animales, son fuente de energía y proporcionan cadenas carbonadas para los compuestos que luego son sintetizados por los seres vivos. Dentro de los carbohidratos más sencillos se encuentran los monosacáridos o azúcares simples como la glucosa, que es el monosacárido que se encuentra con mayor abundancia en la naturaleza. La glucosa se encuentra en la sangre de los seres vivos como un constituyente muy importante, es de esta forma que se difunde a los diferentes tejidos del organismo, donde se utilizara como fuente principal de energía metabólica (15).

En los caballos los carbohidratos pueden fermentarse o hidrolizarse, esto depende de la unión de sus moléculas de azúcar, los carbohidratos que tienen moléculas unidas a-1,4 se encuentran sujetos a hidrólisis enzimática, mientras que los que tienen moléculas unidas a b-1,4 se fermentan. Dentro de los carbohidratos que se hidrolizan incluyen las hexosas, disacáridos, algunos oligosacáridos y almidones que no son resistentes a la hidrólisis enzimática. Dentro de los carbohidratos fermentables se encuentran las fibras solubles, algunos oligosacáridos, almidones que son resistentes a la hidrólisis enzimática, hemilulosa, celulosa y lignocelulosa (16).

Digestión Enzimática

“Los carbohidratos hidrolizables incluyen disacáridos, algunos oligosacáridos (por ejemplo, maltotriosa) y almidón. La digestión se inicia principalmente en el intestino delgado por la alfa-amilasa pancreática” (17).

Dentro de las enzimas más específicas para la hidrólisis de los carbohidratos que se secretan en el intestino delgado se encuentran la α -amilasa, α -glucosidasas (sucrasa, maltasa y glucoamilasa), y la β -galactosidasa (lactasa) (6). La cantidad de la alfa-amilasa que se encuentra en la saliva de los caballos es baja si hacemos una comparación con los humanos, es por este motivo que no hay mucha digestión antes de que llegue al estómago. El ácido del estómago causa la hidrólisis de carbohidratos y este proceso no requiere enzimas (18).

“Incluso la capacidad del intestino delgado de los caballos para la digestión del almidón es comparativamente baja debido a la actividad bastante baja de la alfa-amilasa pancreática” (19)

Fermentación de los carbohidratos

El tracto digestivo en la porción final es el área principal de fermentación en los caballos. No obstante, a lo largo del tracto gastrointestinal se da la formación de poblaciones de microbios. En el intestino delgado de los caballos se da una pequeña parte de la fermentación. La digestión del almidón y fructanos es producido por la pequeña parte de fermentación que puede ocurrir en el estómago y el intestino delgado, esto no afecta el proceso de digestión de la pectina y la celulosa (18). “El mayor volumen de fermentación de carbohidratos en el intestino son ácidos grasos vaporizables como acetato, propionato butirato. Los otros ácidos grasos que son producidos en una pequeña cantidad son lactato y valerato” (18).

“El poco tiempo de retención en el estómago y el gradiente de pH de dorsal a ventral de la mucosa gástrica solo puede mantener una fermentación nominal, a comparación del intestino delgado donde se encuentra una baja fermentación” (20). Al incrementar las proporciones de grano en los alimentos, se favorece la producción de propionato y lactato, a expensas del acetato. Es por este motivo que, al administrar grandes cantidades de granos, se limitaría la eficiencia para utilizar la fibra, ya que esto alteraría el ecosistema microbiano dentro del ciego y el colon de los equinos, al favorecer la proliferación de *Lactobacillus* spp y una absorción mínima del lactato. Los ácidos grasos volátiles (AGV) y ácido láctico son los productos finales de la fermentación del almidón en el intestino grueso, mientras que por otro lado la fermentación de la fibra que proviene de las plantas se da en el ciego y colon del caballo (3).

2.1.5 Metabolismo hormonal de los carbohidratos

Insulina

La insulina es una hormona "Anabólica", ya que permite disponer a las células el aporte que requiere de glucosa para poder realizar los procesos de síntesis que requieren gasto de energía. Es de esta forma que mediante la glucólisis y la respiración celular se obtiene la energía en forma de ATP. Su función principal es la de favorecer la incorporación de glucosa de la sangre hacia las células, siendo la insulina liberada por las células beta del páncreas cuando el nivel de glucosa en sangre es alto (5). “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” (3).

Una de las funciones principales de la insulina consiste en disminuir la producción y liberación de glucosa, además de la glucogenólisis que se da en el hígado, este

último es un proceso mediante el cual se degrada el glucógeno convirtiéndose en glucosa o glucosa 6-fosfato y ocurre cuando el organismo requiere un aumento de la glucosa. Este proceso es muy importante en el hígado, ya que es el aporte de glucosa a la sangre sirviendo así para el mantenimiento de la glicemia; no obstante, en los músculos no se da aporte de glucosa, es por este motivo que se utiliza la glucosa que proviene del proceso de glucogenólisis, esto para ser utilizada como fuente de energía durante la realización de actividad física (15).

Para poder darse la glucogenólisis, son necesarias 3 enzimas citosólicas, el glucógeno fosforilasa que se segmenta de forma secuencial los enlaces glucosídicos para producir la glucosa 1-fosfato, por otro lado tenemos la fosfoglucomutasa en la cual 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 esta la que puede hidrolizarse a glucosa en el hígado y por último se encuentra la glucosa transferasa alfa 1-4 y la amilo 1,6 glucosidasa (3).

“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” (3).

Según Marín y Soto (5), la insulina tiene una importante función reguladora sobre el metabolismo, sobre el que tiene los siguientes efectos:

- Estimula la glucogénesis.
- Inhibe la glucogenólisis.
- Disminuye la glucosecreción hepática

- Promueve la glucólisis en tejidos periféricos.
- Favorece la síntesis de triacilgliceroles (triglicéridos). Para ello, estimula la producción de acetil-CoA (por ejemplo, al acelerar la glucólisis), y también estimula la síntesis de ácidos grasos (componentes de los triacilgliceroles) a partir de la acetil-CoA.
- Estimula la síntesis de proteínas.

Secreción de insulina por las células β pancreáticas

Las células β son un tipo de células endocrinas del páncreas que se encuentran localizadas en los islotes de Langerhans, su función principal es sintetizar y segregar la insulina. Este tipo de células beta se encargan de fabricar la insulina en etapas, siendo de esta forma sintetizada en el retículo endoplasmático rugoso como preinsulina, la cual se transformará en proinsulina, esta última será modificada en el aparato de Golgi y en las vesículas secretoras, y poseerá la misma actividad que la insulina. La insulina será secretada como respuesta a una hiperglucemia y de igual manera por algunas de las hormonas péptidas como el glucagón, pancreocimina, colecistocinia y secretina, dentro de sus funciones principales se encuentran la estimulación y la captación de glucosa en varios tipos de células, por otro lado estimula la conversión de glucosa en glucógeno en los hepatocitos y miocitos de esta forma disminuye el nivel de glucosa sanguínea siempre y cuando se aumenten estos niveles (21).

“La secreción de insulina por las células β del páncreas pueden ser estimuladas a través de la activación de receptores específicos localizados en las células B (hormonas y neurotransmisores) o por la vía de ingreso de la glucosa. Sin embargo, el GLUT utilizado principalmente por las células B del caballo no ha sido especificado” (3).

“La insulina es removida de la circulación y degradada por acción de la insulinasa en el hígado, principal y parcialmente en los riñones, músculos y otros tejidos. Siendo el riñón el principal órgano de aclarado de la insulina” (21).

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)” (9).

El glucagón tiene la función de estimular la gluconeogénesis e inhibir la glucogénesis, estas funciones se oponen a las de la insulina. El glucagón es una de las hormonas que más se necesitan para poder movilizar sustratos, es por este motivo que se ve aumentada durante el ejercicio. Al igual que las otras hormonas, el glucagón es fundamental para mantener los niveles de glucosa durante el ejercicio, este es un factor importante sobre todo en caballos de carrera, donde disminución en la glicemia propicia la presentación de una fatiga central. La respuesta del glucagón sobre el ejercicio, puede verse afectada por el entrenamiento a largo plazo, ya que se aumenta la capacidad de movilizar glucosa durante el ejercicio (3).

Adipoquinas

Es una hormona que es secretada por los adipocitos y se encarga de regular el metabolismo energético del organismo, ya que se encarga de reducir los triglicéridos plasmáticos, estimular la oxidación de los ácidos grasos, y mejora el metabolismo de la glucosa aumentando la sensibilidad de esta a la insulina. En los animales con obesidad y con resistencia a la insulina, los niveles de

adiponectina se encuentran disminuidos. La adiponectina disminuye la producción de glucosa hepática, incrementa la oxidación de los ácidos grasos libres, mejora la sensibilidad a la insulina en el musculo (22). “Estudios en humanos han demostrado que las concentraciones plasmáticas de esta hormona son mucho mayores en las mujeres que en los hombres, y que los niveles bajos de esta hormona tienen relación directa con la aparición de hiperglicemia y diabetes” (6). “En los caballos la adiponectina se encuentra correlacionada negativamente con el porcentaje de grasa corporal. El estudio de la adiponectina es importante porque al parecer se relaciona con la existencia a la insulina observada en caballos viejos y caballos con adenomas pituitarios” (6). Los estudios que fueron realizados en algunas especies dan como resultado que en animales obesos se liberan por parte de los adipocitos las adipocinas en momentos de stress. Las adipocinas se ven aumentadas por la obesidad y esto podría generar resistencia a la insulina (3).

2.1.6 Metabolismo de la glucosa

El metabolismo basal es definido como la energía que se necesita para realizar las diversas actividades celulares que necesita el organismo, dentro de las más importantes se encuentran: conservar temperatura corporal, realizar trabajo mecánico, el transporte de algunas sustancias, la transmisión de impulsos nerviosos, y algunos otros procesos fisiológicos necesarios. Esto quiere decir que se requieren de múltiples raciones bioquímicas secuenciales y coordinadas para poder generar la energía necesaria para poder realizar estos procesos. Los tejidos y células son sistemas abiertos y constantemente intercambian energía con el medio; la energía química potencial que proviene de nutrientes como los carbohidratos, grasas y proteínas, son transformados metabólicamente en energía mecánica y de esta forma el organismo puede utilizarlo (3).

La ruta metabólica de la glucosa comienza cuando se transporta al interior celular por medio de algunas proteínas específicas que se encuentran en la membrana celular. Estas proteínas, se encargan de reconocer la glucosa y a otras aldohexosas, luego van incrementando la velocidad del paso de glucosa hacia adentro o afuera de la célula, de acuerdo con las necesidades de energía que tenga del organismo. Cuando el organismo está en estado de reposo, los carbohidratos que no fueron utilizados hasta ese momento son ingresados al interior de las células para que así puedan ser almacenados en forma de glucógeno en el caso de los animales o en forma de almidón en los vegetales. Cuando existe alta demanda de energía como por ejemplo cuando se realiza ejercicio, se utilizan primero las reservas que se encuentran dentro de las células, seguidamente el hígado que es el órgano donde se encuentran almacenados los carbohidratos empieza con la secreción de glucosa hacia el torrente sanguíneo para que de esta forma se pueda mantener los niveles de glucemia normales. Dentro de los músculos, la glucosa para poder dar glucosa-6-fosfato se fosforila, cuando las células contienen altos niveles de ATP, que se encuentra en estado de reposo, cuando hay un exceso de glucosa se forma glucógeno, por el contrario, cuando la glucosa se degrada en la glucólisis produce ácido pirúvico. Cuando hay condiciones en las que esta baja la concentración de O₂, se transforma en ácido láctico, el cual sale por difusión al medio extracelular. Por otro lado, la glucosa se oxida hasta CO₂ y agua en condiciones aerobias (5).

En el caballo Las principales fuentes de energía son los ácidos grasos y la glucosa, estos brindan energía eficientemente sobre todo en animales que tienen ejercicios o entrenamiento de resistencia, mientras se encuentran en reposo o mientras están en ejercicio. Los ácidos grasos volátiles brindan más energía que la glucosa, pero en cuanto a su metabolismo es más lento, es por eso que, en reposo, una

parte de las necesidades energéticas en el caballo son cubiertas por la oxidación de los carbohidratos y por otro lado son cubiertas por la oxidación de la grasa (3).

Gran parte de los carbohidratos que son consumidos, son absorbidos en el intestino delgado y cuando llegan a la sangre, la glucosa puede ser depositada en el hígado en forma de glucógeno, quien será utilizado más adelante como suministro de glucosa para el organismo, esto mediante el proceso de glucogenólisis, de acuerdo a las necesidades que tengan los tejidos extrahepáticos, también se puede distribuir al corazón y al músculo esquelético para de esta manera poder producir energía mediante el proceso de glucólisis, especialmente cuando los depósitos de glucógeno se encuentran disminuidos, como en casos de ayuno, también puede ser metabolizada en el sistema nervioso, el riñón, o los glóbulos rojos. Varias hormonas como la insulina, el glucagón y hormonas tiroideas, participan en la regulación de la glicemia (3).

En el caso de los caballos solo mantienen el 1% de su peso corporal de reserva de glucosa, por ello cuando los depósitos musculares y hepáticos de glucógeno se encuentran llenos, los carbohidratos que se aportan adicionalmente en la dieta se transforman en grasas y se depositan en el tejido adiposo. Esto ocurre ya que las grasas tienen un mayor rendimiento energético, el caballo es capaz de almacenar mayor cantidad de energía en el tejido adiposo sin que se necesite aumentar sustancialmente el peso corporal, siendo este uno de los mayores depósitos energéticos del organismo, es por este motivo que los caballos utilizan los ácidos grasos volátiles de forma selectiva como fuente de energía, sobre todo en periodos de actividad física baja (6).

“Para que los triglicéridos pueden ser utilizados como sustratos energéticos deben ser hidrolizados en dos componentes: glicerol y ácidos grasos libres. La lipólisis

esta estimulada constantemente y los ácidos grasos son metabolizados a una velocidad el cual va a depender de su tasa de utilización de tejidos” (6). “La lipasa es una enzima que se produce en el páncreas y es secretada en el intestino delgado donde colabora a descomponer las grasas y convertirlas en ácidos grasos y glicerol” (3).

La insulina es una de las hormonas que se encarga de regular la actividad de la lipasa, disminuyendo su actividad e inhibiendo la utilización de grasas para la producción de energía, por otro lado, se encuentra la adrenalina que se encarga de su estimulación, esto quiere decir que acelera la movilización de grasas. la vía metabólica principal por la cual se oxidan los ácidos grasos es la β -oxidación. El glicerol que deriva de la hidrólisis de los triglicéridos tener reacciones de glucólisis para poder formar piruvato y de esta forma entrar al ciclo de Krebs para generar energía. De la misma forma por medio de la oxidación de los ácidos grasos se obtiene la acetilcolina, que también puede entrar al ciclo de Krebs donde se combina con el oxalacetato que proviene del metabolismo de los carbohidratos para de esta forma obtener citrato para luego oxidarse hasta CO_2 y agua (3).

Los aminoácidos son el producto de digestión de proteínas, que luego de ser absorbidos en el intestino delgado se van al hígado en primer lugar, es aquí donde sufren un proceso de desaminación, donde su reacción química es caracterizada por la ruptura de un grupo amino que es importante para la degradación de los aminoácidos. Por otro lado, en el hígado, los aminoácidos pueden ser precursores de la síntesis de glucógeno y glucosa, sin embargo, la función principal que tienen los aminoácidos es la construcción y reparación de los tejidos en los cuales sus proteínas sufren una constante destrucción, sobre todo en el tejido muscular (3).

2.1.7 Variaciones de la Glicemia

Edad

La intolerancia relativa a la glucosa se presenta con mayor frecuencia en los caballos gerontes, donde se ven alterados los niveles de glucosa, presentando hiperglicemia e hiperinsulinemia. La intolerancia en este tipo de caballos se ocasiona por el alto porcentaje de adenomas pituitarios, que se manifiestan con un exceso en la secreción de corticosteroides y la alteración del metabolismo de la glucosa (3).

Manejo

En un estudio que se realizó en el año 2008, se hizo una evaluación del efecto del confinamiento sobre las respuestas de comportamiento y fisiológicas en los caballos, este estudio se realizó en 32 caballos, dentro de estos, a la mitad se les confino en pesebreras de 10.5m², por otro lado, a la mitad restante se les colocó en pesebreras compartidas de 48m² para albergar a dos caballos. Este estudio se realizó durante 12 semanas, donde se determinó que el comportamiento se encuentra relacionado al estrés y a la respuesta de ACTH, por otro lado, en los caballos con cama individual los niveles de cortisol fueron menores. Los caballos estabulados en pesebreras de un menor tamaño, y con menor comunicación entre ellos, presentaron algunos cambios que se manifestaron en la glicemia y el metabolismo energético, esto a causa de los cambios hormonales que se mencionaron con anterioridad. De igual forma se observó que el factor de estrés durante el transporte aumenta las concentraciones de cortisol salival, sobre todo en equinos que son transportados por primera vez (23).

Condición corporal

“El tejido adiposo es la fuente de unas hormonas llamadas adipoquinas, las cuales juegan un rol importante en la composición de la masa corporal. En la especie equina se ha encontrado predisposición para la adquisición y mantenimiento de la obesidad en algunas razas, los ponis suelen ser los más afectados, teniendo mayor resistencia a la insulina y susceptibilidad a la laminitis” (24).

Cuando se da un aumento en la adiposidad, esto puede ir acompañado por la producción de grandes cantidades de señales endocrinas, dentro de las cuales tenemos a la leptina, resistina, adiponectina, factores liberadores de mineralocorticoides, y algunas citoquinas proinflamatorias (FNT- α , interleuquina-6). Este aumento en la liberación de ácidos grasos libres que viene desde el tejido adiposo omental favorece la aparición de la resistencia a la insulina. La enzima 11 β -hidroxiesteroide deshidrogenasa 1 (11 β -HSD1) convierte la cortisona que se encuentra inactiva en cortisol, y cuando esta se libera desde los adipocitos omentales, posee un nivel que aumentan las concentraciones de cortisol en determinados tejidos. Cuando se da este aumento en la producción de cortisol contribuye a la conservación de los adipocitos omentales a través de mecanismos pancreáticos y autocrinos. Se ha reportado que la actividad de la 11 β -HSD1 se podría ver aumentada en el tejido cutáneo y laminar de los caballos que presentan laminitis, esto podría relacionarse con la resistencia a la insulina (3).

Los caballos son considerados desde hace un tiempo como pacientes hipotiroideos cuando ganan peso fácilmente y depositan grasa en la base de la cola, en la cresta del cuello, sobre la grupa y en el prepucio. Sin embargo, los últimos estudios indican la posibilidad de una función tiroidea normal en estos caballos y que el problema radique en una resistencia a la insulina.

incidentalmente, al administrar hormonas tiroideas a los caballos con sospecha de hipotiroidismo se observó que esto no provocaba realmente una pérdida de peso en los animales en cuestión. Esto normalmente ocurre sobre todo en animales que no tienen el consumo de alimento restringido (25).

Lactancia y estado reproductivo

En la etapa de postparto la glicemia y la liberación de LH disminuyen, se ven valores menores en yeguas lactantes a comparación de las no lactantes. En la preñez tardía las concentraciones del factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) se elevan, luego se elevan haciendo un pico durante la primera semana postparto y van disminuyendo paulatinamente hasta el destete (26).

Durante los exámenes ginecológicos que se le realiza a la yegua, al ser un factor estresante para las yeguas, se ven niveles de cortisol alto, en cualquier etapa reproductiva en la que se encuentre, lo cual podría alterar el metabolismo de la glucosa, Sin embargo, aún no se ha evidenciado alguna publicación que pueda comprobarlo. Por otro lado, se ha observado que durante la preñez se da resistencia a la insulina, ya que esto permitirá que mejore la transferencia placentaria de glucosa y así satisfacer la demanda energética del feto. En la preñez tardía se ha evidenciado un cambio en el uso de los sustratos, de carbohidratos a ácidos grasos, en el que los tejidos periféricos hacen un menor uso de la glucosa. Esto se ha visto en los humanos y en los caballos, en el caso de los humanos esta es la principal causa de complicaciones perinatales, como por ejemplo la diabetes mellitus independiente de la insulina y la diabetes gestacional (6).

Ejercicio

La tolerancia a la glucosa mejora con las condiciones de ejercicio que reciban los caballos, resultando en bajas respuestas glucémicas. Los ejercicios agudos podrían aumentar el consumo de la glucosa y de esta forma se presenta un descenso de los niveles de glucosa, sobre todo en caballos que no han estado en ayunas de 12 horas (5).

2.1.8 Causas patológicas

Hipoglucemia

La hipoglucemia se halla normalmente en potros recién nacidos que se encuentran enfermos, cursando con procesos de inflamación sistémica o sepsis (27).

“La hipoglucemia severa es rara en caballos de otras edades, aunque puede ocurrir en trastornos crónicos debilitantes como neoplasia o trastornos intestinales crónicos, el principal síntoma de hipoglucemia en potros son depresión, debilidad, y algunas veces convulsiones” (28).

Resistencia a la insulina

La resistencia a la insulina (RI) es una expresión que nos indica la incapacidad de la insulina, cuando se encuentra en concentraciones normales en el organismo, para obtener una respuesta de las células musculares, grasas y hepáticas, teniendo por resultado una disminución en su capacidad para absorber. Esta es una característica típica de la diabetes tipo II, por otro lado, en el caso de la diabetes tipo I se observa que existe una reducción en la acción de la insulina, y esto se da ya que la concentración de insulina se ve disminuida en la concentración circulante (29).

“La resistencia a la insulina puede deberse a alteraciones en las señales de transducción posteriores a la unión con el receptor, manifestadas por una menor autofosforilación de este y una disminución en la actividad de la tirosinquinasa” (29). Asimismo, cuando se da una alteración a nivel del metabolismo intracelular de la glucosa, esto podría reducir su captación mediada por la insulina y su almacenamiento (29). “Los caballos proteicamente mal nutridos tienden a desarrollar resistencia a la insulina como mecanismo de supervivencia” (30).

El sobrepeso acompaña en un principio a la RI. Los caballos que presentan un exceso de peso se encuentran predispuestos a presentar trastornos cardiacos., así mismo genera una tensión indebida sobre el dorso y las articulaciones, predispone al caballo a presentar respuestas inflamatorias exageradas. Asimismo, los caballos se muestran más predispuestos a presentar laminitis, esto por el mal funcionamiento de la capacidad de contracción de vasos sanguíneos de las extremidades en especial. Tanto la hiperinsulinemia y la hiperglucemia contribuyen con el daño oxidativo que se da en el endotelio vascular, sobre todo a nivel del casco, es por ese motivo que los caballos con esta condición son más propensos a sufrir de laminitis. Por otro lado, tenemos el Síndrome Metabólico Equino y la disfunción de la pars intermedia llamada también Cushing Equino, enfermedades que también se encuentran relacionados con la laminitis en caballos, ya que podría ser consecuencia de la exposición crónica al cortisol endógeno. El cortisol facilita la RI, esto a nivel de las extremidades y del casco dando como consecuencia la laminitis. En las etapas avanzadas de RI, el caballo no es capaz de utilizar la glucosa circulante, es por este motivo que comienza a perder peso y masa muscular (5).

Síndrome metabólico equino

El síndrome metabólico equino (SME) describe a aquellos equinos que tienen algunos desordenes tanto metabólicos como hormonales, dentro de los signos clínicos más representativos de esta enfermedad tenemos: la obesidad, la resistencia a la insulina y la hiperinsulinemia, estos mismos son los que aumentan las posibilidades de presentar laminitis en el caballo. En el SME se ven más afectados los caballos adultos sobre todo caballos mayores a los 5 años, mayormente se da en ponis, caballos de paso, Pura Raza Árabes (PRA), Cuartos de Milla, en Morgans, Saddlebreds, Norwegian Fjords y Pura Raza Español (PRE), esto se ve por la predisposición genética que tienen y no existe una tendencia identificada por sexo. En los estudios más recientes se ha determinado que la grasa visceral que se encuentra en el omento y mesenterio, es uno de los principales focos de riesgo para la presentación de la enfermedad metabólica, ya que por la ubicación anatómica que tiene, los ácidos grasos y adipocinas que provienen de los adipocitos ingresan con mayor facilidad a la circulación portal y de esta forma tienen un efecto superior dentro del metabolismo hepático y también en la producción de la insulina (25).

“En el síndrome metabólico equino (SME) existe una insensibilidad a los efectos de la insulina y se requiere más insulina para mantener la glucosa a niveles basales, es por ello que los caballos con SME tienen un aumento de los niveles de insulina en sangre y normalmente una glucosa basal normal, excepto en los casos muy severos que sí existe un aumento de la glucosa en sangre” (3).

Síndrome de Cushing

En el caballo adulto, una de las enfermedades endocrinas más comunes es Síndrome de Cushing Equino (SCE) o llamada también disfunción de la pars

intermedia de la Pituitaria (PPID). Esto ocurre por una hiperplasia o hipertrofia del lóbulo intermedio de la glándula pituitaria, también podría tratarse de un adenoma, en general es una condición que progresa lentamente. Se trata de una condición progresiva y lenta, debida a la presencia de un adenoma, hiperplasia o hipertrofia del lóbulo intermedio de la Glándula Pituitaria. En la glándula, la Parte Intermedia tiene poca vascularización, es por este motivo que el control de la secreción hormonal es dependiente de la inervación que proviene de las neuronas dopaminérgicas que se encuentran ubicadas en el hipotálamo. La dopamina es el principal neurotransmisor que se involucra, quien cumple un papel inhibitorio (5). “Los melanotrofos ubicados en la pars intermedia, sintetizan el precursor de tipo proteico: proopiomelanocortin (POMC), que luego y por acción enzimática de una prohormona activa (convertasa I) es procesado en ACTH y por acción de la convertasa II en péptidos activos derivados de la POMC tales como: péptidos beta relacionados a endorfinas, α hormona estimulante de los melanocitos (α -MSH) y péptido intermedio similar a la corticotrofina” (5). Actualmente no se aclara el origen de este síndrome, sin embargo, se cree que una lesión primaria en la pars intermedia, o a la pérdida de la inhibición hipotalámicas podrían ser las causantes. Las células melanotrofas de la Pars Intermedia de la Glándula Pituitaria en los caballos que padecen PPID, producen una síntesis exagerada de POMC y por lo tanto también de sus péptidos activos derivados, no obstante, se da en menor cantidad que la ACTH. Por otro lado, la alfa-MSH y la beta END son capaces de aumentar hasta seis veces más las propiedades esteroideogénicas de la ACTH. Es por este motivo que, para obtener un estímulo suficiente de la esteroideogénesis adrenocortical, se requiere de un ligero aumento en la ACTH, junto con un considerable aumento en la concentración de los péptidos potenciadores, lo que genera la elevación en la concentración de cortisol en plasma y la pérdida del patrón circadiano de su secreción. En el síndrome de Cushing equino, los niveles de corticosteroides de la glándula adrenal se ven aumentados por el exceso de

ACTH. A largo plazo se presentan signos variados como: el crecimiento excesivo del pelo, La hiperplasia de la glándula pituitaria equina es la única condición, que cause hirsutismo en los caballos, es por este motivo que es uno de los signos más importantes para el diagnóstico de la enfermedad, por otro lado, tenemos la sudoración excesiva, pérdida de masa muscular, laminitis, y susceptibilidad a las infecciones aumentada y distribución anormal de la grasa. Esta enfermedad es más común en animales viejos, y si no se realiza un tratamiento adecuado, los síntomas suelen empeorar a lo largo del tiempo, terminando con el sacrificio de los animales en cuestión por las complicaciones que se generan y su calidad de vida (5).

Síntomas:

- Laminitis
- Hiperglucemia
- Sudoración persistente
- Glucosuria
- Infección por inmunosupresión

Diagnóstico:

- Hemograma
- análisis orina.
- perfil químico sérico
- Test de supresión de la dexametasona, esta prueba consiste en administrar dosis bajas o dosis altas de dexametasona y se miden los niveles de cortisol en diferentes tiempos para poder interpretarlos. En los animales sanos, los niveles de cortisol deben descender tras realizar la prueba de supresión. Por otro lado si los valores se mantienen sin cambios, indicarían un Síndrome de

Cushing. Se sospecha de tumor adrenocortical con secreción de cortisona o de un síndrome de ACTH ectópica, en caso de que los resultados de cortisol no muestran cambios (5).

Diabetes

La diabetes mellitus es definida como una hiperglicemia y glucosuria persistentes como resultado a una baja producción de insulina o a una resistencia de la misma, una de las características principales de esta enfermedad son los cambios que produce en el metabolismo, tanto de los carbohidratos, proteínas y grasas, también esta asociada a los cambios en la secreción de algunas hormonas como la insulina, catecolaminas, glucagón, glucocorticoides y la hormona del crecimiento. En los caballos es una condición que suele presentarse con frecuencia, y normalmente se asocia con mayor frecuencia, a la resistencia a la insulina que se da como consecuencia de la disfunción de la pars intermedia. Cuando la concentración de la ACTH y del cortisol se ven aumentadas, podrían dar como resultado a una diabetes mellitus secundaria. Dentro de los signos clínicos más resaltantes tenemos la depresión, polidipsia, poliuria, polifagia, pelo de mala calidad, pérdida progresiva de peso, que es signología similar a la del Cushing equino. En primer lugar, la diabetes mellitus tipo I se da por consecuencia a una disminución de la concentración de insulina, debido a una disfunción de las células β pancreáticas, esto podría deberse a una pancreatitis crónica, que en el caso de los caballos podría darse por la migración de *Strongylus equinus*, la cual es una patología más frecuente en equinos jóvenes. Por otro lado, tenemos a las diabetes mellitus tipo II, que no es común en caballos, pero es una patología que puede presentarse en caballos gerontes y ponis, y su diagnóstico se basa en el hallazgo de hiperglicemia persistente, teniendo niveles de insulina normales en

plasma. Cuando se da una hiperglucemia debido a una resistencia a la insulina descompensada (insuficiencia de células β) aparece la diabetes mellitus tipo II (3). La hiperglucemia y la glucosuria que se presentan de forma continua, son signos que definen a la diabetes mellitus, para poder realizar un diagnóstico adecuado de la enfermedad, se deben evitar aquellos eventos que puedan provocar hiperglicemias temporales, como por ejemplo el ejercicio, sedación con xilacina o detomidina el estrés, dietas que sean ricas en carbohidratos, el uso de glucocorticoides. En ponis diabéticos y con RI se ha mencionado, la acetonemia, el olor cetónico y la acetonuria (25).

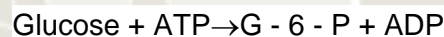
2.1.9 Métodos para determinar niveles de glucosa en sangre

Los glucómetros para uso humano y animal se encuentran calibrados de diferente forma, se debe tomar en cuenta que, la toma de glucosa en sangre de animales, podría involucrar resultados inexactos, obteniendo incluso valores muy bajos como resultado. Los autores recomiendan que para medir la glucosa correctamente en animales, se debe usar un glucómetro calibrado correctamente para animales (31). “La distribución de glucosa en la sangre de humanos y animales es distinta. Por un lado, humanos y animales tienen distinto hematocrito. Humanos: 37-50%, perros: 37-55%, gatos: 24-45%, caballo: 24-48%, lo que significa que el número de células rojas difiere mucho entre especies” (31). Las células rojas de las distintas especies también presentan variaciones en el tamaño lo cual implica una variación en la distribución de la glucosa en el plasma. Un ejemplo claro de esto sería, en el caso de los humanos, el porcentaje de glucosa en las células rojas es del 42%, mientras que por otro lado la glucosa que se encuentra en el plasma es del 58%, en el caso de los gatos, donde tenemos a las células rojas de menor tamaño y en menor cantidad, se encuentra sólo el 7% de glucosa en las células rojas y el 93% se encuentra en el plasma (31).

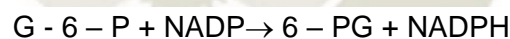
Análisis de laboratorio

Se cuentan con tres métodos enzimáticos generales, que determinaran los niveles de glucosa en sangre: la glucosa deshidrogenasa (GD), la hexoquinasa (HK) y la glucosa oxidasa (GO). El método de la glucosa oxidasa, está combinado con la peroxidasa y un marcador, de esta forma, la GO cataliza la conversión de la glucosa en ácido glucónico y peróxido de hidrógeno. Siendo este último, junto con la peroxidasa, los que se encargan de oxidar el marcador para formar un producto coloreado (6). “Este principio es también utilizado en las tiras específicas para glucosa empleadas para medirla en la orina. En el método HK, la enzima cataliza la fosforilación de la glucosa, y la reacción se encuentra unida a otra reacción G-6-PD, dando origen a NADP o NADPH, medidos por espectrofotometría” (6).

HK



G - 6 - PD



En el método GD, la enzima cataliza la reacción:

GD



Y el NAD o NADH son medidos por espectrofotometría.

Una muestra que ha sido mal manejada, podría involucrar una pérdida de la glucosa por la descomposición de esta por los glóbulos rojos, se pierde aproximadamente 10% por hora, y mucho más rápido si coexiste una contaminación de la muestra por bacterias. Es por este motivo que se debe

separar el plasma sanguíneo de los glóbulos rojos rápidamente, y/o protegerá la muestra de la glucólisis. Una de las recomendaciones para evitar esto es mantener en refrigeración la muestra y con fluoruro de sodio (NaF) a 10mg/ml de sangre. Los niveles de referencia de glucosa de los equinos está en el rango de 75-115mg/dl (95 ± 8) (6).

Analizador portátil

Actualmente existen diversos tipos de glucómetros que se encuentran disponibles en el mercado, todos estos tienen variaciones tanto en el tamaño de presentación, el tiempo de demora del test, capacidad de memoria para los resultados, la cantidad de sangre requerida. Estos equipos utilizan tiras de química seca, estas emplean enzimas que se encargan de la degradación de la glucosa, mediante glucosa-oxidasa, (OneTouch, Assure y Ascensia) o por otro lado la hexocinasa, otros glucómetros utilizan la glucosa-deshidrogenasa (FreeStyle y Accu-Check). Estas reacciones están combinadas con otras que se encargan de desarrollar color, los cuales pueden evaluarse visualmente o por medio de la cuantificación en equipos de medida, mediante espectrofotometría de reflectancia o electroquímica (32). “La concentración de glucosa en sangre capilar difiere ligeramente de la sangre venosa y también es diferente en la sangre total que en plasma. Los resultados pueden estar influidos por el nivel del hematocrito y ser inadecuados con un nivel de hematocrito inferior al 25% ya que pueden producir resultados más elevados de lo real; del mismo modo la policitemia produce resultados menores de lo real”. (32).

Características del glucómetro Accucheck Guide

El sistema Accu-Chek Guide cumple los requisitos estipulados por la norma ISO 15197:2013 (Sistemas de ensayo para diagnóstico in vitro – Requisitos para

los sistemas de monitorización de glucosa en sangre para autodiagnóstico en el manejo de la diabetes mellitus).

Método de medición: La enzima de la tira reactiva, una glucosa deshidrogenasa (GDH) dependiente de FAD expresada en *A. oryzae*, convierte la glucosa de la muestra de sangre en gluconolactona. Esta reacción crea una corriente eléctrica CC inofensiva que el medidor interpreta para el resultado de glucemia.

Límite de detección (valor más bajo mostrado): 10 mg/dL (0,6 mmol/L) para la tira reactiva.

Rango de medición del sistema: 10–600 mg/dL (0,6–33,3 mmol/L)

Tamaño de la muestra: 0,6 μ L

Tiempo de medición: <4 segundos

2.2 Antecedentes de Investigación

Hollis et al. (27), estudiaron las concentraciones de glucosa en sangre en potros recién nacidos críticamente enfermos, donde los animales de las instituciones estudiadas fueron evaluados con diferentes métodos de glucometría, the Critical Care Xpress, Stat Profile M7, Hitachi 717 automated chemistry, y the Accu-check. El estudio comparo la precisión del analizador portátil modelo Accu-check Aviva, donde encontraron que la mayor precisión del analizador portátil se conseguía en el plasma.

Hackett y McCue (33), determinaron que el glucómetro veterinario AlphaTRAK® midió con precisión las concentraciones de glucosa en sangre total tanto en caballos como en potros cuando se comparó con un analizador químico de plasma de referencia.

Marin y Soto (5), observaron que las mediciones de glucosa real difieren significativamente de las obtenidas con el glucómetro portátil (Accu-check Active). Arhancet et al. (34), estudiaron la determinación de las variaciones séricas de glucosa pre y post competencia en el equino de resistencia (raid) y evaluaron el uso de un glucómetro humano (Contour TS) como forma de determinación de la glicemia en forma inmediata, determinando así, que no es aceptable debido a que los resultados obtenidos no fueron comparativos. Así mismo recomiendan continuar la investigación con otras marcas o con glucómetros diseñados específicamente para uso veterinario.

Benavides (3), Estudio los niveles basales de glucosa sanguínea en caballos pura sangre de carrera del hipódromo de Monterrico, donde comparo la precisión de ambos métodos de medición de glucosa (glucómetro y bioquímica sanguínea).

Donde concluyo que el glucómetro de uso humano (Accu-Chek active®) puede ser utilizado como método rutinario para la medición de glucosa sanguínea ya que no existieron diferencias significativas entre ambos métodos de medición (bioquímica sanguínea y glucómetro) en caballos PSC.





CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Localización del trabajo

a) Localización Espacial

Las muestras de los animales evaluados, se obtuvieron de caballos peruanos de paso del criadero “El Ramal”, en el distrito La Joya en la ciudad de Arequipa, este cuenta con una superficie de 670.22 km² y a una altitud de 917 msnm.

b) Localización Temporal

Este estudio se realizó con las muestras recolectadas en julio del 2021

3.1.2 Material biológico

Sangre entera extraída de caballos peruanos de paso

3.1.3 Materiales de laboratorio

- Espectrofotómetro o fotocolorímetro.
- Micropipetas y pipetas para medir los volúmenes indicados.
- Tubos o cubetas espectrofotométricas de caras paralelas.
- Baño de agua a 37o C.
- Reloj o timer.
- S. Standard*: solución de glucosa 100 mg/dl (1 g/l).

- A. Reactivo A: solución conteniendo glucosa oxidasa (GOD), peroxidasa (POD), 4-aminofenazona (4-AF), buffer fosfatos pH 7,0 y 4-hidroxibenzoato en las siguientes concentraciones:

GOD (microbiana) ≥ 10 kU/l

POD (rábano) ≥ 1 kU/l

4-AF.....0,5 mmol/l

Fosfatos..... 100 mmol/l, pH 7,0

Hidroxibenzoato.....12 mmol/l

3.1.4 Materiales de campo

- Guantes de examen
- Algodón
- Jeringas de 5ml/cc 21G x 1 ½"
- Cooler
- Gel pack
- Botas de jebe
- Fichas de registro / libreta
- Tubo vacutainer EDTA-F glucosa

3.1.5 Materiales digitales

- Laptop
- Memoria USB
- Cámara fotográfica
- Analizador portátil de glucosa (glucómetro)

3.2 Métodos

3.2.1 Muestreo

a) Universo

40 caballos peruanos de paso

b) Tamaño de muestra

Se trabajó con la totalidad de la población del criadero

c) Procedimiento de muestreo

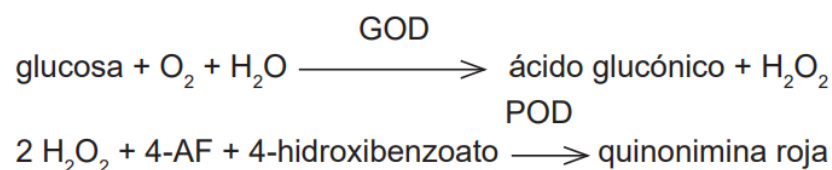
Se procedió a tomar muestras de sangre aleatoriamente, en caballos peruanos de paso clínicamente sanos.

3.2.2 Métodos de Evaluación

3.2.2.1 Metodología de la experimentación

La recolección de muestras se hizo por la mañana a primera hora y en ayunas. Las muestras se obtuvieron con una jeringa de 5 ml y aguja # 18, por punción en la vena yugular externa, previa desinfección con alcohol, se depositó 3ml en el tubo vacutainer EDTA-F glucosa, para su posterior traslado y análisis sanguíneo en el laboratorio "Evalab" en la ciudad de Arequipa, donde se realizó la medición de la glucosa por medio del método enzimático colorimétrico del laboratorio Wiener. (35)

El esquema de reacción es el siguiente:



Por otro lado, se utilizó una gota de sangre entera de la jeringa para la medición de glucosa en el analizador portátil Accu-check Guide. Al obtener resultados de ambos análisis de una misma muestra, se compararon.

3.2.2.2 Recopilación de la información

- En el campo
 - Muestras de sangre de caballos peruanos de paso
- En el laboratorio
 - Resultados de niveles de glucosa por método
- En la biblioteca
 - Libros relacionados al tema investigado.
- En otros ambientes generadores de la información
 - Libros virtuales
 - Artículos científicos
 - Páginas de internet

3.3 Variables de respuesta

a) Variables independientes

- Método de medición de la glucosa:
 - Método de laboratorio
 - Método en campo (glucómetro)
- Edad del caballo
- Sexo del caballo
- Estado reproductivo

b) Variables dependientes:

- Glucosa medida en mg/dl

3.4 Evaluación Estadística**3.4.1 Diseño Experimental****3.4.1.1 Unidades de estudio (experimentales)**

Caballos de paso peruano del criadero “El Ramal”, distrito La Joya.

3.4.1.2 Análisis estadísticos

Para el presente estudio se utilizaron las pruebas estadísticas t para muestras independientes, ANOVA de un factor, correlación de Pearson y correlación intra-clase, y un análisis de variación porcentual.

Las pruebas t y ANOVA se utilizaron para comparar a los caballos según sus sexos y estados reproductivos. En el caso de la ANOVA, se procedió a utilizar las comparaciones post hoc con el fin de identificar las diferencias significativas entre los distintos estados reproductivos.

La prueba de correlación de Pearson buscó analizar la correlación entre dos variables o mediciones, con la hipótesis previa de la existencia de cierta relación entre ambas variables. El coeficiente de correlación (r) tiene un rango de -1 hasta $+1$, donde ± 1 es una correlación perfecta (negativa o positiva). Se considera una correlación fuerte de ± 0.5 en adelante, una

correlación moderada de +/- 0.3 a +/- 0.49 y de +/- 0.1 a 0.29 una correlación leve (36).

Por otro lado, se utilizó la prueba de correlación intra-clase, con el fin de analizar la confiabilidad entre el método tradicional y el glucómetro portátil. Esta correlación permite indagar el grado en que acuerdo y concordancia entre dos métodos de evaluación o evaluadores. En este caso particular, se utilizó una correlación intra-clase para analizar si los datos obtenidos por el glucómetro portátil eran consistentes con los datos obtenidos por el método tradicional.

Por último, se realizó un análisis de variación porcentual entre ambos métodos.



CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados

En el presente capítulo se muestran los resultados obtenidos de la glucosa analizada por el Glucómetro Portátil Accucheck® Guide y el Método Enzimático Fotocolorimétrico.

Tabla 1. Descriptivos de los caballos evaluados

	n	%
Sexo		
Hembra	20	50
Macho	20	50
Situación reproductiva		
<i>Machos</i>		
Capón	3	7.5
Entero	17	42.5
<i>Hembras</i>		
Preñada	10	25.0
Vacía	10	25.0
Total	40	100.0

En la tabla 1 se muestra que la muestra está comprendida por 40 caballos peruanos de paso, divididos en 20 hembras y 20 machos. Asimismo, se observa que, de los machos, 3 caballos están castrados. Por otro lado, 10 hembras están actualmente preñadas.

Tabla 2. Promedios y desviaciones estándar por método entre sexo

	Glucómetro		Prueba enzimática	
	M	DE	M	DE
Hembra	61.40	4.69	72.93	5.12
Macho	77.30	15.15	94.02	16.90
Total	69.30	13.70	83.50	16.30

En la tabla 2 se muestran los promedios y desviaciones de la glucosa, entre ambos métodos utilizados y divididos entre el sexo de los caballos. Se observa que en general los resultados obtenidos en el glucómetro y la prueba enzimática tienen resultados homogéneos entre el sexo. Del mismo modo, en el método tradicional los resultados mantienen rangos similares. De igual manera se debe mencionar que, entre ambos métodos se observan variaciones consistentes. Finalmente, se observa que entre ambos métodos hay una diferencia entre los promedios totales, manteniendo la consistencia donde se observa que el glucómetro portátil infravalora los valores.

Tabla 3. Comparación entre sexo

	Glucómetro		<i>t</i>	<i>p</i>	Prueba			
					enzimática		<i>t</i>	<i>p</i>
	<i>M</i>	<i>DE</i>			<i>M</i>	<i>DE</i>		
Hembra	61.40	4.69	-	<	72.93	5.12	-5.34	< .001
Macho	77.30	15.15	4.48	.001	94.02	16.90		

En la tabla 3, se observa que entre los sexos hay diferencias significativas en las medidas de glucosa con el glucómetro portátil y el método tradicional. En el caso de la glucosa medida con el glucómetro portátil las hembras presentaron un nivel inferior que los caballos machos ($t = -4.48$, $p < .001$), en el caso de la glucosa medida con el método tradicional, se observa el mismo patrón de diferencia ($t = -5.34$, $p < .001$).

Tabla 4. Promedios y desviaciones estándar por métodos entre el estado reproductivo

	Glucómetro		Prueba enzimática	
	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>M</i>	<i>DE</i>
<i>Machos</i>				
Capón	61.00	7.00	75.47	11.20
Entero	80.18	14.41	97.29	15.74
<i>Hembras</i>				
Preñada	60.10	3.84	72.39	5.11
Vacía	62.70	5.29	73.48	5.34

En la tabla 4 se muestran los promedios y desviaciones de la glucosa, entre ambos métodos utilizados y divididos entre el estado reproductivo. Se observa que en general los resultados obtenidos en el glucómetro tienen resultados homogéneos entre el estado reproductivo de los caballos. Del mismo modo, en el método tradicional los resultados mantienen rangos similares. De igual manera se debe mencionar que, entre ambos métodos se observan variaciones consistentes.

Tabla 5. Comparación entre estado reproductivo

	Glucómetro		F	p	Prueba enzimática		F	p
	M	DE			M	DE		
	<i>Machos</i>							
Capón	61.00	7.00	11.0	< .001	75.47	11.20	14.4	< .001
Entero	80.18	14.41			97.29	15.74		
<i>Hembras</i>								
Preñada	60.10	3.84			72.39	5.11		
Vacía	62.70	5.29			73.48	5.34		

Del mismo modo, en la tabla 5, entre los estados reproductivos existen diferencias significativas, considerando el método utilizado. Se observa que existe al menos un grupo diferente cuando los caballos fueron evaluados con el glucómetro portátil ($F(3, 36) = 11.0, p < .001$), como también cuando la evaluación fue con el método tradicional ($F(3, 36) = 14.4, p < .001$). Para analizar dónde radican las diferencias, se procedió a un análisis *post hoc* con corrección de Bonferroni.

Tabla 6. Comparaciones post hoc

			Diferencia de	SE	gl	t	$p_{\text{bonferroni}}$
			Medias				
<i>Glucómetro Portátil</i>							
Capón	- Entero		-19.18	6.44	36	-2.978	.031
	- Preñada		0.90	6.77	36	0.133	1.00
	- Vacía		-1.70	6.77	36	-0.251	1.00
Entero	- Preñada		20.08	4.1	36	4.898	< .001
	- Vacía		17.48	4.1	36	4.264	< .001
Preñada	- Vacía		-2.60	4.6	36	-0.565	1.00
<i>Método Enzimático Fotocolorimétrico</i>							
Capón	- Entero		-21.82	7.16	36	-3.048	.026
	- Preñada		3.08	7.53	36	0.409	1.00
	- Vacía		1.99	7.53	36	0.264	1.00
Entero	- Preñada		24.9	4.56	36	5.465	< .001
	- Vacía		23.81	4.56	36	5.227	< .001
Preñada	- Vacía		-1.09	5.11	36	-0.212	1.00

Nota. SE = Error Estándar, gl = Grados de Libertad

En la tabla 6 se muestran las comparaciones entre los distintos tipos de estado reproductivo, sin considerar el sexo de los caballos. Se observa que, el caballo macho entero presenta mayor promedio de glucosa que los caballos machos capón ($p = .031$) y las hembras preñadas ($p < .001$) y vacías ($p < .001$), cuando las muestras de sangre analizadas son con el glucómetro portátil. Asimismo, el mismo patrón de diferencias se muestra cuando las muestras de sangre se analizan con el método tradicional,

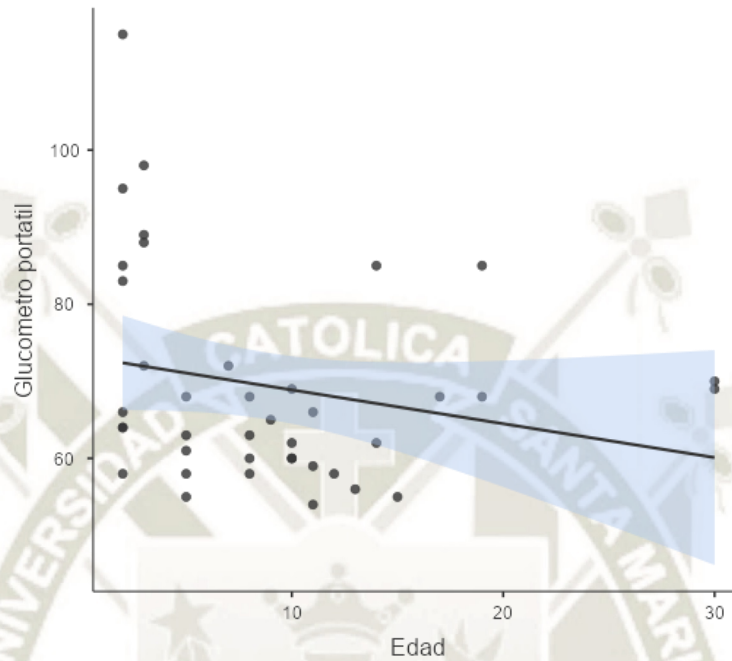
presentando los caballos enteros mayores glucosa que los machos capones ($p = .026$) y con las hembras preñadas ($p < .001$) y vacías ($p < .001$).

Tabla 7. Correlación de Pearson entre la glucosa medida por métodos y edad

	Edad	<i>P</i>
Glucómetro	-0.22	.166 (n.s.)
Enzimático	-0.27	.088 (n.s.)

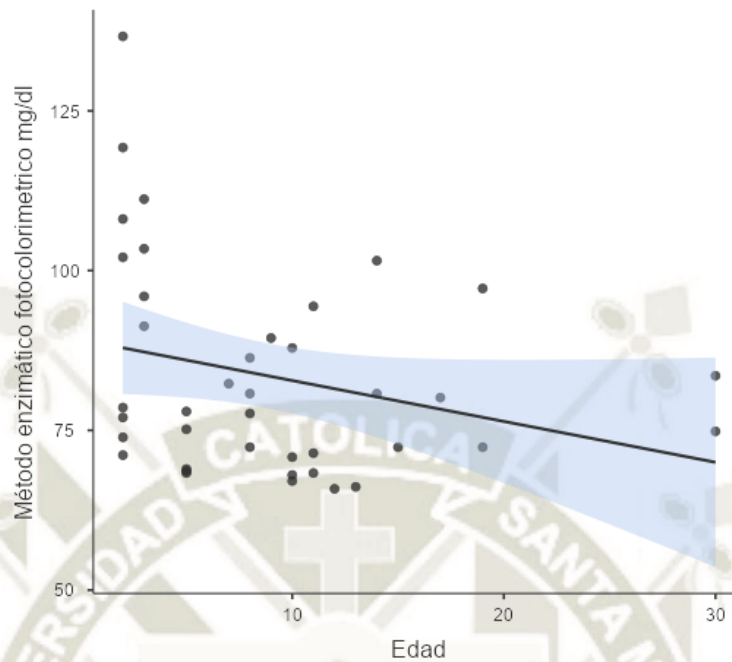
En la tabla 7 se observa la correlación de Pearson entre la edad y la glucosa, medida por el glucómetro y el método tradicional. Como se mencionó anteriormente, la correlación de Pearson, es una medida estandarizada, por la cual se busca analizar la dirección e intensidad de la relación entre dos variables, pudiendo ir desde -1 hasta +1. Coeficientes entre 0.10 y 0.29 se consideran correlaciones leves, coeficientes entre 0.30 y 0.49 se consideran correlaciones moderadas, y coeficientes entre 0.50 y 0.99, se consideran correlaciones fuertes. Se observa que, la edad tiene una correlación negativa y leve con la glucosa medida con el glucómetro portátil ($r = -0.22$; $p = 0.166$) y con la glucosa medida con el método enzimático ($r = -0.27$; $p = 0.088$), siendo estas correlaciones no significativas.

Figura 1. Gráfico de dispersión de la edad y la glucosa medida por el glucómetro portátil



En la figura 1, se observa la correlación entre la edad (Eje X) y la glucosa medida con el glucómetro portátil (Eje Y). Se aprecia que la recta de resumen se inclina hacia abajo, lo que significa que la relación entre ambas variables es negativa, como se mencionó en la tabla 7.

Figura 2. Gráfico de dispersión de la edad y la glucosa medida por el método enzimático



En la figura 2, se observa la correlación entre la edad (Eje X) y la glucosa medida con el método enzimático (Eje Y). Se aprecia que la recta de resumen se inclina hacia abajo, lo que significa que la relación entre ambas variables es negativa, como se mencionó en la tabla 7.

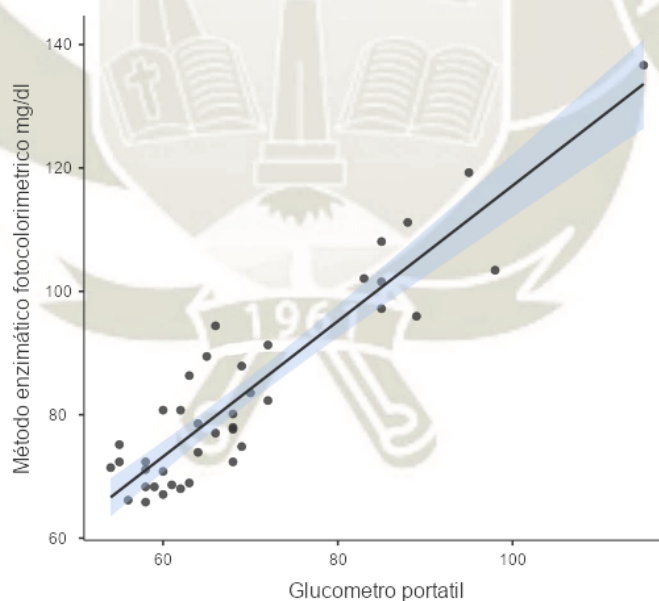
Tabla 8. Correlación de Pearson de glucosa medida entre métodos

	Enzimático	IC 95%	
		LI	LS
Glucómetro	.92***	.86	.96

Nota. IC = Intervalo de Confianza, LI = Límite Inferior, LS = Límite Superior. *** $p < .001$

En la tabla 8 se observa el coeficiente de correlación producto momento de Pearson. Este coeficiente busca medir el nivel de correlación entre dos variables. En este caso se observa que la correlación entre la glucosa medida por el glucómetro portátil y el método tradicional, tienen una correlación de .92 (IC 95% [.86, .96]), siendo una correlación positiva alta ($p < .001$).

Figura 3. Gráfico de dispersión de la glucosa medida por ambos métodos



En la figura 3, se observa la correlación entre la glucosa medida con el glucómetro portátil (Eje X) y la glucosa medida con el método enzimático (Eje Y). Se aprecia que la recta de resumen se inclina hacia arriba, lo que significa que la relación entre ambas variables es positiva, como se mencionó en la tabla 8.

Tabla 9. Correlación Intra-clase entre métodos

	Enzimático	IC 95%	
		LI	LS
Glucómetro	.91***	.85	.94

Nota. IC = Intervalo de Confianza, LI = Límite Inferior, LS = Límite Superior. *** $p < .001$

En la tabla 9 se muestra la correlación intra-clase de los métodos utilizados, para analizar la confiabilidad entre ambos métodos. El método aplicado fue el de correlación intra-clase con evaluadores fijos, lo que significa que la correlación presentada sólo brinda confiabilidad para el nuevo método evaluado, en este caso el glucómetro portátil Accucheck® Guide, limitando la confiabilidad a este tipo de glucómetro específico. El resultado de la correlación intra-clase muestra que entre el método tradicional y el glucómetro portátil existe una muy alta correlación (.91, $p < .001$, IC 95% [.85, .94]).

Adicionalmente, se aplicó la siguiente fórmula de variación porcentual:

$$VP = \left(\frac{V_R - V_O}{V_R} \right) \times 100$$

Donde VP significa variación porcentual y VR y VO son los valores de referencia y objetivo respectivamente. La presente fórmula se aplicó a todos los valores obtenidos de glucosa mediante ambos métodos (ver Anexo 1), para posteriormente calcular el promedio de la variación porcentual, el cual resultó en un 16.7%. Esto significa que, al valor obtenido mediante el glucómetro portátil, se le debe sumar el 16.7% para obtener el valor más aproximado a un valor obtenido en una prueba de laboratorio.

4.2 Discusión

El actual estudio logró demostrar que el glucómetro portátil de uso humano de marca Accu-chek Guide no permite realizar la medición precisa de glucosa en caballos peruanos de paso, debido a las diferencias significativas en los valores que se presentaron entre ambos métodos.

En la muestra se puede observar que, el promedio de los valores de glucosa fue de 61.40 mg/dL y 77.30 mg/dL para las hembras y machos respectivamente por medio del glucómetro portátil, y 72.93 mg/dL, 94.02 mg/dL para hembra y macho respectivamente en el estudio de laboratorio. Estos resultados presentan ciertas similitudes con los obtenidos por Marín y Soto (5) y Benavides (3), sin embargo este último obtuvo resultados superiores al presente estudio, obteniendo 87.94 ± 2.84 mg/dL en las hembras y 87.36 ± 2.06 mg/dL en los machos por medio del glucómetro portátil, 97.56 ± 4.26 mg/dL y 95.76 ± 3.48 mg/dL en hembras y machos respectivamente por medio del método de laboratorio, esto podría deberse a la raza de caballos estudiada en este trabajo, que fueron los caballos pura sangre de carrera.

Marín y Soto (5), obtuvieron valores de glucosa de 73.51 ± 12.52 mg/dL mediante el método de laboratorio y 77.47 ± 14.45 mg/dL mediante el glucómetro portátil Accucheck Active, los cuales son valores muy parecidos a los encontrados en el presente estudio, sin embargo, se observa que los valores obtenidos por el glucómetro portátil se ven sobrevalorados a diferencia del método tradicional. En este trabajo de investigación se observa lo contrario, los valores obtenidos por medio del glucómetro Accucheck Guide se ven infravalorados a diferencia del método de laboratorio, lo cual indicaría que los resultados obtenidos a partir de

sangre entera de caballos podrían depender del modelo de glucómetro que se utilice.

Asimismo, Deichsel (26) mencionó en su estudio que, durante la preñez tardía y lactancia de las yeguas, se presenta una reducción de la glicemia a comparación de las yeguas no lactantes. En nuestro estudio, la comparación de glucosa obtenida entre los distintos tipos de estado reproductivo, sin considerar el sexo de los caballos, se observó que, el caballo macho entero presenta mayor promedio de glucosa que los caballos machos capón, las hembras preñadas y hembras vacías, donde los tres últimos obtuvieron valores homogéneos.

En otra instancia, Benavides (3), realizó un análisis de varianza de los niveles de glucosa sanguínea en una población de 90 caballos, en el cual indico que existe una diferencia significativa entre los rangos de edad que utilizaron. Sin embargo, en este estudio, que fue realizado en 40 caballos, obtuvimos una correlación no significativa, indicando que en la muestra obtenida la edad no tiene efecto significativo en la glucosa. Esto podría deberse al tamaño de muestra utilizado en el presente estudio, que es menor al de Benavides (3) y a los rangos de edad con los que se trabajó.

Por otro lado, Hollis (27) menciona que un estudio de glucometría en una unidad de cuidados intensivos neonatales equinos mostró que, un glucómetro portátil tenía una concordancia menos ideal con el estándar de laboratorio, sin embargo, el glucómetro portátil era de una marca en específico distinta a la utilizada en la presente investigación. Hollis (27) también menciona que una marca diferente demostró tener un estrecho acuerdo con un estándar de laboratorio cuando se

utilizó con plasma en pacientes equinos adultos, pero tenían un acuerdo menos ideal cuando se realiza con sangre entera.

Marin y Soto (5), observaron que las mediciones de glucosa real (método de laboratorio) mostraron diferencias significativas de las obtenidas con el glucómetro portátil (Accu-check Active). Arhancet (34) concluye que el glucómetro de marca Contour TS no es aceptable debido a que los resultados obtenidos no fueron comparativos. Benavides (3) concluye que el glucómetro Accu-chek Active puede ser utilizado como método de medición de glucosa en caballos ya que no existieron diferencias significativas entre ambos métodos de medición (glucómetro portátil y método de laboratorio). En la presente investigación, se obtuvieron variaciones consistentes entre los valores de ambos métodos. Sin embargo, al utilizar el análisis de correlación intra-clase, con el fin de analizar la concordancia y confiabilidad inter-métodos, podemos observar una correlación positiva alta entre ambos métodos de medición de la glucosa de sangre entera equina. Teniendo en cuenta ello, al presentar diferencias significativas entre los valores de ambos métodos, no se puede validar el glucómetro portátil de marca Accucheck Guide en específico, ya que esto cuestionaría su precisión.

Adicionalmente, se realizó un análisis de variación porcentual, con el cual determinamos que, la variación entre ambos métodos es de 16.7%, lo que indicaría que, al valor de glucosa obtenido mediante el glucómetro portátil, se le aplicaría un valor adicional de la variación de (16.7%), para de ese modo obtener el valor más aproximado a la prueba de laboratorio, teniendo en cuenta las limitaciones y el riesgo que implicaría realizar este procedimiento.

Con los resultados obtenidos podemos decir que, en vista de que el glucómetro portátil marca Accucheck® Guide es un instrumento no válido, se recomienda

limitar su uso en el campo para evaluar la glucosa de caballos peruanos de paso,
por el riesgo en la variación de valores con la glucosa real.





CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

- Se concluye que los valores promedio de glucosa obtenidos mediante el método enzimático colorimétrico (laboratorio) y el analizador portátil se encuentran en el rango normal de glucosa en caballos peruanos de paso. Se observó que, entre ambos métodos existe variación en los valores promedio.
- En base a los resultados obtenidos, se concluye el glucómetro portátil de la marca Accucheck® Guide, no es preciso para medir la glucosa en caballos peruanos de paso, puesto que existen diferencias significativas, respecto al método de laboratorio (tradicional).
- Se ha determinado con el analizador portátil y el método de laboratorio que, según sexo, los machos presentaron un nivel superior que las yeguas. Según estado reproductivo, el caballo macho entero presenta mayor promedio de glucosa que los caballos machos capones, las hembras preñadas y las hembras vacías, donde los tres últimos presentaron valores homogéneos. Según la edad se determinó que, en la muestra obtenida la edad no tiene efecto significativo en la glucosa.



CAPITULO VI

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar, con esta marca y modelo de glucómetro, una muestra más amplia de caballos peruanos de paso, para poder establecer rangos diagnósticos y crear tablas de equivalencias entre los valores obtenidos por el glucómetro portátil y el método enzimático tradicional.
- En vista de que el analizador portátil marca Accucheck® Guide no ha sido validado y teniendo en cuenta la limitación que se encontró en este modelo, en caso de optar por su uso, se sugiere realizar un reajuste aumentando el 16.7% al valor obtenido, con el objetivo de aproximar el valor de glucosa al valor real, especialmente cuando el acceso a laboratorios es escaso o su necesidad tiene un carácter de urgencia.
- Se sugiere desarrollar investigaciones enfocadas en los valores de glucosa en otras razas de caballos, de acuerdo al sexo, estado reproductivo y edad, con el objetivo de determinar si se cuentan con diferencias significativas de acuerdo a cada raza.

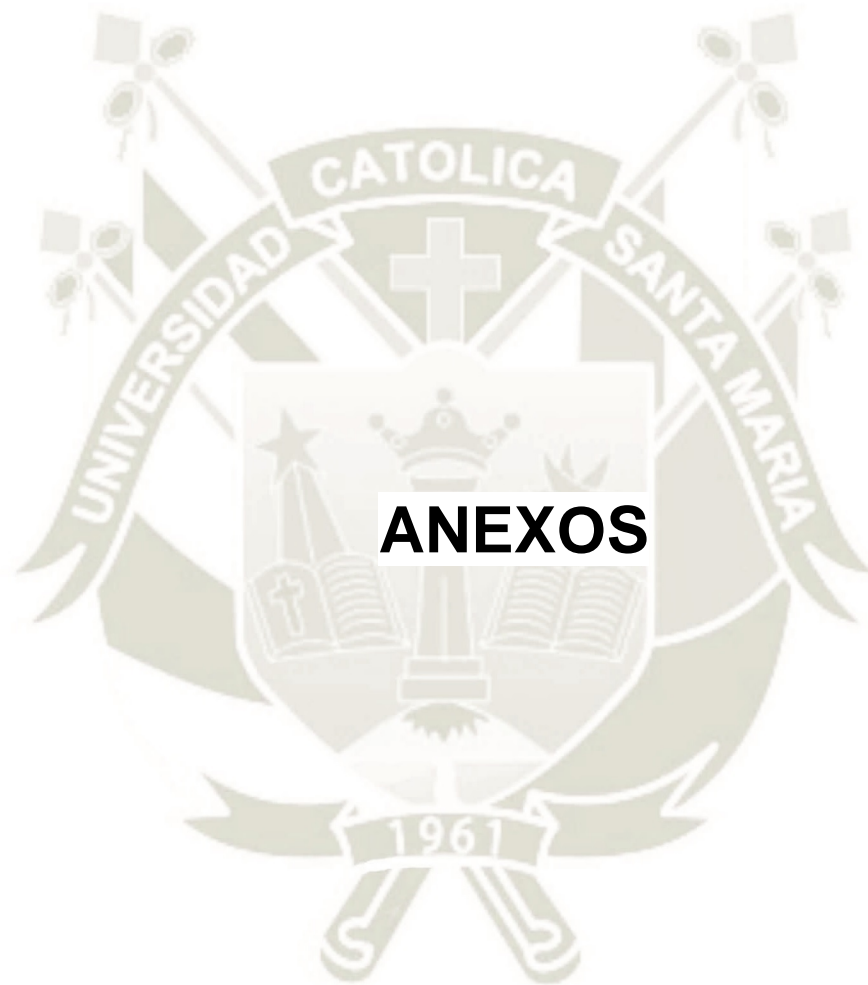
REFERENCIA

1. Peralta M. Determinación bioquímica de los valores normales de urea y creatinina sanguínea del caballo peruano de paso registrados en la asociación de criadores y propietarios procedentes del distrito de Santa Rita de Sigua Arequipa 2015. Tesis. Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Escuela profesional de medicina Veterinaria y zootecnia; 2015.
2. La historia del caballo peruano de paso. [Online].; 2010 [cited 2021 Febrero 19. Available from: <https://web.archive.org/web/20100407184719/http://www.tambopampa.com:80/caballos.html>.
3. Benavides C. Niveles basales de glucosa sanguínea en caballos pura sangre de carrera del hipódromo de Monterrico. Lima: Universidad Ricardo Palma, Facultad de ciencias biológicas, Escuela profesional de Ciencias veterinarias; 2017.
4. Voet D. Bioquímica. tercera ed. Uruguay: Medica Panamericana; 2004.
5. Marin E, Soto O. Validación de un analizador de glucosa portátil para su uso en caballos. Tesis. León: Universidad nacional autónoma de Nicaragua, Escuela de medicina veterinaria; 2013.
6. Quintero C. Uso de la glicemia como indicador del estado atlético en equinos. Tesina. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, Facultad de ciencias Veterinarias; 2010.
7. Galindo C, Braga C, Comide L, de Queiros A, Correa J. Alteraciones metabólicas durante entrenamiento en equinos de la Raza Pura Sangre Árabe. Revista de medicina veterinaria. 2007 Enero; 1(13).
8. Morales A, Rivero L, Gomez M, Bello H, Villoria D. Determinación de la glucosa en sangre de equinos pura sangre de carrera medicados con fenilbutazona. Diabetes internacional y endocrinología. 2012; 4(2).

9. Mutis C, Perez T. Determinacion y analisis de valores de nitrogeno ureico en sangre (bun), glucosa, creatin kinasa (ck) y acido lactico pre y post ejercicio en una poblacion de atletas equinos de salto en Bogotá, D.C. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET. 2005 Febrero; 6(2).
10. Colunga B, Val-Arreola D, Tena M, Padilla S. Identificacion de los niveles de colesterol y glucosa en equinos de trabajo bajo dos sistemas de produccion de Michoacán. investigacion. Michoacán:, Coordinacion de la Investigacion Cientifica; 2010.
11. Saltos C, Cuadrado F. Estudio de la resistencia a la insulina en caballos de pura raza española y mestizos en 6 criaderos del Ecuador. Tesis de pregrado. Quito: Universidad San Francisco de Quito, Colegio de ciencias de la salud; 2013.
12. Guevara F. Determinacion de algunas variables sanguineas y su relacion con el ejercicio en equinos fina sangre de carrera en entrenamiento competitivo. Tesis de pregrado. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de ciencias veterinarias y pecuarias; 2015.
13. Catillo J, Cepero O, Silveira E, Casanova R. Caballos de tracción de la ciudad de Santa Clara, Cuba. III Glicemia y electrolitos (Traction horses of Santa Clara city, Cuba. III Glycaemia and electrolytes). Revista electrónica de Veterinaria. 2007 Julio; 8(7).
14. Martinez A. Factores nutricionales que deben considerarse en el diseño de raciones basadas en forrajes secos y. Redvet. 2008 Marzo; IX(3).
15. Leiva M. Conceptos de Bioquimica basica. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas USAC; 2007.
16. Hoffman R. Metabolismo de carbohidratos y trastornos metabólicos en caballos. Revista Brasileira de Zootecnia. 2009 julio; 38.
17. Seppo, Hyyppä. Glucógeno muscular después del ejercicio Reposición en caballos. Tesis doctoral. Helsinki: Universidad de Helsinki, Facultad de Medicina Veterinaria; 2007.

18. Bahreini A. Digestion Mechanisms in the Stomach and the Intestine of Horse. Artículo. Iran: Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, Department of Agriculture and Livestock Sciences; 2014.
19. Reed S, Bayly W, Sellon D. Equine Internal Medicine. tercera ed. St. Louis: Elsevier Inc.; 2010.
20. Frape D. Equine Nutrition and feeding. Tercera ed.: Blackwell Publishing Ltd; 2004.
21. Cunningham J, Klein B. Fisiología Veterinaria. Cuarta ed.: Elsevier; 2009.
22. Palomer X, Perez A, Blanco-Vaca F. Adiponectina: un nuevo nexo entre obesidad. Revista Med Clin. 2005; 124(10).
23. Visser K, Ellis A, Cornelis VR. El efecto de dos condiciones de alojamiento diferentes en el bienestar de los caballos jóvenes instalados por primera vez. Ciencia aplicada del comportamiento animal. 2008 Diciembre; 114(3-4).
24. Abutarbush S. Illustrated guide to equine diseases. Primera ed. USA: Wiley-Blackwell; 2009.
25. Bradford S. Medicina interna de grandes animales. Cuarta ed. España: Elsevier; 2010.
26. Deichsel K, Hoppen H, Bruckmaier R, Kolm G, Aurich C. La Hipoglucemia aguda inducida por insulina no altera la liberación de IGF-1 y LH en yeguas cíclicas. Reproduction in Domestic Animals. 2005 Abril; 40(117-122).
27. Hollis A, Furr M, Magdesian K, Axon J, Ludlow V, Boston R, et al. Blood Glucose Concentrations in Critically Ill Neonatal Foals. J Vet Intern Med. 2008; 22(1223-1227).
28. Divers T. Metabolic causes of encephalopathy in horses. Vet Clin Equine. 2011; 27(589-596).
29. Treiber K, Kronfeld D, Geor R. Resistencia a la insulina en équidos: posible papel en la laminitis. the journal of nutrition. 2006 Julio; 136(7).
30. al JPJe. Endocrinopathic Laminitis in the Horse. Clinical Techniques in Equine Practice. 2004; 3(45-46).

31. WellionVet. Gluco Calea. [Online]. [cited 2021 junio 16. Available from: <https://aprenderly.com/doc/1337561/el-gluc%C3%B3metro-para-perros-y-gatos>.
32. Gonzales A. Principios de Bioquímica clínica y patología molecular. Primera ed. España: Elsevier; 2010.
33. Hackett E, McCue P. Evaluation of a Veterinary Glucometer for Use in Horses. J Vet Intern Med. 2010; 24(617-621).
34. benavidcet M, Delgado S, Diaz V. determinación de las variaciones séricas de glucosa pre y post competencia en el equino de resistencia (raid). Tesis de grado. Montevideo: Universidad de la Republica, Facultad de Veterinaria; 2016.
35. Wiener Lab. Glicemia Enzimática AA. [Online].; 2000 [cited 2021 junio 16. Available from: https://www.wienerlab.com.ar/VademecumDocumentos/Vademecum%20espanol/glicemia_enzimatica_aa_liquida_sp.pdf.
36. Field A, Miles J, Field Z. Discovering Statistics Using R London: SAGE; 2012.
37. Mendivelso F, Rodríguez M. Prueba de Chi-Cuadrado de independencia aplicada a tablas 2xN. Rev.Medica.Sanitas. 2018; 21(2).
38. Cerda J, Cifuentes L. Uso de las curvas ROC en investigación clínica. Aspectos teórico-prácticos. Revista chilena de infectología. 2012 Abril; 29(2).




**ANEXO 1 IDENTIFICACIÓN DE LOS CABALLOS PERUANOS DE PASO DEL
ESTABLO “EL RAMAL”**

Código	Nombre del caballo	Edad	Sexo	Estado reproductivo	Glucómetro portátil mg/dl	Método enzimático fotocolorimetrico mg/dl
1	BUJAMERA	12	HEMBRA	preñada	58	65.84
2	GRETA	10	HEMBRA	vacía	62	68.01
3	LA LUZ	5	HEMBRA	vacía	58	68.32
4	GRATITUD	10	HEMBRA	preñada	60	70.81
5	SAFIRO	8	MACHO	capon	58	72.36
6	COCO	5	HEMBRA	preñada	63	68.94
7	MARIA GRACIA	11	HEMBRA	vacía	54	71.43
8	FACHOSO	13	MACHO	capon	56	66.15
9	CORAL	19	HEMBRA	preñada	68	72.36
10	ESTRELLA	30	HEMBRA	vacía	70	83.54
11	CHISPA	8	HEMBRA	preñada	60	80.75
12	BELLA	14	HEMBRA	preñada	62	80.74
13	TORMENTA	15	HEMBRA	preñada	55	72.36
14	CANARIA	30	HEMBRA	vacía	69	74.84
15	COCOA	5	HEMBRA	preñada	55	75.16
16	PABLO EMILIO	10	MACHO	capon	69	87.89
17	GITANO	9	MACHO	entero	65	89.45
18	PISTACHO	3	MACHO	entero	72	91.3
19	ZANGAO	17	MACHO	entero	68	80.12
20	SONDA	19	MACHO	entero	85	97.2

21	INDIA	5	HEMBRA	preñada	61	68.63
22	LLOVIZNA	10	HEMBRA	vacía	60	67.08
23	PAPRIKA	2	HEMBRA	vacía	64	73.91
24	PECANA	2	HEMBRA	vacía	64	78.57
25	ALMENDRA	2	HEMBRA	vacía	58	71.12
26	DIPUTADO	11	MACHO	entero	66	94.41
27	PATRIMONIO	7	MACHO	entero	72	82.3
28	CUARZO	2	MACHO	entero	83	102.08
29	CORZARIO	2	MACHO	entero	115	136.65
30	DIGNO	8	MACHO	entero	63	86.34
31	VALIENTE	8	MACHO	entero	68	77.64
32	CERTERO	3	MACHO	entero	98	103.42
33	AZAFRAN	3	MACHO	entero	88	111.18
34	TAMBEÑO	3	MACHO	entero	89	95.96
35	LIMEÑO	2	MACHO	entero	66	77.02
36	PARNÉ	14	MACHO	entero	85	101.55
37	CORNEJO	2	MACHO	entero	95	119.25
38	TRIFINO	2	MACHO	entero	85	108.07
39	GATA	5	HEMBRA	vacía	68	77.95
40	MORA	11	HEMBRA	preñada	59	68.32
PROMEDIO					69.30	83.50


ANEXO 2 RESULTADOS DE LABORATORIO



Paciente : Bujamera Equino 1
Edad : 12 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------


GLUCOSA 65.84 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Greta Equino 2
Edad : 10 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------


GLUCOSA 68.01 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : La luz Equino 3
Edad : 5 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 68.32 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Gratitud Equino 4
Edad : 10 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 70.81 mg/dl 60.00 - 110.00

Yeimy M. Torres Salas
 Patólogo Clínico
 RNE:24393 CMP: 52406



Paciente : Safiro Equino 5
 Edad : 8 años Fecha de toma de muestra: 19/07/2021
 Sexo: Macho Fecha de resultado: 19/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	72.36	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Coco Equino 6
 Edad : 5 años Fecha de toma de muestra: 19/07/2021
 Sexo: Hembra Fecha de resultado: 19/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	68.94	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Maria Gracia Equino 7
 Edad : 11 años Fecha de toma de muestra: 19/07/2021
 Sexo: Hembra Fecha de resultado: 19/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	71.43	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Fachoso Equino 8
 Edad : 13 años Fecha de toma de muestra: 19/07/2021
 Sexo: Macho Fecha de resultado: 19/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	66.15	mg/dl	60.00 - 110.00

Yeimy M. Torres Salas
 Patólogo Clínico
 RNE:24393 CMP: 52406



Paciente : Coral Equino 9
Edad : 19 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 72.36 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Estrella Equino 10
Edad : 30 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 83.54 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Chispa Equino 11
Edad : 8 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 80.75 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Bella Equino 12
Edad : 14 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 80.74 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Bujamera Equino 1
Edad : 12 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 65.84 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Tormenta Equino 13
 Edad : 15 años Fecha de toma de muestra: 19/07/2021
 Sexo: Hembra Fecha de resultado: 19/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------



Paciente : Canaria Equino 14
 Edad : 30 años Fecha de toma de muestra: 19/07/2021
 Sexo: Hembra Fecha de resultado: 19/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 74.84 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Cocoa Equino 15
 Edad : 5 años Fecha de toma de muestra: 19/07/2021
 Sexo: Hembra Fecha de resultado: 19/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 75.16 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Pablo emilio Equino 16
 Edad : 10 años Fecha de toma de muestra: 19/07/2021
 Sexo: Macho Fecha de resultado: 19/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 87.89 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Bujamera Equino 1
 Edad : 12 años Fecha de toma de muestra: 19/07/2021
 Sexo: Hembra Fecha de resultado: 19/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 65.84 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Gitano Equino 17
Edad : 9 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Macho **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 89.45 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Pistacho Equino 18
Edad : 3 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Macho **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 91.30 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Zangao Equino 19
Edad : 17 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Macho **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 80.12 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Sonda Equino 20
Edad : 19 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Macho **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 97.20 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : Bujamera Equino 1
Edad : 12 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
----------	-----------	--------	---------------------

GLUCOSA 65.84 mg/dl 60.00 - 110.00



Paciente : India Equino 21
Edad : 5 años **Fecha de toma de muestra:** 21/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 21/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	68.63	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Llovizna Equino 22
Edad : 10 años **Fecha de toma de muestra:** 21/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 21/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	67.08	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Paprika Equino 23
Edad : 2 años **Fecha de toma de muestra:** 21/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 21/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	73.91	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Pecana Equino 24
Edad : 2 años **Fecha de toma de muestra:** 21/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 21/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	78.57	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Bujamera Equino 1
Edad : 12 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	65.84	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Almendra Equino 25
Edad : 2 años **Fecha de toma de muestra:** 21/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 21/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	71.12	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Diputado Equino 26
Edad : 11 años **Fecha de toma de muestra:** 21/07/2021
Sexo: Macho **Fecha de resultado:** 21/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	94.41	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Patrimonio Equino 27
Edad : 7 años **Fecha de toma de muestra:** 21/07/2021
Sexo: Macho **Fecha de resultado:** 21/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	82.30	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Cuarzo Equino 28
Edad : 2 años **Fecha de toma de muestra:** 21/07/2021
Sexo: Macho **Fecha de resultado:** 21/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	102.08	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Bujamera Equino 1
Edad : 12 años **Fecha de toma de muestra:** 19/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 19/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	65.84	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Corzario Equino 29
 Edad : 2 años Fecha de toma de muestra: 21/07/2021
 Sexo: Macho Fecha de resultado: 21/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	136.65	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Digno Equino 30
 Edad : 8 años Fecha de toma de muestra: 21/07/2021
 Sexo: Macho Fecha de resultado: 21/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	86.34	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Valiente Equino 31
 Edad : 8 años Fecha de toma de muestra: 21/07/2021
 Sexo: Macho Fecha de resultado: 21/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	77.64	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Certero Equino 32
 Edad : 3 años Fecha de toma de muestra: 21/07/2021
 Sexo: Macho Fecha de resultado: 21/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	103.42	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Bujamera Equino 1
 Edad : 12 años Fecha de toma de muestra: 19/07/2021
 Sexo: Hembra Fecha de resultado: 19/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	65.84	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Azafran Equino 33
 Edad : 3 años Fecha de toma de muestra: 21/07/2021
 Sexo: Macho Fecha de resultado: 21/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	111.18	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Tambeño Equino 34
 Edad : 3 años Fecha de toma de muestra: 21/07/2021
 Sexo: Macho Fecha de resultado: 21/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	95.96	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Limeño Equino 35
 Edad : 2 años Fecha de toma de muestra: 21/07/2021
 Sexo: Macho Fecha de resultado: 21/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	77.02	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Parné Equino 36
 Edad : 14 años Fecha de toma de muestra: 21/07/2021
 Sexo: Macho Fecha de resultado: 21/07/2021
 Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	101.55	mg/dl	60.00 - 110.00

Yeimy M. Torres Salas
 Patólogo Clínico
 RNE:24393 CMP: 52406



Paciente : Cornejo Equino 37
Edad : 2 años **Fecha de toma de muestra:** 21/07/2021
Sexo: Macho **Fecha de resultado:** 21/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	119.25	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Trifino Equino 38
Edad : 2 años **Fecha de toma de muestra:** 21/07/2021
Sexo: Macho **Fecha de resultado:** 21/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	108.07	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Gata Equino 39
Edad : 5 años **Fecha de toma de muestra:** 21/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 21/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	77.95	mg/dl	60.00 - 110.00



Paciente : Mora Equino 40
Edad : 11 años **Fecha de toma de muestra:** 21/07/2021
Sexo: Hembra **Fecha de resultado:** 21/07/2021
Médico que solicita : Kimberly Nicole Riega Andrade

ANALISIS	RESULTADO	UNIDAD	VALOR DE REFERENCIA
GLUCOSA	68.32	mg/dl	60.00 - 110.00

Yeimy M. Torres Salas
Patólogo Clínico
RNE:24393 CMP: 52406

ANEXO 3 IMÁGENES DE TOMA DE MUESTRAS





Cod	Nombre	Edad	Sexo	Estado
01	Bugnera	12	Mujer	Pre
02	GRITA	10	Hombre	Vaca
03	La Luz	5a	H	Vaca
04	GRATitud	10a	H	Pernada
05	SAPPRO	8a	M	Capon
06	COCO	5a	M	Pernada
07	Martinaada	11a	H	Vaca
08	Fachosa	13a	M	Capon
09	coral	15a	H	Pernada
10	estrella	10a	H	Vaca
11	chispa	8a	H	Pernada
12	De la	11a	H	Pernada
13	Tormenta	15a	H	Pre
14	Sanaria	5a	H	Vac

